

REVISTA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE

# INGENIERIA

Año 5 N° 19

Julio - Septiembre de 1995

PERMISO DE TARIFA POSTAL REDUCIDA N° 1419 DE ADPOSTAL

## Las condiciones financieras del Distrito



# Ciencia, estética y ética

(Haciendo honor a la prospectiva, las siguientes palabras deben entenderse como escritas en 2015).

Ing. Eduardo Silva Sánchez

**L**a formación de ingenieros de excelencia, que hoy todavía suele llamarse la misión de la “empresa educativa”, fue siempre el propósito de aquellas personas que definieron su propio destino en las aulas, en los corredores o en los campos de la universidad, y que, al amparo de los ideales de los antiguos maestros, “diseñaron” su pedagogía.

Aquellos profesores reconocían que la ciencia les absorbía casi todo su tiempo, pues ésta avanzaba en “hombros de gigantes” (para usar una expresión atribuida a Newton), pero no podían mirarla sólo de reojo sin que ello significara un abandono de su propia vida, de su compromiso ético con quienes compartían sus conocimientos.

Pero aquellos hombres sabían que sus discípulos recibirían con placer el conocimiento científico si su presentación estaba acorde con la estética. Los conocimientos estaban ordenados, su estructura seguía el modelo de una obra de arte y su transmisión se realizaba con el entusiasmo de quien ha encontrado un eslabón importante para la civilización del hombre, y así lo manifestaban expresamente.

Ciencia, estética y ética estaban tan estrechamente unidas que en ninguna clase faltaban tales elementos. El norte de la educación era claro y probablemente su origen procedía de la escuela elemental que desarrollaba su misión con los mismos objetivos.

Centrados en la ciencia estaban todos los conocimientos que eran indispensables para poder resolver los problemas que le eran propios a cada especialidad, con las técnicas más actualizadas, con las herramientas más modernas, con el alcance que un buen conocimiento del entorno podría aportar y la capacidad de ingeniar alternativas de solución puesta en acción sin reservas. Y enseñaban también a ser “recursivos”, es decir, a desarrollar una cierta capacidad para resolver los problemas de un país que no disponía de mucho dinero. Era una actitud.

Un ingeniero era capaz de entender los resultados de las operaciones programadas en un computador. Era también capaz de entender cómo convertir sus cálculos en realidades. Era capaz de comunicarse con eficiencia. Sabía de eficacia, de competitividad, de calidad.

Sus planes eran sencillos pero eran estratégicos. Una vez más, y ahora referidos a un plan de acción, vale recordar que los planes contenían el conocimiento al más alto nivel desarrollado por la ciencia, y los diseños eran obras para la posteridad como inconscientemente son las obras del artista y, de manera incuestionable, eran la mejor solución, éticamente indiscutibles.

Formar a los ingenieros con el norte de la ciencia, la estética y la ética era lo natural



## Las condiciones financieras del Distrito

Dr. Eduardo Sarmiento Palacio

Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Colombia; Ph.D. en Economía, Universidad de Minnesota; ha sido decano de Economía, Universidad de los Andes; asesor Junta Monetaria; subjefto Planeación Nacional; en la actualidad columnista del diario *El Espectador*, autor de siete libros y más de doscientos ensayos y artículos; director del Centro de Estudios Económicos, Escuela Colombiana de Ingeniería.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años la ciudadanía ha percibido el deterioro de la calidad de los servicios públicos del Distrito con respecto al pasado y a otras ciudades. Infortunadamente, el origen del fenómeno no ha sido entendido suficientemente. Las administraciones han atribuido la dificultad a problemas financieros y han buscado la solución mediante la elevación de los tributos y de los gastos. Luego de varios años se encuentran avances notables en materia financiera, pero no en la solución de los problemas básicos. Con el ánimo de entender las aparentes paradojas, en este documento analizaremos el estado de las finanzas del Distrito y examinaremos algunos indicadores de gestión. Con ello, pretendemos suministrar algunas luces sobre los factores que han dado lugar a la falta de correspondencia entre las finanzas y los servicios básicos, e identificar algunos posibles correctivos.

### EVOLUCIÓN DE INGRESOS Y GASTOS

El sistema tributario del Distrito ha sido materia de constantes reformas que han dado frutos aceptables. En el Cuadro 1 se observa que en todos los años los ingresos corrientes han crecido por en-

cima de la inflación y la diferencia se ha ampliado con el tiempo. Entre 1989 y 1995 dichos ingresos aumentaron a ritmos de 47% anual y en los últimos dos años lo hicieron al 60%. Por otra parte, las transferencias de la nación se han incrementado a un ritmo promedio de 65.4%. Por último, los recursos de capital han aumentado a ritmos similares a los de los ingresos.

Lo anterior ha tenido una clara correspondencia con los gastos. En el cuadro se muestra que éstos aumentaron a razón de 46% anual. Sin embargo, su composición deja mucho que desear. En general, se observa que los gastos de funcionamiento crecen por encima de los ingresos, en tanto que la inversión lo hace por debajo. Lo más grave es que el dinamismo de los gastos de funcionamien-

to proviene principalmente de los servicios personales y los gastos generales.

Por fortuna, existen algunos indicios de que estas tendencias se han modificado recientemente. En el mismo cuadro se observa que en los últimos años los gastos de funcionamiento aumentan por debajo de la tendencia histórica e incluso por debajo de la inflación. No es claro, sin embargo, hasta dónde este comportamiento es real, toda vez que al mismo tiempo se introdujeron cambios considerables en la denominación de las partidas.

De todas formas, el desempeño en términos de nivel o, si se quiere, de la estructura fiscal, es insatisfactorio. En el mismo Cuadro 1 se observa que los gastos de funcionamiento evolucionan en forma paralela a los ingresos corrientes. El esfuerzo tributario se destinó prácticamente a ensanchar la planta de personal. Así, en el período 1990-1993 los gastos de funcionamiento correspondieron en promedio al 82% de los ingresos corrientes. La inversión ha sido financiada principalmente con las

**JOSE DARIO HERNANDEZ Y ASOCIADOS Ltda.**

ingenieros - arquitectos

**CONSTRUCCION  
E INTERVENTORIA**

Arq. JOSE DARIO HERNANDEZ V.  
Arq. ENRIQUE GUTIERREZ G.

Ing. GERMAN MARTINEZ  
Ing. JAIME BOTERO

Tels.: 621 57 82 - 621 83 63 - 621 84 03 - 621 07 67 - 236 69 76  
Cra 28 No. 91 - 64 - Santafé de Bogotá, D.C.



**Cuadro 1**  
**EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE INGRESOS Y GASTOS DE LA ADMINISTRACIÓN**  
**CENTRAL 1990-1995 (MILLONES - CORRIENTES)**

CONCEPTO	1990	1991	1992	1993	EJEC. 1994	1995	VARIACIONES %					
							91	92	93	94	95/pto	
							INFLACION	25.5	23.0	20.0	13.8	
							PIB			5.0	5.7	
INGRESOS CTES. Y TRANSF.	96.524	134.810	192.909	262.760	544.103	665.768	40	43	36	107	22	
A. INGRESOS CORRIENTES	82.852	117.152	167.960	220.301	461.658	506.640	41	43	31	110	10	
1. TRIBUTARIOS	77.177	107.390	153.941	199.549	433.185	472.478	39	43	30	117	9	
- Predial y Complementarios	13.925	22.196	37.348	45.662	97.627	135.000	59	68	22	114	36	
- Industria, Comercio y Avisos	34.788	48.846	64.494	86.366	191.861	194.204	40	32	34	122	1	
- Espectáculos Públicos	258	311	416	577	1.035	1.068	21	34	39	79	3	
- Juegos	1.125	1.455	625	973	1.147	1.242	29	-57	56	18	8	
- Circulación y Tránsito	1.271	1.539	2.158	2.789	5.641	7.560	21	40	29	102	34	
- Timbre Nacional Vehículos	7.681	9.764	12.720	17.570	30.404	40.644	27	30	38	73	34	
- Delineación Urbana	1.425	1.621	4.260	5.894	18.101	20.250	14	163	38	207	12	
- Rifas y Sorteos	275	428	504	682	1.399	2.129	56	18	35	105	52	
- Cigarrillos Extranjeros	0	0	140	595	1.029	1.264	100	100	325	73	23	
- Consumo de Cerveza	16.196	20.908	29.566	36.815	50.489	68.091	29	41	25	37	35	
- Consumo de Gasolina	233	322	456	603	822	1.027	38	42	32	36	25	
- Apuestas Mutuas	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	
- Ocupación de Vías	0	0	1.255	1.024	0	0	100	100	-18	-100	100	
- Otros Ing. Tributarios	0	0	0	0	33.428	0	100	100	100	100	-100	
2. NO TRIBUTARIOS	5.675	9.762	14.019	20.752	28.473	34.161	72	44	48	37	20	
- Registro y Anotación	2.246	3.301	4.935	8.198	12.106	13.153	47	50	66	48	9	
- Subsidio de Gasolina	181	331	322	507	753	1.035	83	-3	58	48	37	
- Tabaco	1.082	1.123	936	985	1.426	1.528	4	-17	5	45	7	
- Contribución Salud Mental	0	0	131	903	0	0						
- Derechos de Tránsito	2.076	3.453	7.263	9.403	13.044	15.804	66	110	29	39	21	
- Otros Ing. Tributarios	90	1.554	432	755	1.144	2.642	1.627	-72	75	51	131	
B. TRANSFERENCIAS	13.672	17.658	24.949	42.459	82.445	159.128	29	41	70	94	93	
1. Nación	10.600	14.673	22.828	34.896	64.669	152.788	38	56	53	85	136	
- Part. IVA/ Ing. Ctes (Libre)	8.692	11.592	17.121	17.448	31.774	38.822	33	48	2	82	22	
- Part. IVA/ Ing. Ctes (Forzo)	1.908	3.081	5.707	17.448	31.774	58.233	61	85	206	82	83	
- Situado Fiscal	0	0	0	0	1.121	1						
- Otras transf. Nación	0	0	0	0	0	0						
2. Departamento	0	0	0	0	0	0	-3	-29	257	135	-64	
3. Entidades Distrit.	3.072	2.985	2.121	7.563	17.776	6.340	68	-25	66	1073	-100	
- Cuota de Auditorio	723	1.215	914	1.516	17.776	0						
- Extratificación	0	0	0	0	0	1.000						
- PGA	0	0	0	0	0	5.340						
- Otros Aportes Enti. Descentr.	2.349	1.770	1.207	6.047	0	0	-25	-32	401	-100	100	
C. RECURSOS DE CAPITAL	34.657	48.625	34.399	77.368	109.979	213.481	40	-29	125	42	94	
1. Rec. Balance del Tesoro	0	0	0	1	1	2.300	100	100	100	0	229.900	
- Superávit Fiscal	0	0	0	0	0	2.000						
- Cancelación de Reservas	0	0	0	1	1	300	100	100	100	0	29.900	
- Venta de Activos	0	0	0	0	0	0						
2. Recursos de Crédito	27.235	42.652	32.024	69.895	92.031	187.000	57	-25	118	32	103	
- Interno	20.585	32.926	29.761	68.685	92.031	167.000	60	-10	131	34	81	
- Contratado Vigente	20.585	32.926	29.761	68.685	92.031	0	60	-77	131	34	-100	
- Por Contratar 95-96	0	0	0	0	0	167.000						
- Externo	6.650	9.726	2.263	1.210	0	20.000	46	-77	-47	-100	100	
- Contratado Vigente	6.650	9.726	2.263	1.210	0	0	46	-77	-47	-100	100	
- Por Contratar	0	0	0	0	0	20.000						
3. Rendimientos Financieros	704	1.462	1.453	4.306	17.949	13.140	108	-1	196	317	-27	
4. Rec. por Diferencial Cambiario	0	0	0	0	0	0						
5. Utilidades Emp. Ind. Ctoales.	0	0	0	0	0	6.000						
6. Excedente Finac. Est. Públicos	0	0	0	0	0	5.000						
7. Otros Recursos de Capital	6.718	4.511	922	3.167	0	41	-33	-80	243	-100	100	
TOTAL INGRESOS (A + B + C)	131.181	183.435	227.308	340.128	654.0	879.249	40	24	50	92	34	
A. GASTOS FUNCIONAMIENTO	68.707	98.528	137.767	178.713	285.142	269.989	43	40	30	60	-5	
1. FUNCIONAMIENTO ADM. CENTRAL	55.185	73.957	107.414	143.457	164.447	175.777	34	45	34	15	7	
- Servicios Personales	29.453	40.986	59.004	85.281	104.346	114.233	39	44	45	22	9	
- Gastos Generales	4.955	7.187	8.025	13.097	22.136	18.075	45	12	63	69	-18	
- Transferencias	20.777	25.784	40.385	45.080	37.966	43.469	24	57	12	-16	14	
- Patronales	10.228	11.941	19.586	27.405	37.966	43.469	17	64	40	39	14	
- Otras	10.549	13.843	20.799	17.675	0	0	31	50	-15	-100	100	
2. TRANSF. FUNC. Y S. DEUDA ENTIDAD	12.610	21.360	27.294	29.145	120.624	93.213	70	28	7	314	-23	
3. VIGENCIAS EXPIRADAS	912	3.191	3.059	6.110	71	1.000	250	-4	100	-99	1303	
4. DEFICIT DE EJEC. PPTAL.	0	0	0	0	0	0						
B. SERVICIO DE DEUDA	22.563	34.314	46.812	53.122	77.835	175.667	52	36	13	47	126	
1. Interna	17.025	29.289	39.759	48.339	58.285	150.838	72	36	22	21	159	
- Amortización	8.026	11.096	19.508	18.415	14.812	42.593	38	76	-6	-20	188	
- Intereses	8.999	18.193	20.251	29.923	41.375	104.714	102	11	48	38	153	
- Comisiones	0	0	0	0	2.098	3.531	100	100	100	100	68	
2. Externa	5.538	5.025	7.053	4.783	19.551	24.830	-9	40	-32	309	27	
- Amortización	2.063	0	0	0	10.369	10.591	-100	100	100	100	2	
- Intereses	3.475	5.025	7.053	4.783	9.155	14.039	45	40	-32	91	53	
- Comisiones	0	0	0	0	26	200	100	100	100	100	662	
C. INVERSION	42.541	73.073	78.635	155.859	248.522	433.591	72	8	98	59	74	
TOTAL GASTOS	133.811	205.915	263.214	387.694	611.499	879.248	54	28	47	58	44	
AHORRO CORRIENTE (I. CTE+TRA-GT. CTE)	15.343	13.064	27.838	49.340	206.306	273.294	-15	113	362	318	32	
AHORRO DISPONIBLE (A. CTE - AMORTI)	5.254	1.968	8.330	30.925	181.125	220.111	-63	323	1110	486	22	



transferencias del gobierno nacional y con crédito externo.

El crecimiento de la deuda, que era una de las dificultades del pasado, tiende a estabilizarse. El servicio de la deuda, como porcentaje de los ingresos tributarios, descendió hasta 1994 y en la actualidad está alrededor de 25%, cifra que se encuentra dentro de los parámetros aceptados de prudencia.

## GESTIÓN

Frente a los resultados anteriores surge la pregunta de la efectividad del gasto. Gracias a un monumental esfuerzo tributario se ha logrado mantener un crecimiento significativo del gasto sin deteriorar la estructura financiera. La duda generalizada es hasta dónde esta expansión de los gastos se ha manifestado en un claro beneficio para la comunidad. Para respon-

der el interrogante, profundizaremos sobre algunos indicadores de gestión disponibles.

En el Cuadro 2 se presentan cifras referentes al número de camas registradas en Bogotá. Allí se observa que su crecimiento, tanto en instituciones públicas como privadas, ha sido prácticamente nulo. La situación de los organismos de salud es ligeramente menor. En el período 93-91 crecen a un ritmo de 3.1%.

Veamos ahora qué ocurre en materia de educación (véase Cuadro 3). En el período 93-91 la cantidad de estudiantes en colegios oficiales creció 1.9%, cifra inferior al aumento de la población, se observa que los docentes en colegios oficiales crecen a un ritmo promedio de 2.8%.

Algo similar se observa en los índices de consumos de agua y de electricidad que evolucionan a tasas cercanas al 3.5%.

Tal vez, lo más sorprendente es la evolución del plan vial que ha representando la principal partida del presupuesto de inversión. En el Gráfico 1 se observa que su ejecución en términos de kilómetro-carril descendió en forma sistemática entre 1987 y 1993. Es lo mismo que se observa a nivel nacional. La expansión física es muy inferior al aumento de los recursos financieros en términos reales. La mayor parte de los fondos se destina a cubrir los sobrecostos de las obras ocasionados por errores de previsión y deficiencias en la ejecución. Este comportamiento explica por sí solo la crisis de tráfico por la que atraviesa la ciudad. Mientras la población y el parque automotor crecen a ritmos cada vez mayores, la red vial avanza a tasas decrecientes.

El deterioro de los servicios básicos ha coincidido con un agravamiento de las condiciones de pobreza. En el Cuadro 4 se observa que el mayor retroceso de ese indicador se presenta en Bogotá, en donde el porcentaje de pobreza pasó de 29% a 38% en los últimos ocho años.

## Las comparaciones no son odiosas, son necesarias

# TUBERIA DE CONCRETO TITAN®

## la mejor selección



Tubo rígido TITAN® de 60 cm. de diámetro por 2 m. de longitud, bajo carga de 11.5 toneladas, sin soporte lateral.

### 1. Más resistente

que cualquier otro producto en competencia.  
Fabricada con hormigón de 350 Kg/cm<sup>2</sup>.

### 2. Mayor durabilidad y rigidez

Hormigón denso y homogéneo, que no sufre de acartonamiento ni degradación en sus propiedades mecánicas. Mantiene su circularidad en condiciones de trabajo.

### 3. Juntas estancas y flexibles

La fabricación en posición "campana abajo" asegura medidas exactas y el ajuste del empaque de caucho en la junta.

### 4. Mayor economía

Por su bajo costo inicial, su rendimiento hidráulico y su larga vida útil.

**Tubería sin refuerzo** en diámetros desde 15 cm. hasta 100 cm. según Norma ICONTEC 1022 (ASTM C14)

**Tubería reforzada** en diámetros desde 60 cm. hasta 130 cm. según Norma ICONTEC 401 (ASTM C76).



DEPARTAMENTO DE ASESORIA TECNICA Y VENTAS

Avenida Boyacá No. 83-74 Apartado Aéreo No. 3561 Bogotá D.E. Conmutador: 223 07 88



**Cuadro 2**  
**NÚMERO DE CAMAS**  
**REGISTRADAS EN BOGOTÁ 1990-1993**  
**(incremento anual %)**

CONCEPTO	91-90	92-91	93-92
Secretaría Distrital de Salud	7.1	12.0	5.4
Instituciones oficiales	1.8	-12.9	-0.5
Institutos privados	3.2	7.3	-2.6
<b>TOTAL CAMAS</b>	<b>0.0</b>	<b>0.1</b>	<b>-0.7</b>

Fuente: Secretaría de Salud de Bogotá.

**EVOLUCIÓN DE ORGANISMOS**  
**DE LA SALUD EN BOGOTÁ 1990-1993**  
**(incremento anual %)**

ENTIDAD	91-90	92-91	93-91
Hospitales y clínicas part.	0.0	2.9	4.3
Hospitales oficiales	5.0	95.2	0.0
Centros de salud	11.0	-18.8	3.7
<b>TOTAL</b>	<b>6.1</b>	<b>1.6</b>	<b>3.1</b>

Fuente: Secretaría de Salud de Bogotá.

El panorama descrito permite relacionar el análisis financiero con la gestión. En general se observa que el gasto público aumentó por encima de 15% en términos reales. Al mismo tiempo, se advierte que todos los índices de servicios públicos apenas se incrementaron por encima del de la población. Es indudable que la evolución financiera no ha tenido una correspondencia real con la calidad de los servicios.

El resultado anterior deja al descubierto un grave error de diagnóstico que ha pasado de administración en administración. Sus gestores dieron por hecho que el deterioro de los servicios públicos era el resultado de deficiencias financieras y de un bajo nivel de gasto. En consecuencia, concentraron sus esfuerzos en la tarea de elevar los impuestos y el gasto. Y la verdad es que lo lograron. Lo grave es que no hicieron mayor esfuerzo

para garantizar el buen uso de los recursos. No deja de ser dramático, por ejemplo, que en el período 1990-1994 el gasto de funcionamiento haya aumentado a razón de 12% real. Sin lugar a dudas, estamos ante una tendencia monumental a la burocratización. Por lo demás, la ampliación de la inversión no tiene relación con los indicadores reales. En efecto, la inversión real aumenta tres veces más que los índices de crecimiento del plan vial y del suministro de energía, agua y alcantarillado.

**COMPORTAMIENTO DE LOS INGRESOS TRIBUTARIOS**

La estructura tributaria resultante de las reformas, aunque no fue materia de programación, revela el desempeño más satisfactorio. En los últimos años se han realizado avances loables para reducir la evasión y agilizar los recaudos. Para tal efecto, se han incorporado muchos de los procedimientos exitosos de información y seguimiento de la administración central. Por lo demás, se ha procedido a organizar los tributos con el fin de mejorar su elasticidad. Tal el caso del impuesto de industria y comercio que ahora funciona con la clasificación de grandes contribuyentes. Así mismo, se ha logrado superar grandes intereses que se oponen a las mejores formas de tributación. Sin duda, los nuevos tributos ofrecen medios eficaces de recaudo sin romper con la equidad fiscal. Entre estas innovacio-



**ARQUITECTURA E INGENIERIA**

GERENTE: PILAR ROJAS MACÍAS

- ▶ Elaboración de planos de ventas, modelos tridimensionales
- ▶ Cálculo de estructuras
- ▶ Digitalización
- ▶ Servicio de PLOTTER
- ▶ Sistemas CADD para arquitectura e ingeniería

DISTRIBUIDOR  
AUTORIZADO



AUTODESK

Calle 115 No. 43-21 Apto. 102 - Tels.: 2154448 - 6129279 - Fax 6129280



**Cuadro 3**  
**VARIACIÓN NÚMERO DE ALUMNOS EN BOGOTÁ 1990-1993**  
**PREESCOLAR, PRIMARIA Y SECUNDARIA, %**

CONCEPTO	91-90		92-91		93-92	
	OFIC.	NO OFIC.	OFIC.	NO OFIC.	OFIC.	NO OFIC.
Preescolar	1.7	2.0	2.0	2.0	73.6	2.0
Primaria	1.1	1.0	0.4	1.0	0.7	0.5
Secundaria	3.0	2.0	1.3	1.0	3.2	0.8
<b>TOTAL</b>	<b>1.7</b>	<b>1.6</b>	<b>0.7</b>	<b>1.1</b>	<b>3.3</b>	<b>0.9</b>

Fuente: Secretaría de Educación de Bogotá.

**VARIACIÓN NÚMERO DE DOCENTES EN BOGOTÁ 1990-1993**  
**PREESCOLAR, PRIMARIA Y SECUNDARIA, %**

CONCEPTO	91-90		92-91		93-92	
	OFIC.	NO OFIC.	OFIC.	NO OFIC.	OFIC.	NO OFIC.
Preescolar	0.0	3.2	17.5	2.0	7.5	2.0
Primaria	-0.8	2.2	9.3	1.0	1.5	0.5
Secundaria	5.2	1.6	4.9	1.0	1.8	1.0
<b>TOTAL</b>	<b>1.8</b>	<b>2.0</b>	<b>7.6</b>	<b>1.1</b>	<b>1.8</b>	<b>1.0</b>

Fuente: Secretaría de Educación de Bogotá.

nes se destaca en primer lugar el impuesto catastral por autoavaliuo.

En fin, la estructura tributaria está conformada por una serie de gravámenes altamente elásticos que crecen sostenidamente por encima del producto nacional. Los esfuerzos en esta materia deberán orientarse a mantener la dinámica reduciendo la evasión e introduciendo otros gravámenes de características similares. Por ahora, el sistema tributario ofrece las condiciones básicas para sostener una ampliación moderada del gasto.

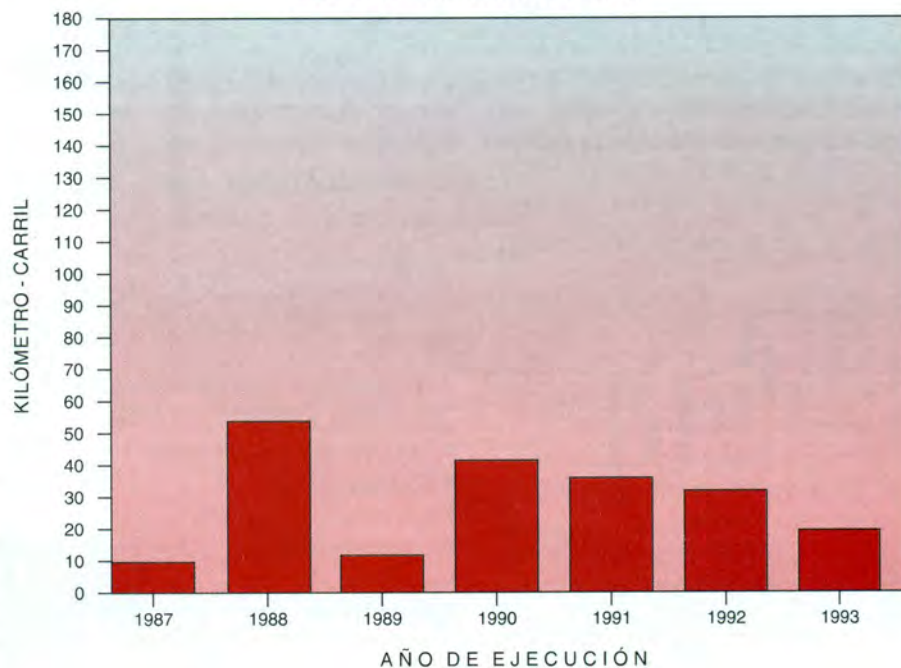
Otro aspecto que ha contribuido a fortalecer los ingresos son las transferencias del gobierno nacional. De acuerdo con la reforma constitucional, la participación de los municipios en los ingresos de la nación debe aumentar todos los años. En el Cuadro 1 se observa que las transferencias por concepto de ingresos corrientes o, si se quiere, por el IVA, crecieron alrededor de 50% en 1992 y de 100% en 1993 y 1994. Lo pro-

pio se aprecia en las transferencias del situado fiscal, aunque en magnitudes mucho menores.

No se puede ignorar, sin embargo, que estas reformas introducidas en la Constitución a la larga pueden afectar negativamente la estructura financiera del Distrito. De acuerdo con las nuevas normas constitucionales, el Gobierno está obligado a incrementar progresivamente las transferencias de la nación a los municipios y en el plan de desarrollo de la actual administración se contempla financiarlos con una reducción de los gastos sociales que anteriormente realizaba directamente del gobierno central. Este manejo puede colocar al Distrito en una posición de desventaja, toda vez que su participación en las transferencias no guarda relación con su población ni con su tamaño. Es posible que los mayores recursos tengan una mayor contraprestación en los gastos. No sería raro que algunas de las actividades que antes realizaba el gobierno nacional en Bogotá tuvieran que efectuarse en el futuro con recursos propios de la administración distrital.

En cambio, con respecto a la Red de Solidaridad Social sucede lo contrario. Bogotá puede verse favoreci-

**Gráfico 1**  
**PLAN VIAL-EJECUCIÓN FÍSICA**





**Cuadro 4**  
**PORCENTAJE DE POBLACIÓN POBRE EN BOGOTÁ**  
Metodología línea de pobreza (LP)

1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
29.5	31.7	34.7	31.5	35.6	33.2	38.1

Fuente: DNP-UDS-DIOGS.

da por tratarse de actividades que se realizan primordialmente en las grandes ciudades y se financian con recursos de la nación.

De todas formas, la nueva política fiscal que emana de la Constitución tiene repercusiones negativas sobre las finanzas de Bogotá. Otra cosa es que en la actualidad no existan bases para precisar la magnitud y el alcance de los efectos.

### TRANSFERENCIAS

En la práctica las transferencias juegan un papel central en la estructura fiscal de Bogotá. Las partidas percibidas representan una pequeña fracción de su contribución a los ingresos fiscales. Así, en el Gráfico 2 se observa que las transferencias al Distrito por concepto del IVA corresponden al 1% de los ingresos corrientes. Si se tiene en cuenta que este impuesto representa el 25% de los ingresos corrientes, resulta que el Distrito contribuye al 20% del gravamen y sólo recibe el 4%, es decir la quinta parte. Adicionalmente, se encuentra que Bogotá obtiene el 10% del situado fiscal, cuando contribuye en más del 20% a la generación de los impuestos. En suma, Bogotá recibe por concepto de transferencias alrededor de la tercera parte de su esfuerzo tributario.

Lo anterior ha configurado una situación de desequilibrio. La ciudad se ha visto obligada a establecer grandes tributos propios para compensar las diferencias con el resto del país. Los contribuyentes están expuestos a una sobrecarga tributaria que reduce el grado de flexibilidad de la política fiscal.

El concepto de las transferencias es impecable desde el punto de vista teórico. Es justo que su distribución tenga como criterio central el concepto de desarrollo relativo. Sin embargo, abriga el riesgo de que se convierta en un instrumento fiscal y llegue a sobrecargar los municipios que tienen una mayor capacidad administrativa. Muchas veces las dificultades para captar ingresos tributarios pueden llevar a un esquema en el cual los municipios organizados pagan los impuestos, en tanto que el resto los obtienen por transferencias.

*Los servicios básicos de la ciudad están muy por debajo de las necesidades sentidas y de los promedios nacionales.*

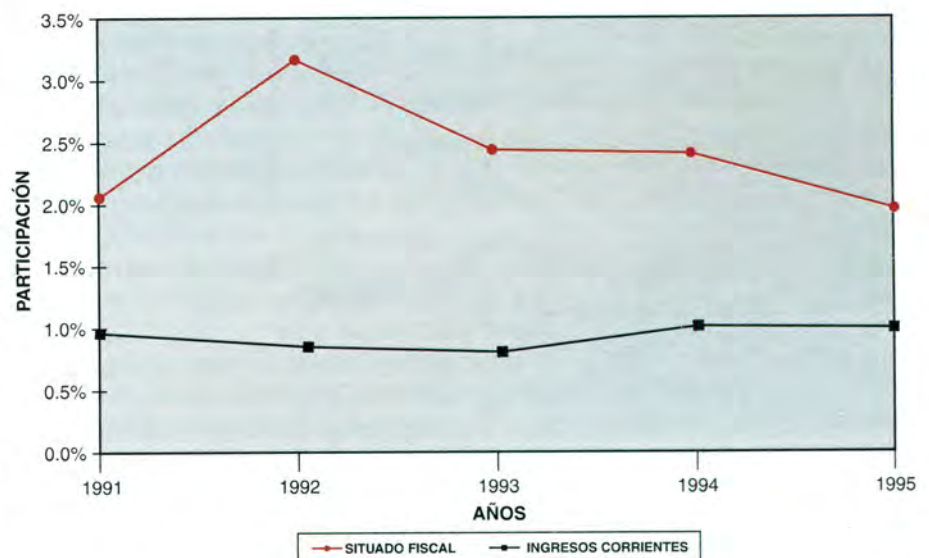
Esta práctica puede causar la descapitalización de las ciudades más avanzadas y su física incapacidad de prestar los servicios básicos. En el fondo se convertiría en un mecanismo diabólico de ineficiencia.

### INVERSIÓN

En el caso del Distrito hay una marcada diferencia entre los gastos de funcionamiento y los de inversión. Los primeros se refieren casi en su totalidad a los pagos de nómina. Todo lo que son gastos en educación, salud e infraestructura aparecen clasificados como inversión. En estas clasificaciones se incluye tanto el gasto social como el de infraestructura que en los últimos años han representado entre el 0.2% y el 0.3% del PIB, lo cual es claramente insuficiente.

Así, las solas transferencias por concepto del IVA y el situado fiscal corresponden al 7% del PIB. Si se tiene en cuenta que la ciudad contribuye a

**Gráfico 2**  
**PARTICIPACIÓN DE LAS TRANSFERENCIAS DEL DISTRITO EN LOS INGRESOS CORRIENTES DE LA NACIÓN**  
(Pesos constantes)





la quinta parte de la actividad el país, resulta que la inversión en vías y gasto social es muy inferior al promedio nacional, más concretamente, no llega ni a la quinta parte de ésta. Por lo demás, a la luz de los bajos índices de gestión antes descritos, puede esperarse que las realizaciones sean aún menores. En fin, las cifras son un simple reflejo de la realidad. Los servicios básicos de la ciudad están muy por debajo de las necesidades sentidas y de los promedios nacionales.

Estas condiciones son el simple resultado de una estructura financiera deficiente. Los mayores ingresos financieros se han destinado a engrosar la burocracia. Por otra parte, la participación de la ciudad en las transferencias de la nación es muy inferior a su contribución y con respecto a la población y al valor agregado. La inversión es un residuo que no corresponde a las realidades de la ciudad. En la práctica esto se manifiesta en cuantiosos atrasos de la infraestructura y en bajos niveles de servicios sociales que redundan en elevados índices de pobreza.

## **PRESUPUESTO 1995**

El proyecto de presupuesto presentado para 1995 es impecable en términos globales. Los ingresos tributarios crecen 40%, más de 15 puntos por encima de la inflación.

Por otra parte, se observa una reducción de los gastos de funcionamiento y una enorme expansión de la inversión. Adicionalmente, el presupuesto del Distrito refleja las mismas prioridades del gobierno nacional de elevar el gasto social en favor de los pobres y compensar el atraso de la infraestructura. Por lo mismo, enfrenta dificultades e interrogantes similares.



***La burocracia ya se tragó los recursos tributarios y la posibilidad de reducirla a su adecuada dimensión es muy limitada, mientras no se cambien las costumbres políticas.***

ha visto expuesta desde tiempo atrás a un proceso creciente de burocratización, que ha significado altos costos del personal que operan como una severa restricción a la prestación efectiva de los servicios. En varias áreas, en especial en la educación, aparecen serias deficiencias de calidad y cobertura. Por lo demás, las

La primera pregunta es cómo se van a emplear estos recursos. En principio surgen los mismos interrogantes del gobierno central. La administración se

instituciones del Distrito no tienen ninguna capacidad para orientar los servicios sociales en favor de los grupos más necesitados.

Por otra parte, la ciudad, al igual que el país, no cuenta con las firmas de ingeniería ni con los sistemas de seguimiento que aseguren la realización adecuada de las obras. Los proyectos están expuestos a grandes deficiencias en la programación económica y en el diseño y ejecución de la ingeniería, que dan lugar a cuantiosas diferencias entre los costos reales y los presupuestados, y en algunos casos hasta el derrumbe de las cons-



trucciones. Así, el costo del Guavio resultó en más de tres veces lo proyectado y las obras de la calle 72 resultaron más demoradas de lo previsto. Algo similar se plantea con respecto a las empresas de servicios públicos. Si bien en virtud del estatuto de Bogotá éstas operan como empresas comerciales e industriales, en muchos aspectos comparten las deficiencias de las entidades estatales.

Tal vez, en donde aparecen más claras las dificultades es en la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá. Sus costos son mayores y la productividad menor que en otras empresas similares del país. La empresa absorbe más del 70% de la deuda distrital y opera con un servicio de la deuda superior a 80%, que constituye una seria limitación para la realización de los planes de obra y, sin duda, jugó un papel importante en el apagón de 1993.

La principal objeción al presupuesto actual y probablemente a los del futuro es que el monto de inversión es insuficiente para satisfacer las demandas del plan vial y compensar los monumentales atrasos del gasto social. La partida sigue siendo demasiado baja en relación con las necesidades sentidas de la ciudad. Infortunadamente, la posibilidad de resolver el problema en la raíz de sus causas es escasa. La burocracia ya se tragó los recursos tributarios y la posibilidad de reducirla a su adecuada dimensión es muy limitada, mientras no se cambien las costumbres políticas. Por ahora, no hay otra forma que congelar la nómina y esperar que ésta se reduzca en términos relativos con el paso del tiempo. Por otra parte, los criterios de las transferencias están definidos desde tiempo atrás. Si bien la ciudad recibirá más recursos que

en el pasado, su participación con respecto al país seguirá siendo igual. Por exclusión de materia, el margen de maniobra se reduce a los impuestos y al endeudamiento. La primera opción no pasa de ser marginal, toda vez que la capacidad financiera de los ciudadanos está cerca del agotamiento. A su turno, el endeudamiento está limitado por las posibilidades de nuevos recursos tributarios.

El diagnóstico anterior tiene un alto grado de realismo. La ciudad carece de las condiciones financieras requeridas para elevar la inversión, que incluye tanto el gasto social como la infraestructura física. En cierta forma está condenada a funcionar con un nivel de servicios básicos infe-

rior al promedio nacional. Por lo demás, surgen severas dudas sobre la capacidad de la administración para movilizar adecuadamente un volumen de recursos mucho mayor que el del pasado. Hay un alto riesgo de que los fondos se destinen a aumentar la burocracia, que las obras civiles incurran en grandes sobrecostos y que el gasto social no llegue a los grupos más pobres. Frente a esta realidad, la actual administración no tiene mayor margen de maniobra. Sus esfuerzos deberán orientarse a adelantar una reforma administrativa tendiente a reducir los gastos de funcionamiento y mejorar tanto la gestión como la focalización del gasto.

Dentro de este contexto, no se puede esperar que el Distrito esté en capacidad de realizar obras de gran envergadura, como serían el tren metropolitano, la actualización del plan vial o la descontaminación del río Bogotá. La baja participación de la ciudad en las transferencias le impide realizar programas de alcance nacional. El *impasse* sólo podrá superarse dentro de una ma-


yor coordinación con el gobierno nacional y, sobre todo, con una mayor cooperación financiera.

### EL PLAN DE DESARROLLO

El plan de desarrollo de Bogotá tiene una presentación formal muy ingeniosa y acertada. Los autores parten identificando las necesidades sentidas de la ciudad y luego proceden a establecer las estrategias para resolverlas. Este enfoque constituye un avance significativo con respecto al pasado. La práctica tradicional consistía en ofrecer grandes soluciones y luego emprender todo tipo de actividades para cumplirlas.

Infortunadamente, la concepción financiera del plan adolece de serias debilidades. En el paso de las estrategias a los medios se incurre en la falla tradicional de suponer que todos los problemas se resuelven con mayores recursos. Así, al final se encuentra que para satisfacer las necesidades sentidas de la ciudad sus

***La ciudad carece de las condiciones financieras requeridas para elevar la inversión, que incluye tanto el gasto social como la infraestructura física.***



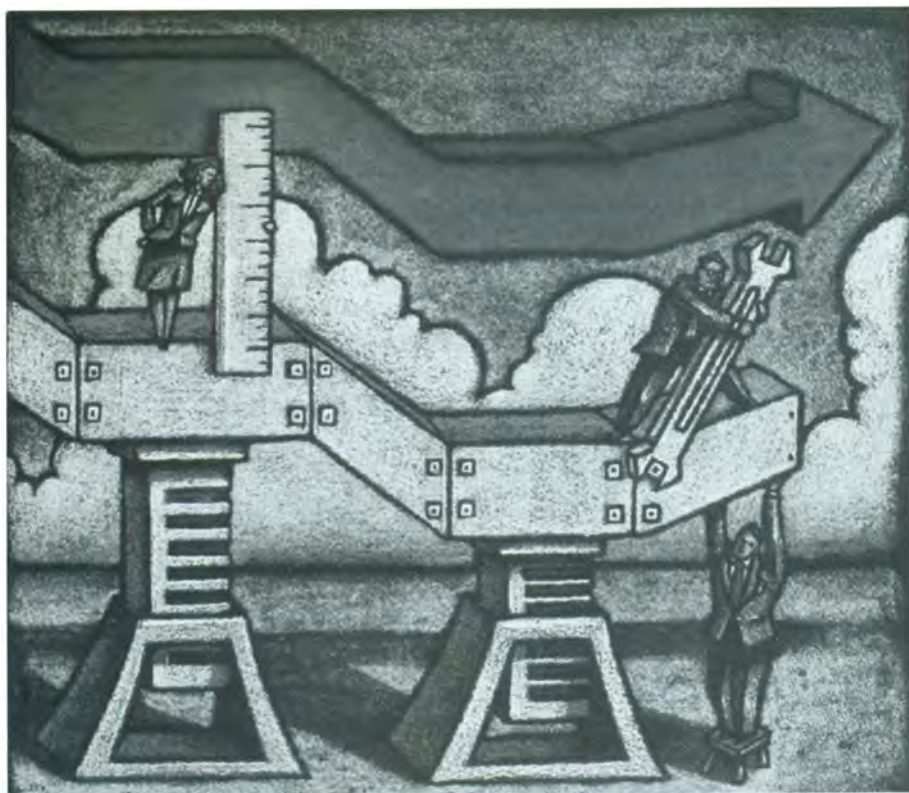
Proyectistas Civiles Asociados Ltda.

**Diseño**

**Estructural**

Cra. 10 No. 93-51,  
 Telefax: 6-10-42-00 - 2-18-76-04  
 2-18-77-03 - 2-57-02-25 - 6-10-37-57  
 Santafé de Bogotá, D.C. Colombia





ingresos deben elevarse con respecto a la tendencia histórica en un billón de pesos o, si se quiere, en \$300.000 millones anuales.

Esta propuesta se sale totalmente del diagnóstico. A lo largo del documento se muestra que el Distrito ha estado pleno de recursos. Al mismo tiempo, se observa que el aumento de los ingresos tributarios se ha destinado en su mayor parte a atender los gastos de funcionamiento y, en general, no guarda ninguna relación con el modesto desempeño de los índices de gestión. No tiene ningún sentido mantener la estructura que ocasionó semejantes resultados. Por el contrario, lo indicado es modificarla para que los recursos actuales se utilicen eficientemente en la solución de las necesidades sentidas; la función de la política financiera no debe ser tanto aumentar los recursos, sino mejorar el empleo de los existentes.

Lo más grave es que los recursos adicionales requeridos por el plan no tienen ninguna viabilidad práctica. En

cierta forma la capacidad tributaria está agotada. El margen de maniobra se reduce a elevar algunos gravámenes al transporte. Por exclusión de materia, sólo quedaría aumentar las transferencias de la nación. Algo de esto se logra con la nueva Constitución, que obliga a los gobiernos a aumentar las transferencias de la nación a los municipios. Así, Bogotá se verá favorecida porque el monto de recursos a repartir se ampliará. Lo que no puede esperarse es que su participación aumente. Por el contrario, de acuerdo con el espíritu de la Constitución y con los nuevos criterios de distribución lo más probable es que disminuya. Por este conducto no se deben

presentar grandes incrementos de fondos. La otra alternativa es que el gobierno nacional decidiera incrementar los recursos de Bogotá por otros conductos diferentes. Pero esta opción aparece limitada por razones presupuestales y por la misma concepción global de la Constitución y del Plan nacional. La viabilidad de la norma constitucional que propende por la autonomía regional está condicionada a que la nación deje de efectuar directamente actividades que antes realizaba en los municipios. En fin, en la realidad no se puede esperar que se disponga de muchos fondos para sustentar el presupuesto distrital. Al parecer, estamos ante un buen programa que encontrará serias dificultades financieras.

## CONCLUSIONES

El diagnóstico según el cual la principal restricción al desarrollo de la ciudad es financiera hizo carrera y pasó de administración en administración. De esta manera, se han logrado aumentos monumentales de los gastos y los impuestos que no

corresponden a las realizaciones. Las deficiencias administrativas y la tendencia a la burocratización nunca recibieron un tratamiento de fondo. Infortunadamente algunos de los análisis que están sirviendo de base para la orientación de la administración incurren en el mismo error. La recomendación generalizada es elevar los impuestos y ampliar el gasto. Sin embargo, la simple inspección de las cifras

***La recomendación generalizada es elevar los impuestos y ampliar el gasto. Sin embargo, la simple inspección de las cifras financieras y las realizaciones ofrecen un diagnóstico muy distinto.***

financieras y las realizaciones ofrecen un diagnóstico muy distinto.

La gran limitación para solucionar los problemas de Bogotá es ad-



ministrativa. En primer lugar, se requiere un esfuerzo para frenar el proceso desbordado de burocratización. El éxito de la nueva administración dependerá de su capacidad para adelantar una reforma administrativa encaminada a elevar el nivel profesional dentro de normas que

establezcan claramente las funciones del personal e impidan la proliferación de cargos que vienen a realizar las mismas tareas de otros. Al mismo tiempo, deberá avanzar en la creación de sistemas que permitan focalizar el gasto social hacia los grupos más pobres.

Dentro de este orden de ideas, es necesario fortalecer los sistemas de licitaciones públicas estableciendo reglas claras y transparentes para la adjudicación de las obras de

infraestructura e introducir procedimientos idóneos de seguimiento, evaluación y gestión. Al mismo tiempo, las firmas aspirantes deben disponer de una adecuada organización administrativa y financiera y emplear las técnicas modernas de planificación administrativa.

Por último, las empresas de servicios públicos deben ser sometidas a una revisión cuidadosa de las funciones para reducir la burocratización y propiciar la racionalización de costos y productividad que aseguren su funcionamiento dentro de los parámetros de las empresas nacionales e internacionales más eficientes.

La principal incertidumbre en el momento actual se plantea con respecto a la política financiera. Sin duda, la estructura tributaria actual del Distrito es sana y goza de elasticidad para sostener una expansión aceptable del gasto actual. Las mayores debilidades están en la baja participación en las transferencias de la nación, que corresponden a la tercer parte de la contribución del Distrito a los impuestos, y en el excesivo nivel del gasto de funcionamiento. Ambos factores se han manifestado en niveles de inversión muy inferiores a los promedios nacionales y a las necesidades básicas de la ciudad.

El plan de desarrollo de la actual administración representa un avance significativo con respecto al pasado. Las estrategias están orientadas a resolver las necesidades sentidas de la población. Sin embargo, la concepción financiera adolece de las debilidades tradicionales. La propuesta final consiste en elevar los recursos de la ciudad con respecto a la tendencia histórica en un billón de pesos para realizar los programas de necesidades sentidas aunque no es fácil establecer de dónde saldrán esos fondos. La posibilidad de obtenerlos del gobierno central no tiene ningún realismo. Los cambios introducidos en la Constitución e incorporados en la nueva política fiscal del Gobierno apun-



# Ferretería

PEGASO'S 170 LTDA

CEMENTO  
GRAVILLA  
ARENA  
BLOQUE  
HIERRO

**FERRETERIA EN GENERAL**

Autopista Norte 167 A - 55  
Tels: 6705041- 6741162  
Fax: 6717232



tan en la dirección contraria. Es posible que el aumento de las transferencias al Distrito sea más que compensado por la reducción de los gastos que antes el gobierno nacional efectuaba en la ciudad. Tal como lo pretendía la reforma constitucional, no sería extraño que los recursos suministrados por la nación al Distrito terminasen disminuyendo con respecto al pasado.

Sobre este aspecto la administración distrital debe entrar en contacto con el Gobierno. Es indispensable establecer y precisar el tipo de gastos que se atenderán con el aumento de las transferencias, las actividades que dejará de adelantar el gobierno central y la participación de la ciudad en la Red de Solidaridad Social. Así mismo, convendría efectuar un gran esfuerzo para garantizar que el gasto social logre los grandes objetivos nacionales.

Por otra parte, el expediente de los impuestos distritales está agotado. En la práctica las opciones se reducen a ampliar los tributos asociados con el transporte, entre los cuales se destacan los de la gasolina, el rodamiento y los parqueaderos. Estos gravámenes se justifican ante las nuevas realidades de la política fiscal nacional. Además, por ser asumidos por los propietarios de vehículos, contribuirían a la racionalización del tráfico. Lo que debe quedar claro es que no se trata de ajustes orientados a elevar los ingresos inmediatos, sino a fortalecer la estructura financiera a largo plazo con el fin de hacerla compatible con las finanzas nacionales.

Dentro de este contexto, la elevación de la inversión para atender las prioridades del Distrito o, si se quiere, las necesidades sentidas, está condicionada a la reducción de los gastos de funcionamiento y a un mejoramiento de los sistemas de gestión. Las otras soluciones no son factibles políticamente o no pasan de ser marginales. La discrecionalidad para aumentar los impuestos se reduce a los tributos al transporte, y la posibilidad de ampliar la contribución del Gobierno al Distrito va en contravía de los principios constitucionales que le dan prioridad a las regiones más atrasadas

***Las mayores debilidades están en la baja participación en las transferencias de la nación, que corresponden a la tercera parte de la contribución del Distrito a los impuestos, y en el excesivo nivel del gasto de funcionamiento.***



**Cada día, más INDUSTRIALES DE LA CONSTRUCCION, LA MINERIA Y EL CEMENTO optan por**

## MOTORES S. A.

**El Portafolio de maquinaria, soporte y servicio, cada día más completo.**

**Esta es una muestra parcial. Consúltenos.**

La Cargadora-Retroexcavadora más avanzada del mercado



**MF Industrial**



La Retroexcavadora con mejores especificaciones del mercado

**KOBELCO**

Una nueva generación de potencia.



Plantas Eléctricas **SPECTRUM** DETROIT DIESEL

Los Compresores portátiles de mayor eficiencia-bajo costo



**Sullivan**

La Minicargadora al servicio del espacio reducido.



**Thomas**



**MOTORES S. A.**  
RESERVAMOS CALIDAD  
MÁS DE MEDIO SIGLO  
DE EXPERIENCIA

SERVICIO,  
MANTENIMIENTO  
Y REPUESTOS  
ORIGINALES:

FUERA DE BOGOTÁ  
**9800-15454**

•BOGOTÁ-Conn.:344 03 00 fax:269 43 41  
•MEDELLÍN-Conn.:285 66 33 Fax: 285 73 11  
•CALI-Conn.:46 44 60 Fax:46 44 64  
•BARRANQUILLA-Conn.:41 5061 - 31 53 63  
Fax:51 38 78



# Infiltración

Ing. Germán Monsalve Sáenz

**Ingeniero civil, Universidad de los Andes; posgrado en Hidrología, Universidad de Nápoles, Italia, e Hidráulica, Universidad de Delft, Holanda; catedrático de Hidrología, Escuela Colombiana de Ingeniería y de Hidráulica de Canales y Estructuras hidráulicas, Universidad Javeriana.**

*Por considerarlo de interés para nuestros lectores publicamos el texto completo del capítulo sobre infiltración que desarrolla el autor en su libro Hidrología en la ingeniería, editado por la Escuela Colombiana de Ingeniería.*

## GENERALIDADES

Infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno en el suelo; se distingue del proceso de percolación porque este último es el movimiento hacia abajo de agua desde o a través de la zona no saturada hasta el nivel freático o zona saturada.

## DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN EL SUELO

La lluvia que cae se consume totalmente en intercepción, detención superficial o almacenamiento en depresiones, humedad del suelo, precipitación directa sobre la corriente de agua que sirve de drenaje al área considerada, agua subterránea, flujo subsuperficial y escorrentía superficial. Se analizará cada uno de dichos fenómenos.

### a. Intercepción

Comprende el volumen de lluvia que no alcanza a llegar al suelo porque cae sobre las hojas de árboles y plantas, sobre edificios, etc., de donde se evapora posteriormente.

### b. Detención superficial

Es el volumen de agua que se almacena en depresiones o charcos y luego se evapora.

### c. Humedad del suelo

Se refiere al volumen de agua que se infiltra y, antes de alcanzar el nivel freático, es removida del suelo por las raíces de las plantas o por evaporación.

En el suelo deben distinguirse dos zonas:

I) Zona saturada. En la cual el volumen ocupado por los poros o vacíos que existen entre los granos que componen el suelo está completamente lleno de agua.

II) Zona no saturada. En la cual el volumen ocupado por los poros o vacíos que existen entre los granos que componen el suelo está ocupado por agua y aire. La capa de suelo comprendida entre la superficie del terreno y un estrato permeable, o entre aquella y la superficie de un depósito de agua subterráneo no confinado, es una zona no saturada, en la cual la humedad se presenta en las siguientes formas:

- Humedad higroscópica: es la humedad que se adhiere firmemente a la superficie de las partículas del

suelo formando una película delgada; en general, no es humedad disponible para plantas.

- Humedad capilar: una parte muy pequeña del agua que pertenece a la zona saturada sube por efecto de capilaridad a través de los poros del suelo no saturado; la humedad que se presenta en esta forma constituye la mayor fuente de suministro de agua para las plantas porque puede ser extraída fácilmente por las raíces.

- Humedad gravitacional: se refiere al agua que se mueve verticalmente desde la superficie del terreno hasta la zona saturada; permanece en el suelo un tiempo relativamente corto.

Existen índices para determinar el contenido de humedad del suelo:

- Coeficiente higroscópico: es la humedad máxima

que una muestra, inicialmente seca, absorbe cuando se pone en contacto con una atmósfera al 50% de humedad relativa y a 25 °C.

- Punto de marchitez: es el contenido de humedad por el cual se presenta marchitez permanente de las plantas; depende del tipo de plantas, de su edad y sistema de raíces, del clima, del volumen del suelo, etc.

- Capacidad de campo: es la cantidad de agua que un suelo saturado puede retener después de ser centrifugado con una fuerza de 1.000 g; también es la cantidad máxima de agua que puede ser re-





**Gráfico 1**  
**ESQUEMA REPRESENTATIVO DE TIPOS DE HUMEDAD E ÍNDICES RESPECTIVOS**

Humedad gravitacional	—	suelo saturado, humedad = 100%
Humedad capilar	—	capacidad de campo
	—	punto de marchitez
Humedad higroscópica	—	coeficiente higroscópico
	—	suelo reseco, humedad 0%

tenida por el suelo en contra de la acción de las fuerzas de la gravedad.

En el gráfico 1 se presenta un esquema que representa los tipos de humedad y sus índices.

Cuando el contenido de humedad del suelo es menor que la capacidad de campo, la diferencia entre esos dos valores es la deficiencia de humedad del suelo o déficit de humedad, que representa el agua que el suelo tomará del total que se infiltre en cada lluvia, antes de que aparezcan las otras componentes.

#### d. Precipitación directa sobre la corriente de agua que sirve de drenaje al área considerada

Constituye un porcentaje muy pequeño y en muchos casos se desprecia.

#### e. Agua subterránea

Una vez que el volumen de agua de lluvia que se infiltra ha suministrado la humedad que el suelo necesita para llegar a su capacidad de campo, el agua gravitacional comienza a drenar, y parte de ella logra llegar hasta la zona saturada.

El nivel freático es la línea que divide la zona saturada de la no saturada. La presión hidrostática en cualquier punto de esta línea es igual a cero. Por encima está la zona capilar con presiones negativas; por debajo se encuentra la zona saturada con presiones positivas.

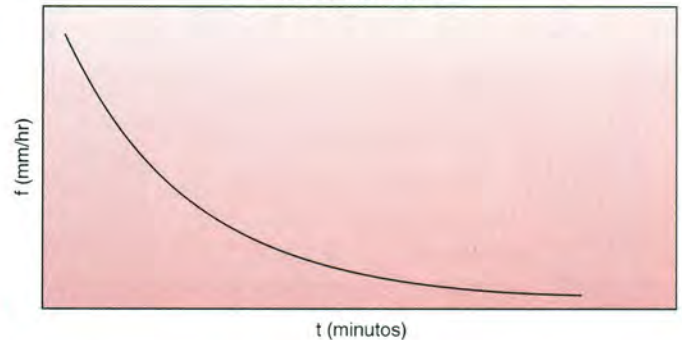
#### f. Flujo subsuperficial

Es parte del agua gravitacional que no alcanza a llegar hasta el nivel freático porque toma una dirección paralela a la de la superficie del suelo, para salir nuevamente al aire libre y convertirse en escorrentía superficial.

#### g. Escorrentía superficial

La escorrentía superficial directa es el volumen de agua de lluvia que hace su recorrido sin infiltrarse,

**Gráfico 2**  
**CURVA TÍPICA DE CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN CONTRA TIEMPO**



desde el sitio donde cae hasta la corriente de agua que alimenta.

La escorrentía superficial total es la suma de la escorrentía superficial directa y el flujo subsuperficial.

### PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA INFILTRACIÓN

#### Capacidad de infiltración o tasa de infiltración

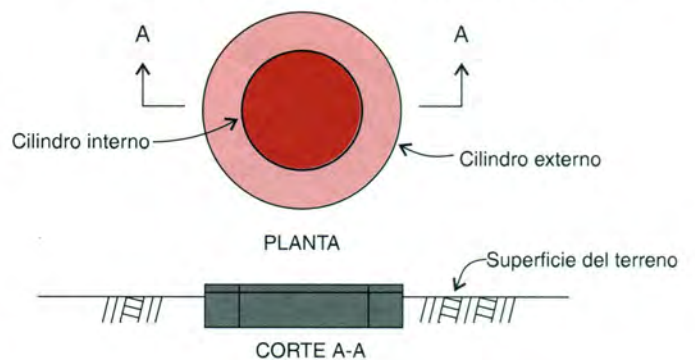
Es la capacidad máxima con que un suelo, en una condición dada, puede absorber agua. Se denota como  $f$  y se expresa normalmente en mm/hr.

Se define como exceso de precipitación la cantidad resultante de restar la intensidad de lluvia  $i$ , en mm/hr, a la capacidad de infiltración  $f$ , en mm/hr, en un tiempo dado  $\Delta t$ .

$$\text{Exceso de precipitación} = (i - f) \Delta t \text{ en mm}$$

A la capacidad de infiltración sólo se llega durante una lluvia si el exceso de precipitación es mayor o igual a cero. En caso contrario, la capacidad de absorción de agua del suelo no es máxima, y por consiguiente no es igual a la capacidad de infiltración.

**Gráfico 3**  
**ESQUEMA GENERAL DE UN INFILTRÓMETRO**





**Cuadro 1**  
**CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN POR MEDIDAS DIRECTAS**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Tiempo (min.)	Intervalo de tiempo (min.)	Volumen de agua añadido desde el comienzo (cm <sup>3</sup> )	Variación de volumen (cm <sup>3</sup> )	Altura de agua añadida desde el comienzo (mm)	Variación de altura de agua (mm)	Capacidad de infiltración (mm/hr)	Tiempo promedio en el intervalo desde el comienzo (minutos)
$t_0$		$v_0$		$h_0$			
$t_1$	$t_1 - t_0$	$v_1$	$v_1 - v_0$	$h_1$	$h_1 - h_0$	$f_1$	$(t_1 + t_0)/2$
$t_2$	$t_2 - t_1$	$v_2$	$v_2 - v_1$	$h_2$	$h_2 - h_1$	$f_2$	$(t_2 + t_1)/2$
$t_3$	$t_3 - t_2$	$v_3$	$v_3 - v_2$	$h_3$	$h_3 - h_2$	$f_3$	$(t_3 + t_2)/2$
$t_4$	$t_4 - t_3$	$v_4$	$v_4 - v_3$	$h_4$	$h_4 - h_3$	$f_4$	$(t_4 + t_3)/2$
...	...	...	...	...	...	...	...
$t_{n-1}$		$v_{n-1}$		$h_{n-1}$			
$t_n$	$t_n - t_{n-1}$	$v_n$	$v_n - v_{n-1}$	$h_n$	$h_n - h_{n-1}$	$f_n$	$(t_n + t_{n-1})/2$

Ahora bien, si  $i < f \Rightarrow f_0 = i$   
 si  $i \geq f \Rightarrow f_0 = f$

donde  $f_0$  es igual a la capacidad de absorción del terreno, en mm/hr.

### Velocidad de infiltración

Es la velocidad media con que el agua atraviesa el suelo, o el caudal dividido por el área de la sección neta de escurrimiento. La velocidad de infiltración por sí sola no es un buen parámetro de infiltración pues depende de la permeabilidad y del gradiente hidráulico. La capacidad de infiltración, sin embargo, depende de las condiciones de contorno. La capacidad de infiltración, tal como fue definida, es un parámetro más expresivo.

### MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN

#### Infiltrómetros

Consisten básicamente en dos cilindros concéntricos y un dispositivo para medir agua colocado en el cilindro interno. Esta técnica, sin embargo, está siendo substituida

por la de colocar agua al mismo tiempo tanto en el cilindro interno como en el externo. El agua se aplica por medio de aspersión, para una mejor simulación de las condiciones reales de la lluvia. El agua colocada en el cilindro interno es la única que se mide. La razón de la existencia de agua en el cilindro externo es la de proveer la cantidad necesaria a la infiltración lateral debida a capilaridad, dejando la infiltración propiamente dicha para que sea medida sólo en relación con el área limitada por el cilindro interno.

Normalmente, las medidas de capacidad de infiltración a través de infiltrómetros son presentadas en cuadros y gráficos. En el cuadro 1 se muestra la metodología para su cálculo a partir de datos de infiltración obtenidos por medidas directas.

Las columnas 5 y 6 son calculadas dividiendo, respectivamente, el volumen indicado en las columnas 3 y 4 por el área limitada por el cilindro interno y teniendo cuidado con las unidades. La columna 7 se obtiene dividiendo la columna 6 por la columna 2 y, como en el

paso anterior, teniendo cuidado con las unidades. Finalmente, se grafica el tiempo promedio del intervalo (columna 8) en minutos, contra la capacidad de infiltración (columna 7) en mm/hr; resulta así normalmente una curva del tipo presentada en el gráfico 2.

Un esquema general de un infiltrómetro se presenta en el gráfico 3.

Estos infiltrómetros se hincan en el terreno. Sin embargo, no son representativos de una área extensa y sólo pueden utilizarse para estudios locales en los puntos de colocación de los aparatos.

Entre las desventajas de los infiltrómetros se puede mencionar:

- Al colocarlos se altera el terreno.
- El recorrido de agua infiltrada en un infiltrómetro es diferente del que realiza el agua en una área considerable.
- La falta de homogeneidad del suelo hace que los resultados del infiltrómetro no puedan ser muy reales respecto a las condiciones de una área más extensa.
- Para la correcta simulación del proceso deben utilizarse simuladores de lluvia, los cuales son onerosos.

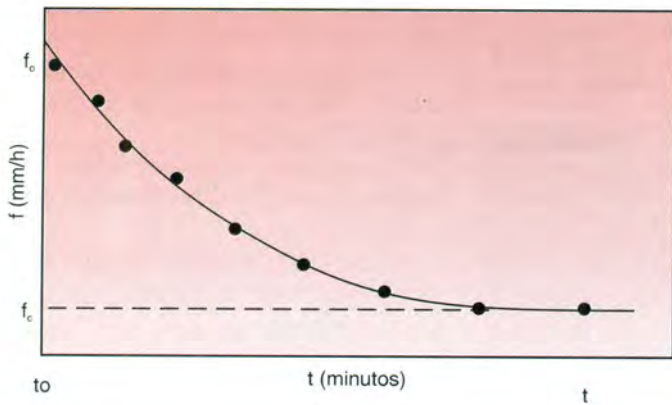
### Medida de la capacidad de infiltración en una hoyo por medio de la separación de las componentes del hidrograma

Si se conocen la precipitación y la escorrentía superficial en una hoyo, se puede calcular, por diferencia, la capacidad de infiltración de la misma, si bien este valor englobará también la intercepción y el almacenaje en las depresiones.

Sin embargo, el hecho de que la capacidad de infiltración englobe la intercepción y el almacenaje por depresiones no afecta la solución de los problemas de ingeniería de un proyecto, pues normalmente la meta será el conocimiento de la escorrentía superficial resultante de una cier-



**Gráfico 4**  
**CURVA REPRESENTATIVA DE LA ECUACIÓN DE CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN CONTRA TIEMPO**



ta precipitación, conocida la capacidad de infiltración.

Para pequeñas hoyas el error producido por el retardo de la escorrentía debido a intercepción y almacenamiento en depresiones es menor que para grandes hoyas. Así, para grandes hoyas, se puede, como máximo, calcular una capacidad de infiltración media.

Se puede organizar el trabajo sobre este tema como se muestra en el cuadro 2, en el cual la columna 4 se obtiene dividiendo los valores de la columna 3 por el área de la hoya y corrigiendo unidades. La columna 7 es la diferencia de los valores de la columna 6 menos la columna 5. Finalmente, se grafica el tiempo promedio en el intervalo (columna 8), en minutos, contra la capacidad de infiltración (columna 7), en mm/hr, lo cual resulta en una curva como la mostrada en el numeral inmediatamente anterior.

## FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN

### Humedad del suelo

Un suelo seco tiene mayor capacidad de infiltración inicial por el hecho de que se suman fuerzas gravitacionales y de capilaridad.

### Permeabilidad del suelo

La permeabilidad es la velocidad de infiltración para un gradiente unitario de carga hidráulica en un flujo saturado a través de un medio poroso. La permeabilidad puede ser afectada por otros factores como la

cobertura vegetal, compactación del suelo, la infiltración de agua, etc. No depende de las condiciones de contorno, pero sí principalmente del tamaño y distribución de los granos del suelo, y de la temperatura del agua.

### Temperatura del suelo y condiciones de contorno

Como la capacidad de infiltración es una de las medidas de infiltración, que a su vez es también un fenómeno de flujo de agua a través del suelo, su medida depende directa o indirectamente de la temperatura del agua y del suelo y de las condiciones de contorno, cualquiera que sea la profundidad del suelo. Entre las condiciones de contorno se pueden enumerar las siguientes: compactación debido a la lluvia, compactación por animales o intervención humana, arado de la tierra, formación de grietas por acción de raíces de plantas, etc.

## ECUACIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN CONTRA TIEMPO

Dicha ecuación fue desarrollada por Horton, para  $i \geq f$

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt}$$

en la que:

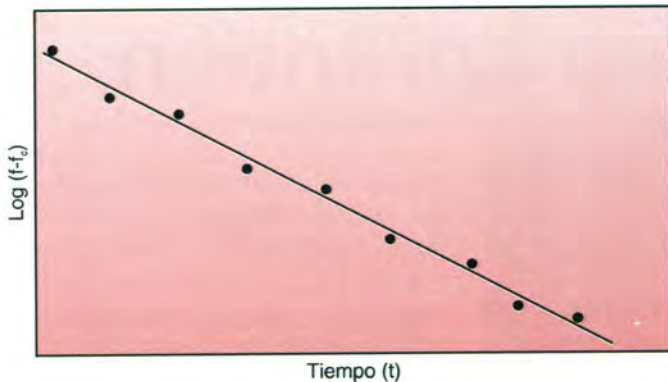
- $f_0$ : capacidad de infiltración inicial (para  $t = 0$ ), en mm/hr
- $k$ : constante para cada curva, característica de cada cuenca
- $t$ : tiempo de duración de la lluvia, en minutos

**Cuadro 2**  
**CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN POR SEPARACIÓN DE COMPONENTES DEL HIDROGRAMA EN UNA HOYA**

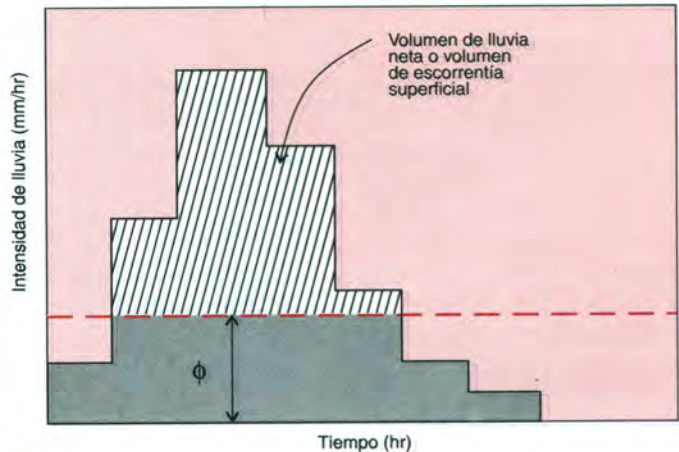
(1) Tiempo (mm)	(2) Precipitación acumulada (mm)	(3) Escorrentía superficial (m <sup>3</sup> /s)	(4) Escorrentía superficial (mm/hr)	(5) Escorrentía superficial promedio (mm/hr)	(6) Intensidad de precipitación (mm/hr)	(7) Capacidad de infiltración (mm/hr)	(8) Tiempo promedio en el intervalo desde el comienzo (minutos)
$t_0$	$P_0$	$Q_0$	$ES_0$	$(ES_0 + ES_1)/2$	$(P_1 - P_0)/(t_1 - t_0)$	$f_1$	$(t_1 + t_0)/2$
$t_1$	$P_1$	$Q_1$	$ES_1$	$(ES_1 + ES_2)/2$	$(P_2 - P_1)/(t_2 - t_1)$	$f_2$	$(t_2 + t_1)/2$
$t_2$	$P_2$	$Q_2$	$ES_2$	$(ES_2 + ES_3)/2$	$(P_3 - P_2)/(t_3 - t_2)$	$f_3$	$(t_3 + t_2)/2$
$t_3$	$P_3$	$Q_3$	$ES_3$	$(ES_3 + ES_4)/2$	$(P_4 - P_3)/(t_4 - t_3)$	$f_4$	$(t_4 + t_3)/2$
$t_4$	$P_4$	$Q_4$	$ES_4$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$t_{n-1}$	$P_{n-1}$	$Q_{n-1}$	$ES_{n-1}$	$(ES_{n-1} + ES_n)/2$	$(P_n - P_{n-1})/(t_n - t_{n-1})$	$f_n$	$(t_n + t_{n-1})/2$
$t_n$	$P_n$	$Q_n$	$ES_n$				



**Gráfico 5**  
**ANÁLISIS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA CÁLCULO DE PARÁMETROS K Y F<sub>0</sub>**



**Gráfico 6**  
**ÍNDICE F DE INFILTRACIÓN**



Si  $i < f$ , toda el agua de lluvia se infiltra, pero la variación de  $f$  con el tiempo  $t$  no se puede expresar de forma matemática.

El valor de  $f_c$  se puede determinar visualmente, de acuerdo con la graficación de la pareja de puntos  $(f, t)$ ;  $f_c$  se denomina, también, capacidad de infiltración del suelo saturado.

Ahora bien,

$$(f - f_c) = (f_0 - f_c) e^{-kt}$$

$$\log (f - f_c) = \log (f_0 - f_c) - kt \log e = \log (f_0 - f_c) - 0.43 kt$$

Para determinar  $k$  y  $f_0$ , se lleva a cabo un análisis de mínimos cuadrados entre los valores de  $\log (f - f_c)$  y  $t$  correspondientes, dado que  $f_c$  ya ha sido definido.

## ÍNDICE $\phi$ DE INFILTRACIÓN

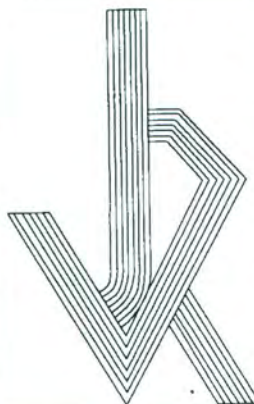
Muchos índices han sido propuestos como indicadores de la infiltración. El más simple y el más ampliamente usado es el índice  $\phi$ .

Este índice se define como la intensidad de lluvia promedio por encima de la cual la masa de escorrentía superficial es igual a la masa de lluvia neta. Entonces  $f$  tiene las unidades de intensidad de lluvia, mm/hr. El índice  $f$  se determina de lluvia y escorrentía superficial medidas en una hoja hidrográfica particular.

La distribución en el tiempo de la altura de lluvia promedio se determina aplicando el método de los polígonos de Thiessen, u otro método, a valores horarios de lluvia.


Este resultado se indica como la línea sólida de el gráfico 6. El volumen de escorrentía superficial se determina por medio de la utilización de los métodos que se explicarán en el Capítulo 6. La diferencia entre el volumen de lluvia total y el volumen de escorrentía superficial es igual al volumen de infiltración. Entonces, para determinar el índice  $\phi$ , se supone inicialmente un valor de  $\phi$  (mm/hr), línea que se presenta a trazos en el gráfico 6. Este valor supuesto de  $\phi$  se resta de los valores horarios de lluvia. Valores negativos indican intensidad de lluvia menor que la tasa de infiltración y se suponen igual a cero. La diferencia calculada es la lluvia neta. El volumen de lluvia neta debe ser igual al volumen de escorrentía superficial si se ha supuesto un valor correcto de  $\phi$ . Si no, se debe suponer un nuevo valor de  $\phi$  y se repite el proceso.

El índice  $\phi$  incluye la cantidad de agua de infiltración, la cantidad de agua interceptada y la cantidad de agua dejada en almacenamiento por depresiones. Una porción de esta última cantidad se evapora en vez de infiltrarse.



## JORVAL CIA. LTDA.

Ingeniería Eléctrica Representaciones



**GROUPE SCHNEIDER**  
Merlin Gerin Square D Telemecanique

Automatización industrial - Productos electrónicos de control y potencia - Subestaciones - Líneas Redes - Montajes industriales

---

Calle 72 No. 24-16/20 - Tels.: 231 84 20 - 264 09 32 - 240 67 79 - 630 00 49  
Telefax: 225 87 20 - Santafé de Bogotá, D.C.



## Las redes neuronales artificiales también aprenden

Mat. Raúl A. Chaparro Ayala

Licenciado en Matemáticas, Universidad Pedagógica Nacional; Magíster en Matemáticas, Universidad Nacional de Colombia; Magíster en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia; ha sido profesor de distintas asignaturas en las más prestigiosas universidades del país.

### INTRODUCCIÓN E HISTORIA

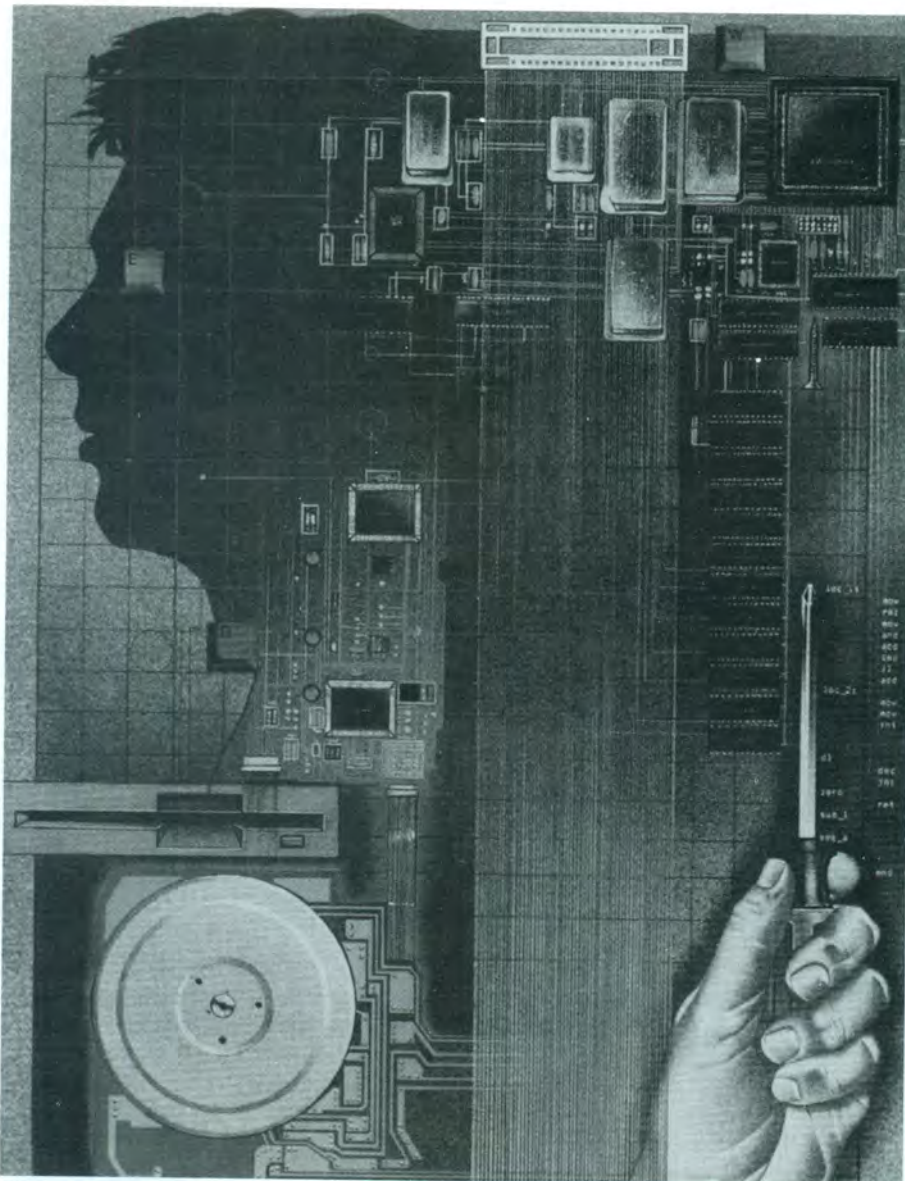
**A**l comparar los computadores modernos con el cerebro humano y el sistema nervioso de humanos y animales, que presentan un sorprendente procesamiento de información sensorial y control de las relaciones con el medio ambiente en que viven, observamos que los computadores son muy torpes en el proceso de manejar cosas como reconocer un rostro en una situación no muy clara, reconocer una persona entre un grupo de personas, la voz de alguna persona conocida, recordar algún amigo o familiar asociándolo con algún lugar u objeto, o realizar actividades simultáneas (como caminar, ver, oír, respirar, etc.).

Esta gran eficacia de la computación biológica ha motivado a los científicos a pensar en lograr capacidades similares en dispositivos artificiales, tomando como base los principios de los sistemas neuronales.

Esta idea de las teorías de la informática se pudo cimentar gracias a los descubrimientos de Donald O. Hebb, uno de los más influyentes psicólogos de su época y quien señaló la raíz del comportamiento en las ideas y de éstas en el cerebro.

Hebb se dedicó veinte años a la investigación; sus estudios culminaron en 1949 con la publicación de su monumental obra *The Organization of Behavior* (La organización de la conducta), piedra angular de la moderna neuro-fisiología.

Hebb descubrió en el cerebro circuitos neuronales o vías de retroa-

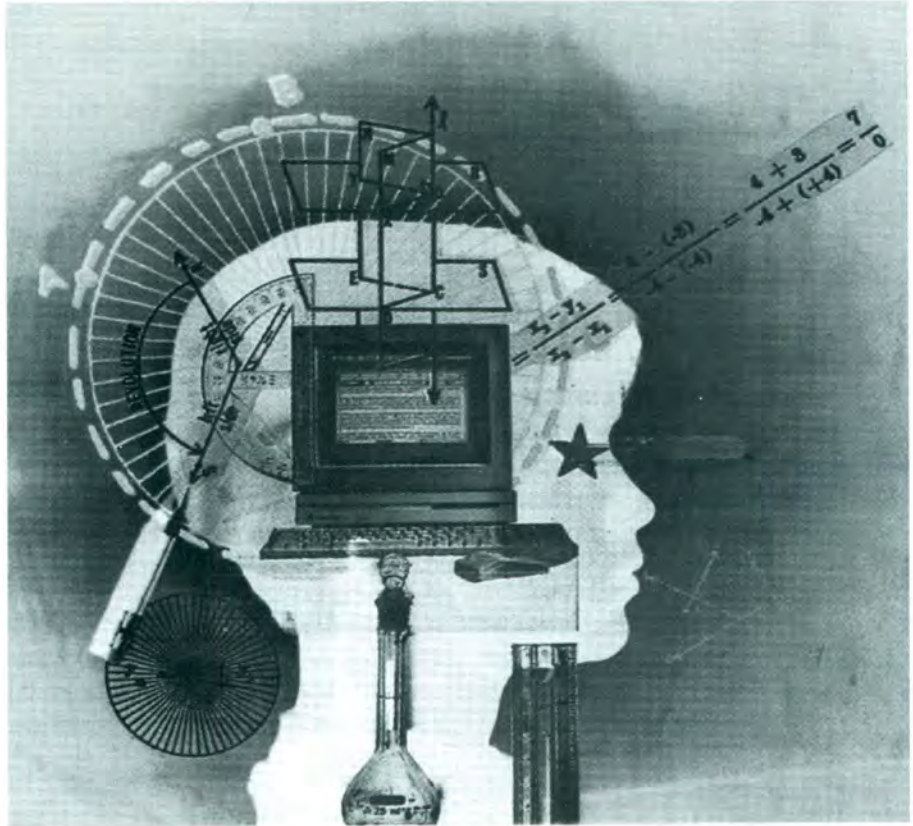




limentación y propuso que las ideas podían tener base física tan firme como los movimientos musculares. Podían consistir en pautas aprendidas de excitación nerviosa en el cerebro instadas inicialmente por la información sensorial, pero que después iría adquiriendo autonomía.

Estos aportes de Hebb y las investigaciones posteriores caracterizan una nueva escuela del pensamiento con premisas tales como:

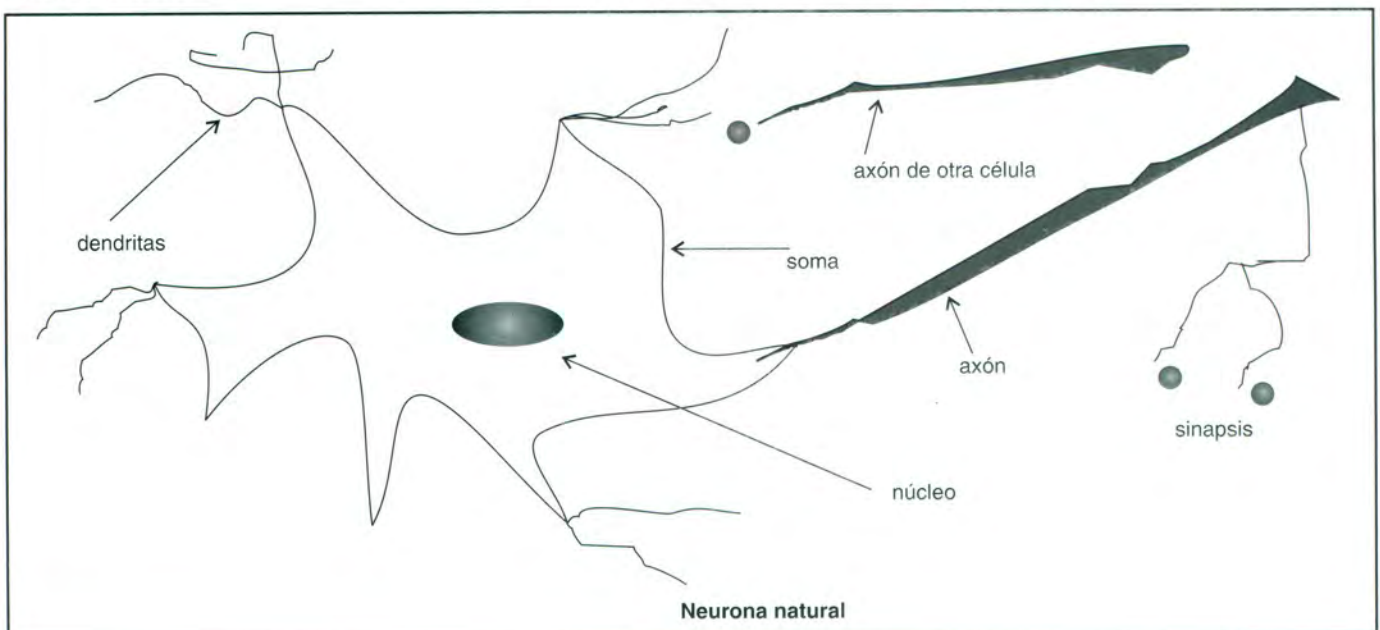
- El cerebro no opera como una computadora secuencial de tipo convencional, sino en forma masivamente paralela. El funcionamiento paralelo de miles o millones de neuronas en los sutiles procesos de extracción de información del cerebro proporciona velocidad. Los perceptos coherentes se forman en tiempos que exceden de los tiempos elementales de reacción de las neuronas singulares por un factor de poco más de diez. En lo que concierne a los procesos perceptibles básicos, como la visión, esta observación excluye las formas de procesamiento de información iterativas, que tendrían que barrer los datos que ingresan secuencialmente o pasarlos a través de muchas etapas de procesamiento intermedias.



- Dentro del cerebro, el conocimiento no se almacena en ninguna forma que se parezca a un programa de computadora convencional, sino que se almacena estructuralmente, en forma de patrones distribuidos de pesos sinápticos, excitatorios o inhibitorios,

cuyas magnitudes relativas determinan el flujo de las respuestas neuronales que constituyen la percepción y el pensamiento.

Entre las personas que trabajaron y aún están trabajando con dispositivos neuronales, o al menos quieren mo-





	COMPUTADOR	CEREBRO HUMANO
Unidad computacional	1 CPU, $10^5$	$10^{11}$ neuronas
Unidad de almacenamiento	$10^9$ bit RAM, $10^{10}$ bits disco	$10^{11}$ neuronas $10^{14}$ sinapsis
Ciclo de tiempo	$10^{-9}$ seg.	$10^{-3}$ seg.
Ancho de banda	$10^9$ bits/seg	$10^{14}$ bits/seg
Actualiza neurona/seg	$10^5$	$10^{14}$

Fuente: *Artificial Intelligence* Stuart Russell.

delar algunos indicios del comportamiento neuronal, están:

- Warren McCulloch y Walter Pitts (1943), escribieron su importante *Logical Calculus of the Ideas Inmanent in Nervous Activity*, que discute las arquitecturas de redes neuronales de la inteligencia.
- Frank Rosenblatt (1962), publica *Principles of Neuro-dynamics* en donde define el perceptrón, un elemento procesador simple para redes neuronales. Presentó por primera vez el perceptrón en una conferencia en 1959.
- Marvin Minsky y Seymour Papert (1969) escribieron *Perceptrones*, un libro que presenta las limitaciones de una simple capa de redes neuronales.
- Von Den Malrburg y Grossberg (1973) desarrollaron trabajos sobre aprendizaje competitivo y autoorganización.

- Fukushima (1974), desarrolló un modelo de dispositivo neuronal llamado neocognitrón.
- Paul J. Werbos (1974), desarrolla un algoritmo de entrenamiento para redes neuronales llamado *back-propagation*.
- Hopfield (1980), introduce las redes neuronales o modelo Hopfield (en estos principios se desarrollaron las memorias asociativas).

McClelland y Rumelhart (1986), editan un conjunto de ensayos sobre modelos de redes neuronales para la inteligencia. Se abre el camino de los nuevos conexionistas.

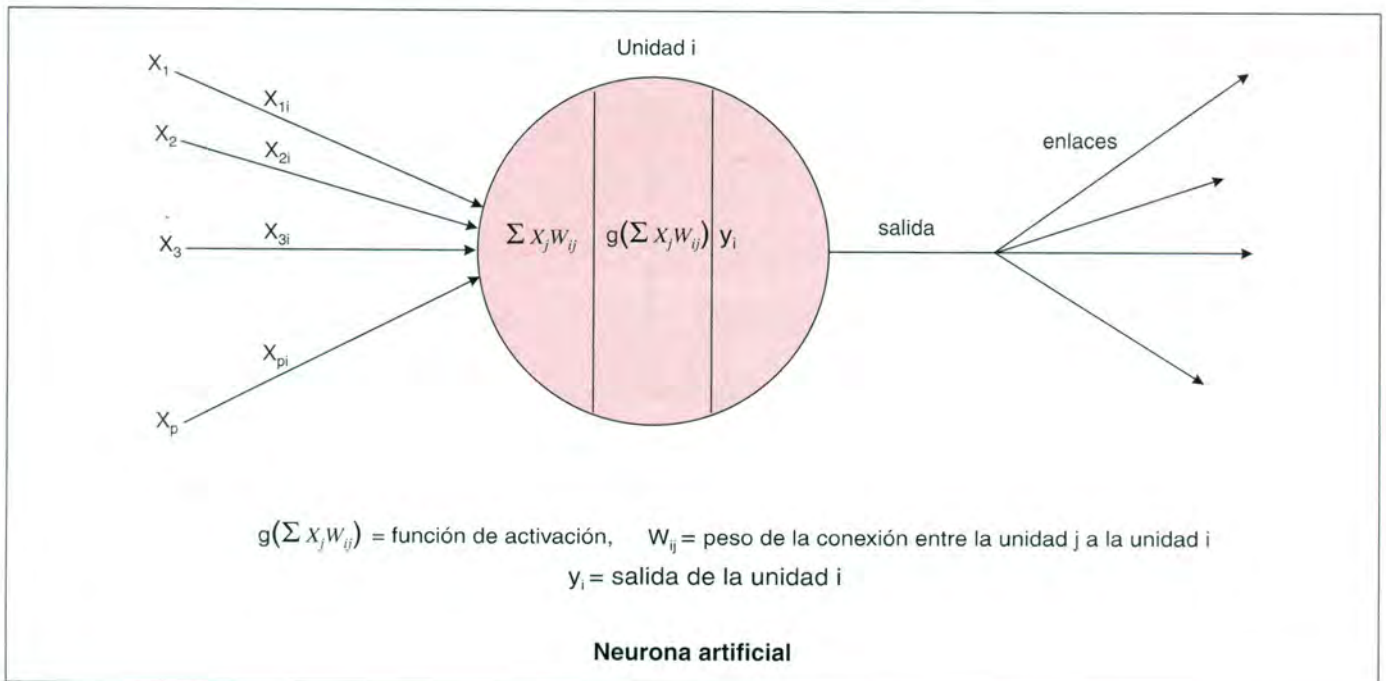
## NEURONA NATURAL

Uno de los grandes misterios en el mundo científico es la forma como el cerebro tiene la capacidad de pensamiento. Hay muchos escritos y puntos de vista que explican la forma en que funcionan las neuronas natura-

les. Hay otra gran cantidad de material bibliográfico compuesto por libros y muchos artículos donde se estudian las neuronas desde una perspectiva celular, profundizando en los potenciales de membrana y las bombas de iones. En otros se estudian los neurotransmisores y de una forma detallada la actividad en las sinapsis neuronales y cerca de ellas. Otros se preocupan de la arquitectura de las neuronas (la forma como las neuronas están conectadas) registrando las vías que ellas utilizan para procesar información y transmitir los mensajes en los diferentes lugares de la red. Además se encuentran los especialistas en el tratamiento ingenieril basando sus principios en ramas de la ingeniería como la modulación de frecuencia y las líneas de transmisión.

Gran parte de las neuronas naturales están compuestas por un cuerpo de célula (llamado soma) más un axón y muchas dendritas.

El axón es una protuberancia que transporta la salida de la neurona hasta las conexiones de otras neuronas. Las dendritas son protuberancias que disponen la superficie para acomodar la conexión con otras neuronas por medio de los axones. Es muy frecuente

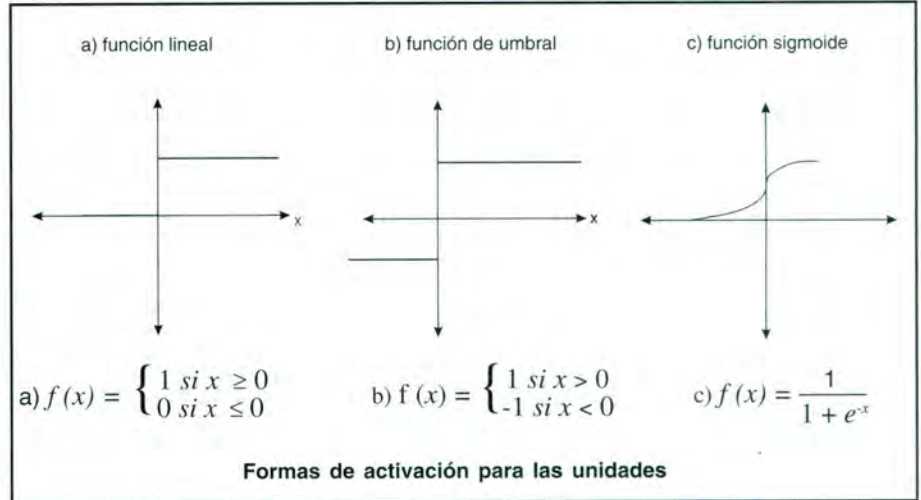




la división de las dendritas para formar árboles dendríticos que son muy frondosos. Los axones se dividen en menor grado que las dendritas.

La actividad de la neurona es manifiesta cuando la influencia de todas las neuronas de entrada alcanzan un nivel de umbral. Siempre que se alcanza este umbral la neurona responde con una salida de potencia completa que se manifiesta con un pulso desplazado por el cuerpo de la célula a través del axón hasta sus ramas. En este caso indicamos que la neurona se dispara; por esto decimos que una neurona es un dispositivo de todo o nada (pues se dispara o no hace nada).

La unión de dos neuronas, y con mayor claridad la zona de contacto de una rama terminal del axón en el cuerpo o dendrita de otra neurona, se conoce como sinapsis. La estimulación en algunas sinapsis hace que la neurona se dispare, o inhiba el disparo. Desde los tiempos de Hebb aumenta la evidencia de que el aprendizaje se lleva a cabo en vecindades de las sinapsis y que está determinado por la intensidad con que éstas conviertan el pulso que viaja por el axon de una neurona en la excitación o inhibición de la siguiente neurona.



El cerebro humano tiene aproximadamente  $10^6$  sinapsis y cada neurona recibe de 10.000 a 100.000 sinapsis (el axón realiza un tanto igual). Un cerebro adulto contiene aproximadamente  $10^{11}$  neuronas y pesa 1.350 gramos.

Hay algunos principios encontrados en las redes neuronales naturales que son importantes en la creación de modelos neuronales artificiales:

- Los elementos de proceso reciben muchas señales.
- Las señales pueden ser modificadas por pesos en el receptor sináptico.

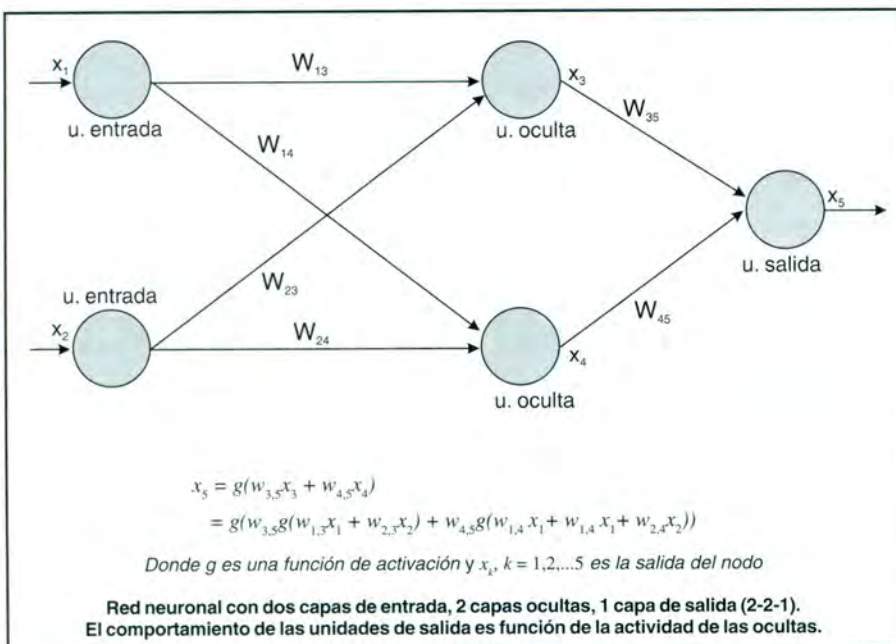
- Los elementos de proceso suman los pesos de entrada.
- Bajo circunstancias apropiadas (suficientes entradas) la neurona transmite una señal de salida única.
- La salida de una neurona particular puede ir a muchas otras neuronas.

Además, otra característica importante de las neuronas naturales es que son sistemas tolerantes a fallas (son robustas). Comparando la neurona natural con el computador digital, podemos ver algunas capacidades y limitaciones que se muestran en la siguiente tabla.

## REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Las redes neuronales artificiales se componen de unidades (o neuronas) interconectadas que cumplen el papel del modelo neuronal. La función de la sinapsis es modelada atribuyendo a cada conexión un peso modificable.

La red neuronal artificial no trata de copiar en todo su detalle la trama de axones y dendritas. La señal eléctrica de salida de una neurona queda expresada por un solo número que representa la frecuencia de disparo de la neurona (es decir, su actividad). Cada unidad convierte la pauta de actividades que en ella ingresan en una sola actividad de salida que es transmitida a otras neuronas. Este proceso se realiza en dos fases: en la





## CONSTRUCTORES CIVILES INGENIEROS LTDA.

- OBRAS CIVILES
- CARRETERAS
- MONTAJES
- ESTRUCTURAS
- URBANISMO

Cra. 31 No. 95 - 99  
Tels.: 226 87 12 - 611 17 85  
Fax: (91) 618 17 05 Santafé de Bogotá

primera cada actividad de entrada es multiplicada por un coeficiente de ponderación (llamado comúnmente peso) subyacente a la conexión; estos productos de entrada se suman para obtener la "entrada total". En la segunda etapa la neurona artificial utiliza una función de transferencia de entrada y salida que cambia el ingreso total en actividad de regreso o salida.

Así, el comportamiento de una red neuronal artificial depende de los coeficientes de ponderación (o pesos) y de la función de activación que se especifica para cada unidad. Esta función por lo general es de uno de los siguientes tres tipos: lineal, de umbral y sigmoide.

En el caso de unidades lineales, la actividad de salida es proporcional a la entrada ponderada total. En las unidades de umbral la salida queda fija a uno de dos niveles, dependiendo de que la entrada total sea mayor o menor del valor fijo llama-

do umbral. En el caso de la función sigmoide la salida cambia de forma continua con la entrada; la salida es más similar a la de las neuronas naturales. De todas formas, los otros casos tienen su importancia en el manejo de problemas que no requieren un modelaje muy preciso.

Cuando queremos construir una red neuronal para alguna tarea específica tenemos que determinar:

- Las unidades (o neuronas); determinar el tipo de entrada y salida (valores, números reales), y la función de activación de las unidades (o neuronas).
- Conexiones; presentar la forma como están conectadas las neuronas, los niveles de conexión, si la conexión es en una dirección, si la conexión es completa, etc.
- Ajuste de pesos (algoritmo de aprendizaje); presentación de la forma como se ajustan los pesos en las conexiones entre capas (procesamiento de aprendizaje).

Las redes neuronales se organizan en niveles o capas. La red neuronal más común organiza sus neuronas entre capas:

- Una capa de neuronas de entrada que está conectada a una capa de unidades ocultas que están conectadas a su vez con otra capa que llamamos "de salida". La actividad de las unidades de entrada es representación de la información del exterior.
- La actividad de cada unidad oculta está determinada por las actividades de las unidades de entrada y por sus respectivos pesos en las conexiones entre las unidades de entrada y las ocultas. De forma similar, el comportamiento de las

unidades de salida es función de la actividad de las ocultas y de los pesos de conexión entre las unidades ocultas y las de salida.

- Las redes neuronales con capas ocultas, se llaman redes multicapas y son de gran interés; porque las unidades ocultas tienen libertad para construir sus propias representaciones de entrada.

*Las redes aprenden mediante sucesivas repeticiones de un problema, cometiendo errores cada vez menores en cada iteración.*

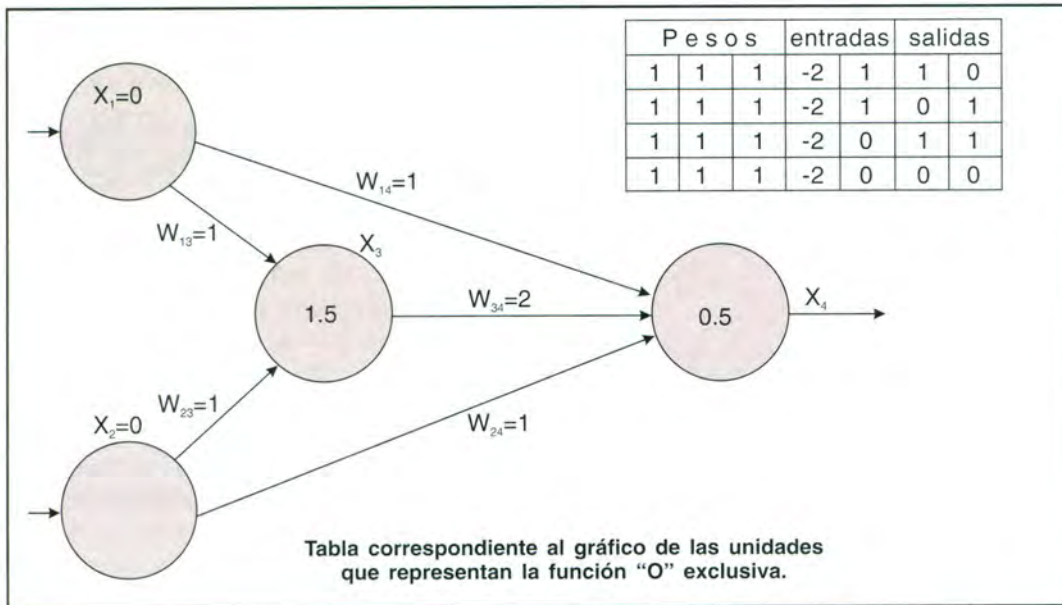


**plinco Itda.**  
ingenieros s.c.i.

Ingeniería hidráulica, sanitaria y ambiental

Telefax: 346 04 11 - 255 17 78 - 2 12 73 88 • Calle 69 A No. 4-77 Santafé de Bogotá, Colombia





Vamos a ilustrar los comentarios anteriores con un ejemplo sencillo de una red multicapa, en donde apreciamos sus capas, conexiones (pesos), el algoritmo de aprendizaje y una fácil aplicación a un problema bien conocido.

En este ejemplo los números que figuran en el interior de las unidades indican valores umbrales; los que están sobre las conexiones denotan el peso de enlace.

Cuando a una de las unidades de entrada ( $x_1$ ) le llega un 1 y a la otra

( $x_2$ ) introducimos un 0. El total de ingreso en la unidad oculta ( $x_3$ ) es  $(1*1) + (0*1) = 1$ .

Como 1 es menor que el umbral 1.5 de  $x_3$  la neurona oculta no se dispara (o sea que su señal de salida será 0). Los valores que llegan a la salida ( $x_4$ ) son:  $(1 \times 1) + (0 \times -2) + (0 \times 1) = 1$ . Como vemos, el resultado es mayor que 0,5 que es el valor del umbral de  $x_4$ ; por tanto, la unidad de salida se activa.

Si observamos, en este sistema hay una forma de trabajo muy simi-

lar a la compuerta "O" exclusiva (O abreviadamente Xo R). Esto es, si una y sólo una de las unidades de entrada recibe el valor de 1 la red producirá un valor de salida 1; en otro caso será 0. Se puede verificar fácilmente que las otras 3 combinaciones de entrada producen en la salida los mismos efectos que la salida "O" exclusiva.

En el ejemplo anterior no es difícil colocar los pesos convenientes para en-

contrar una red neuronal que simule la compuerta "O" exclusiva, o cualquier otra función lógica de este tipo. Sin embargo, para aplicaciones más complicadas esto no siempre es fácil; se hace necesario encontrar una forma sistemática de establecer los pesos en las conexiones de la red (E.D. un algoritmo de aprendizaje), a medida que se van probando con algunas entradas o después de haber entrenado la red con algunos ejemplos particulares. En el siguiente cuadro se presenta

## Eficiencia con

# PRECISION

Sistema Integrado de Presupuesto Programación y Control de Proyectos

salazar  
ferro  
Ingenieros s.a.

Cra. 53B No. 124-43  
Tel.: 253 0720  
Santafé de Bogotá, D.C.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA  
Autopista Norte Km. 13 Tesl.: 676 0077 - 676 0372  
A.A. 14520 Santafé de Bogotá, D.C.



## INSTRUCCIÓN DE UNA RED DE NEURONAS ARTIFICIALES

Las redes aprenden mediante sucesivas repeticiones de un problema, cometiendo errores cada vez menores en cada iteración. La función más corrientemente utilizada para la medición del error es la suma de los cuadrados de los errores individuales de las unidades de salida:

$$E = 1/2 \sum (y_i - d_i)^2$$

La variable  $d_i$  denota el valor de salida deseado en la unidad  $i$ , mientras que  $y_i$  es el verdadero valor de la salida, siendo  $y_i$  el correspondiente valor de la función sigmoide  $1/(1+e^{-x})$ . Para hacer mínimo el error se toma la derivada del error respecto de  $w_{ij}$ , que es el coeficiente de ponderación entre las unidades  $i$

$y_j$ :

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = y_i y_j (1 - y_j) \beta_j$$

donde  $\beta_j = (y_j - d_j)$  para unidades de salida y  $\beta_j = \sum_k w_{jk} y_k (1 - y_k) \beta_k$  en el caso de unidades ocultas ( $k$  representa el número de unidades de la capa siguiente a las que está conectada la unidad  $j$ ). Señalemos que  $y_j (1 - y_j)$  es la derivada de la función sigmoide.

Como vemos, el error es directamente calculable para los enlaces que van a las unidades de salida. Sin embargo, en el caso de una unidad oculta, la derivada depende de valores calculados en todas las capas que vienen tras ella. Es decir, es preciso retropropagar el valor  $\beta$  a través de la red para calcular las derivadas.

Merced a las ecuaciones anteriores, podemos formular el algoritmo de retropropagación como sigue:

- Se elige un valor del incremento  $\delta$  (utilizando para actualizar los pesos).
- Hasta que la red esté entrenada.
- Para cada patrón de muestra,
  - Se efectúa una pasada progresiva por la red, produciendo un patrón de salida.
  - Se calcula  $\beta_j = (y_j - d_j)$  para todas las unidades de salida.
  - Se calcula  $\beta$  para todas las demás unidades de salida (desde el último nivel hasta el primero) utilizando el resultado del nivel consecutivo siguiente:

$$\beta_j = \sum_k w_{jk} y_k (1 - y_k) \beta_k$$

- Para todos los pesos de la red, modifíquese el peso en

$$\Delta w_{ij} = \delta y_i y_j (1 - y_j) \beta_j$$

### Algoritmo de retropropagación

Fuente: Revista *Investigación y Ciencia*; autor Drew Van Camp.

el algoritmo de aplicación más popular, el algoritmo de retropropagación hacia atrás (*back-propagation*). Este útil algoritmo se trabaja en redes neuronales multicapa, *feedforward* (una red neuronal en que las señales pasan de las unidades de entrada a las unidades de salida sin conexiones hacia atrás). El algoritmo ajusta los pesos de tal forma que el error entre la salida real y la salida deseada se reduzca (la idea global de la retropropagación es hacer un cambio grande a un peso particular  $w$ , si el peso conduce a una reducción grande de los errores en los nodos de salida).

Entre algunas de las aplicaciones del algoritmo de retropropagación tenemos:

- Reconocimiento de dígitos manuscritos.
- Predicción de tasas cambiarias de las divisas
- Optimización en el rendimiento de ciertos procesos químicos.
- Identificación de células precancerosas en frotis de Pap.
- Instrumento de explicación de la función de ciertas neuronas de la corteza cerebral.
- Inspección de control de calidad.
- Producción de voz, etc.

### BIBLIOGRAFÍA

- FREEMAN, JAMES; SKAPURA, DAVID. *Redes Neuronales*. Edit. Addison Wesley, 1991.
- RUMELHAR, DAVID; WIDROW, BERNAD. *The Basic Ideas In Neural Networks*. Communications of the A.C.M. Mareh, 1994.
- WINSTON PATRICK, HENRY. *Inteligencia Artificial*. Edit. Addison Wesley, 1993.
- VAN CAMP, DREW. *Redes Neuronas*. Revista Investigación y Ciencia, 1992.
- HERNÁNDEZ, GERMÁN; TORRES, L. G.; NIÑO, LUIS F. *Redes Neuronales*. Universidad Nacional, 1993.
- STUAR, RUSSELL; PETER, NURVIN. *Artificial Intelligence*. Edit. Prentice Hall



# Aproximación a la ingeniería económica

Ing. Luis Mario Barrera

Ingeniero Civil, Universidad La Gran Colombia; Magíster en Economía, Universidad de Los Andes; catedrático, Escuela Colombiana de Ingeniería.

## INGENIERÍA ECONÓMICA\*

El enfoque que emplea la ingeniería para encontrarle solución a sus problemas ha avanzado y se ha extendido de una manera tal que el éxito depende, frecuentemente, de la capacidad que se tenga para manejar tanto los aspectos físicos como los económicos relacionados con el problema. Si se revisa la historia, el

factor limitante fue, en tiempos pasados, físico, pero con el desarrollo de la ciencia y la tecnología algunos bienes y servicios que podrían no tener ninguna utilidad llegaron a ser fácilmente posibles. Por fortuna, el ingeniero puede extender sin dificultad la capacidad de análisis que le es propia y cubrir así los factores económicos.

La ingeniería económica aborda los conceptos y las técnicas de análisis útiles para la evaluación

del valor de sistemas, productos y servicios en relación con sus costos. Se hace énfasis en el hecho de que el prerequisite esencial para la aplicación exitosa de la ingeniería es la factibilidad económica.

La afirmación anterior es universalmente cierta y no depende del sistema económico dentro del cual se esté practicando la ingeniería.

Es indudable que la velocidad a la cual se está presentando el cambio tecnológico en América Latina hará sentir con mayor fuerza la necesidad de contar con una base racional y sistemática para evaluar

\* Fuente: H.G. Thuesen.

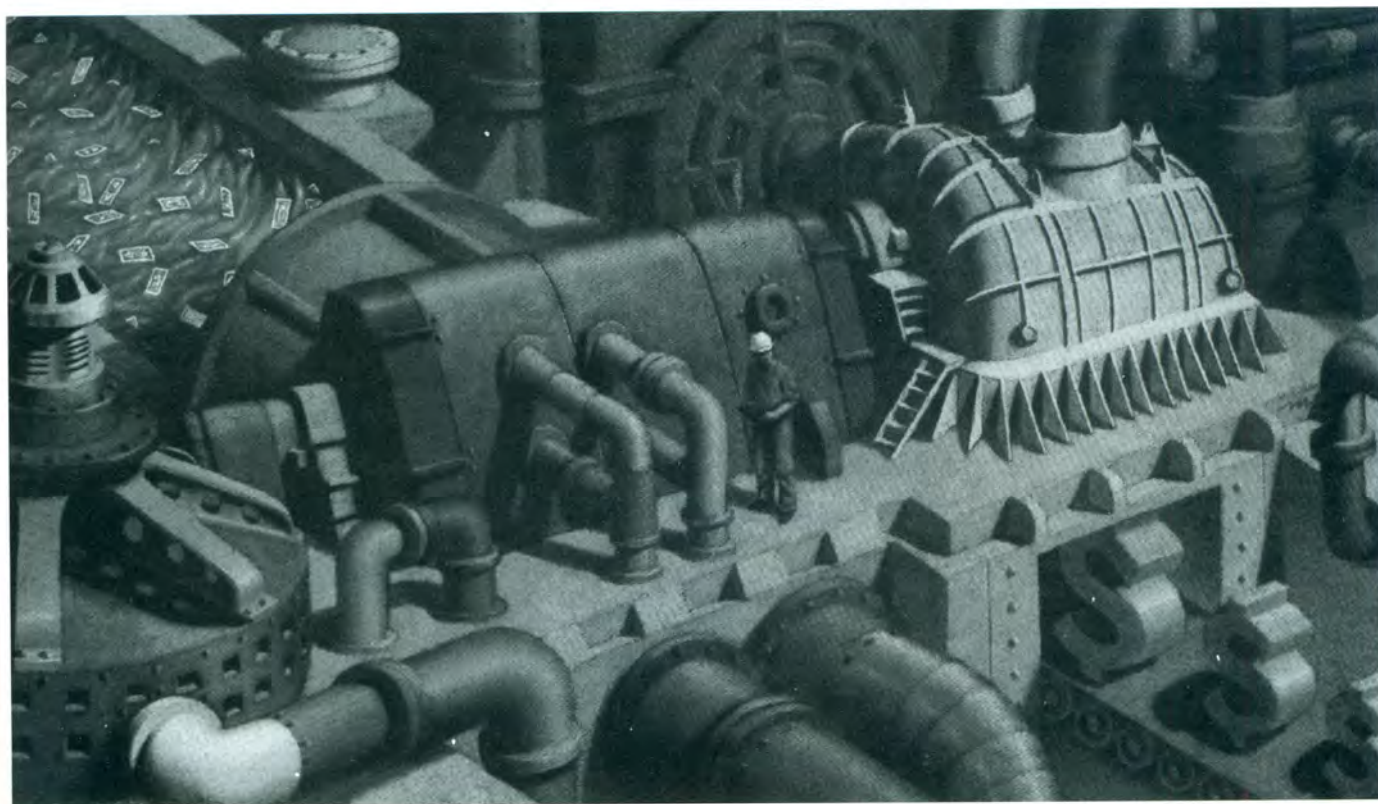






Figura 1. El ambiente y la ingeniería.

alternativas de ingeniería tanto en el sector público como en el privado.

luadas en términos de valor y costos antes de llevarse a cabo.

naturaleza en beneficio de la humanidad.

## INGENIERÍA E INGENIERÍA ECONÓMICA

Las actividades de análisis y diseño no son en ingeniería un fin en sí mismas sino un medio para satisfacer los deseos del hombre. La ingeniería contempla, entonces, dos aspectos fundamentales; uno tiene que ver con los materiales y las fuerzas de la naturaleza y el otro con las necesidades de la humanidad. Debido a que se vive en un mundo con recursos

limitados, la ingeniería debe estar estrechamente relacionada con la economía. Es, hoy día, indispensable que las propuestas de ingeniería sean eva-

## INGENIERÍA Y CIENCIA

La ingeniería no es una ciencia, sino una aplicación de la ciencia. Es un arte que tiene como ingrediente la habilidad y el ingenio necesarios para adaptar el conocimiento a los usos de la humanidad. Como se lee en una definición adoptada por el Consejo de Ingenieros para el Desarrollo Profesional, la ingeniería es aquella profesión en la cual se emplea el

juicio, conocimientos matemáticos y ciencias naturales adquiridos por medio del estudio, la experiencia, los materiales y las fuerzas de la

El conocimiento es para el ingeniero, y lo es en sí mismo, una materia prima con la cual se construyen estructuras, sistemas y procesos. En general la ingeniería incluye la determinación de la combinación de materiales, fuerza y factores humanos para que se produzca el resultado deseado.

La civilización moderna depende en un alto grado de la ingeniería. La mayor parte de los productos empleados para facilitar el trabajo, las comunicaciones y el transporte, para proporcionar sustento, casa y aun salud, son directa o indirectamente el resultado de las actividades de la ingeniería.

La ciencia es la base sobre la cual se sustenta el ingeniero para contribuir al avance de la humanidad. Con el desarrollo continuado de la ciencia y el vasto empleo de la ingeniería, se puede esperar que

*Las leyes económicas no pueden ser más exactas que la descripción del comportamiento de los seres humanos, actuando individual o colectivamente.*



TRES ELE INGENIERIA LTDA.

Calle 73 No. 26-14 Tels.: 231 89 86 / 240 20 04  
Santafé de Bogotá, Colombia

## SERVICIOS Y ASESORIA EN:

- ↳ ESTRUCTURAS EN CONCRETO A VARIOS NIVELES
- ↳ Puentes Postensados en Concreto
- ↳ EDIFICIOS
- ↳ PISOS DE PARQUEADEROS E INDUSTRIALES
- ↳ MAMPOSTERÍA Y ACABADOS HASTA OBRA GRIS
- ↳ REPARACIONES ESTRUCTURALES CON MATERIALES ESPECIALES
- ↳ VIAS Y URBANISMO
- ↳ PISOS EPOXICOS E IMPERMEABILIZACIONES ESPECIALES



mejoren los estándares de vida y que aumente aún más la demanda de aquellas cosas que responden al amor del hombre por la comodidad y la belleza. El hecho de que estos deseos humanos ocupen la atención de los ingenieros en medida creciente es, en parte, la base del movimiento para incluir en los planes de estudio de ingeniería asignaturas de humanidades y ciencias sociales. Un conocimiento claro de estos campos es esencial cuando los ingenieros buscan soluciones para los complejos problemas sociotecnológicos del mundo actual.

## LA NATURALEZA BIAMBIENTAL DE LA INGENIERÍA

Los ingenieros poseen, para tratar con el medio físico, un cuerpo de leyes físicas sobre las cuales basan su razonamiento. Leyes tales como la de Boyle, la de Ohm y las de Newton sobre el movimiento, se desarrollaron principalmente recogiendo y comparando numerosas situaciones similares y usando luego un proceso inductivo. Estas leyes pueden emplearse luego por deducción en situaciones específicas. Están suplementadas por muchas fórmulas y hechos conocidos, todo lo cual permite al ingeniero llegar a conclusiones sobre el medio físico y abarcar los hechos dentro de límites cercanos. Se conoce mucho, con certeza, sobre el medio físico.

Se conoce mucho menos, especialmente en el campo cuantitativo, sobre el medio económico. Siendo así que la economía está asociada con las acciones del hombre, parece claro que las leyes económicas

deben basarse en su comportamiento. Las leyes económicas no pueden ser más exactas que la descripción del comportamiento de los seres humanos, actuando individual o colectivamente.

El deseo de satisfacción en el medio económico y las propuestas de la ingeniería en el medio físico, están ligados entre sí por los procesos de producción y construcción. La figura 1 muestra las relaciones existentes entre las propuestas de la ingeniería, producción o construcción, y el deseo de satisfacción.

## EL AMBIENTE Y LA INGENIERÍA

La función más común de la ingeniería es el manejo o manipulación de los elementos de un medio, el físico, para crear utilidad en un segundo medio, el económico; sin embargo, los ingenieros tienden, a veces, a descuidar la factibilidad económica y, a menudo, se aterran, en la práctica, por la necesidad de hacerle frente a situaciones en las cuales su responsabilidad se extiende para cubrir los factores económicos.

Existen personas, incluso ingenieros, que creen que los ingenieros deben limitarse al

manejo de las cosas físicas y dejar los aspectos económicos y humanísticos de su profesión en manos de otros; es más: algunos ni siquiera considerarían estos aspectos como el resorte de la ingeniería. Este punto de vista puede deberse en parte al hecho de que quienes se complacen en descubrir y luego emplear las certezas bien ordenadas del medio físico encuentran difícil adaptar su modo de pensar para considerar las complejidades propias del medio económico.

Los ingenieros pueden extender muy fácilmente la capacidad de análisis que les es propia para llegar a dominar los aspectos económicos involucrados

en el empleo de la ingeniería. Aún más, el ingeniero que aspire a tener una posición creativa dentro de su profesión, encontrará que unos buenos conocimientos del análisis económico le son su-premamente útiles. La elevada cantidad de ingenieros que eventualmente se encontrarán desempeñando posiciones administrativas verán esos conocimientos como una necesidad.

La iniciativa para el empleo de la ingeniería descansa, en buena parte, sobre aquéllos que están comprometidos en las consecuencias sociales y económicas; los ingenieros deben, en consecuencia, para mantener la iniciativa, desempeñarse con éxito en los segmentos físicos y económicos del medio total.

El objetivo de la ingeniería económica es precisamente preparar a los ingenieros para hacerle frente efectivamente a la naturaleza "biamBIENTAL" de la utilización de la ingeniería



*La ingeniería es aquella profesión en la cual se emplea el juicio, conocimientos matemáticos y ciencias naturales adquiridos por medio del estudio, la experiencia, los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad.*



## Cronología de la matemática

### 2a. Parte

Ing. Gerardo Prado Bravo

**Ingeniero Civil, Universidad del Cauca; especializado en Telecomunicaciones; ha sido profesor en las Universidades del Cauca, Javeriana, Tadeo Lozano, Santo Tomás y la Gran Colombia. Desde 1990 está vinculado a la Escuela Colombiana de Ingeniería.**

#### II TABLA CRONOLOGICA

**1.0 Período antiguo** (desde los orígenes de la Matemática hasta 400 DC)

**1.1 Epoca Primitiva** (orígenes hasta 600 AC)

##### 2000000 AC

Origen del hombre (*Australopithecus* avanzado).

##### 1000000 AC

Desarrollo del *Homo Erectus*.

##### 400000 AC

Los conceptos incipientes de número natural, magnitud y forma existieron

desde entonces en la mente del hombre primitivo y, posiblemente, desde antes, ya que hay evidencias de que algunos animales distinguen ciertas cantidades y formas.

##### 100000 AC

Desarrollo del hombre de Neanderthal. Sus herramientas de piedra eran prácticamente iguales a las del *Australopithecus*.

##### 35000 AC

Aparece el *Homo sapiens*, conocido también como Cro-Magnon, físicamente semejante al hombre moderno. Origen del lenguaje.

##### 30000 AC

Evidencia de conteo en un hueso hallado en Checoeslovaquia. Es un hueso de cachorro de lobo con 55 incisiones profundas distribuidas en dos series, la primera de 25 y la segunda de 30; en cada serie las incisiones están distribuidas en grupos de 5.

##### 25000 AC

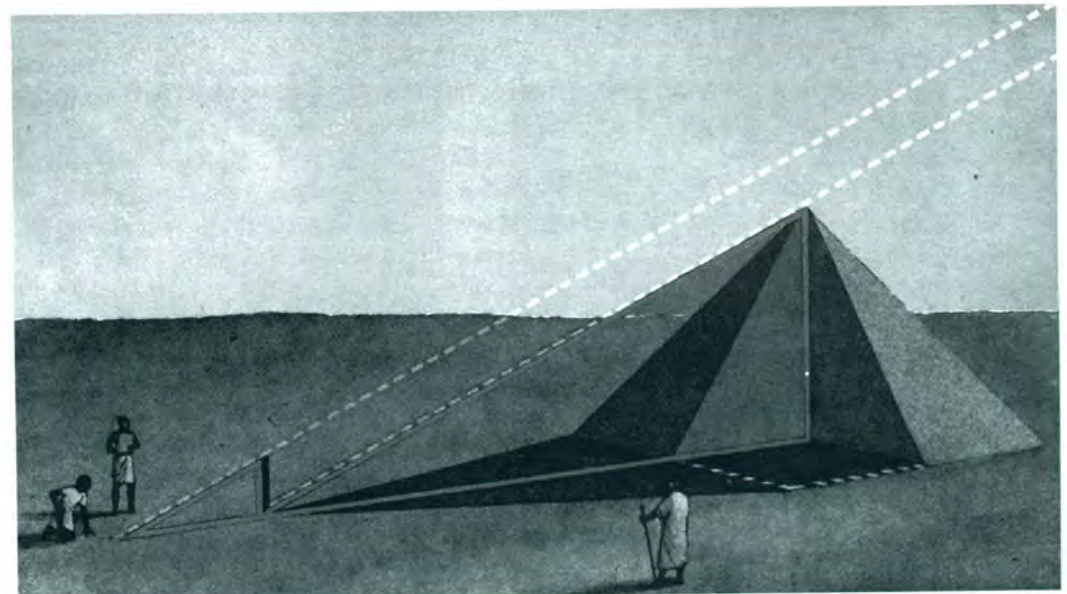
Conceptos geométricos del hombre Paleolítico, en los dibujos de varias clases de animales descubiertos en las cuevas de Altamira, España, en 1868. Las pinturas son de color ocre rojo y negro.

##### 20000 AC

Indicios de que los signos numéricos precedieron al lenguaje numérico.

##### 18000 AC

Origen de los sistemas de numeración en bases 10 ó 20, al utilizarse los

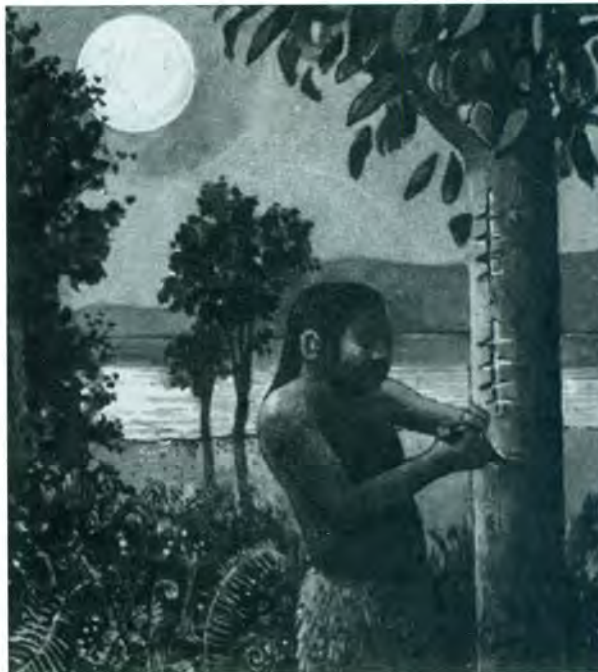


La correspondencia entre el triángulo menor y el mayor hace que la razón entre la altura de la estaca y su sombra sea igual a la existente entre la altura de la pirámide y "su" sombra, medida desde el centro de la base.



dedos de las manos y los pies para el conteo.

Los primeros calendarios se formaron con muescas para indicar las fases de la Luna.



## 15000 AC

Indicios de que el concepto de número ordinal precedió posiblemente al de número cardinal, supuestamente por motivos rituales y religiosos.

## 10000 AC

Según Herodoto, historiador griego del siglo V AC, las inundaciones del río Nilo dieron origen a la Geometría en Egipto.

## 5000 AC

Evidencias sobre los conceptos de congruencia y simetría del hombre neolítico, halladas en sus dibujos en alfarería, cestería y tejidos.

## 4700 AC

Probable origen del calendario mesopotámico.

## 4241 AC

Origen hipotético del calendario egipcio.

## 4000 AC

En Mesopotamia se inventa la escritura cuneiforme, el sistema no alfabético más antiguo conocido hasta la fecha. Los signos, en forma de cuña, se inscribían sobre arcilla blanda que luego se endurecía con calor.

## 3500 AC

En Egipto se inventa la escritura jeroglífica, el segundo sistema más antiguo de representación gráfica de ideas. Para escribir utilizaban generalmente el papiro, planta de hojas largas y estrechas.

## 3000 AC

Probable invención del ábaco —primer dispositivo digital de cálculo— por los chinos, japoneses e hindúes.

En Mesopotamia y Egipto se inicia la utilización de la rueda.

## 2800 AC

Conceptos de lo que hoy llamamos

cotangente circular y de triángulos rectángulos semejantes, en la construcción de la pirámide de Keops, en Egipto.

## 2770 AC

Probable introducción del calendario egipcio de 12 meses de 30 días cada uno, complementados con 5 días adicionales de fiestas. El calendario se basó en que las inundaciones periódicas del valle del Nilo tenían lugar poco después de que la estrella Sirio salía por el Este justo antes que el Sol, hecho que ocurría cada 365 días.

## 2700 AC

Origen de la notación sexagesimal (base 60) en Mesopotamia, que sentó la base de la numeración posicional. El 60 es divisible por 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20 y 30, lo que facilita mucho las operaciones con fracciones. En este sistema no había un signo específico para el cero sino que se utilizaba un espacio vacío, lo que originaba ambigüedades en la numeración. El símbolo mesopotámico para el cero se inventó en el siglo IV AC pero sólo para posiciones intermedias, no terminales.

Origen de la numeración jeroglífica en Egipto, en base 10 no posicional, que utilizaba un esquema iterativo y con símbolos distintos para cada una de las primeras seis potencias de 10.

## 2670 AC

En Mesopotamia se introduce la división del círculo en 360 partes para la medición de los ángulos. Probablemente este número se adoptó por ser múltiplo de la base 60 y/o por correlacionarlo con los días del año. El arquitecto y matemático Imhotep construye la pirámide escalonada de Sakkara, para el faraón Zoser. A Imhotep se le atribuye la autoría de algunos de los problemas que aparecen en el *Papiro de Ahmes*, escrito mil años después.

## 2500 AC

Cálculo egipcio del valor de Pi como  $4 \times (8/9) E2$  (aprox. 3,1605), deducido de que el área de un círculo de 9 unidades de diámetro es igual al área de un cuadrado de 8 unidades de lado. En Egipto se conocía que el área de un círculo es a la longitud de su circunferencia como el área del respec-



tivo cuadrado circunscrito es a su perímetro.

## 2200 AC

Operaciones con números fraccionarios en Egipto utilizando fracciones con numerador 1, o sea expresando el inverso de los números naturales. Por razones no conocidas, las fracciones no unitarias (numerador mayor que 1), eran expresadas como la suma de fracciones unitarias, utilizando muchas veces complicados procedimientos.

Probable conocimiento entre los egipcios e indios de algunos triángulos rectángulos y del hoy llamado *Teorema de Pitágoras*, matemático griego que vivió 16 siglos después.

## 2100 AC

Operaciones con progresiones aritméticas tanto en Egipto como en Mesopotamia.

En egipto se resuelven problemas que involucran ecuaciones de 2º gra-

do, y calculan las áreas del triángulo y del trapecio isósceles utilizando los conceptos de traslación y congruencia.

## 2000 AC

En Mesopotamia se desarrolla el cálculo con números fraccionarios utilizando la numeración posicional en base 60. Hasta la época del Renacimiento, ésta ha sido una de las más grandes contribuciones de la antigüedad al cálculo numérico.

Los mesopotamios elaboran tablas de números naturales y sus inversos, utilizadas para multiplicar y dividir, respectivamente. Así mismo elaboraron tablas de cuadrados, raíces cuadradas, cubos y raíces cúbicas, para efectuar estas cuatro operaciones, interpolando linealmente para valores intermedios.

Los egipcios introducen la ciferrización (símbolos para números) en su escritura hierática, utilizando un signo especial para  $\frac{2}{3}$ , única fracción no unitaria usada en sus cálculos.

## 1890 AC

Origen del documento egipcio llamado *Papiro de Moscú* o *Golenischev*, cuyas dimensiones aproximadas son 6 metros por 7 centímetros. Está escrito en notación hierática y contiene varios problemas matemáticos.

Entre los varios problemas resueltos en este Papiro se encuentran el cálculo del volumen de un tronco de pirámide de bases cuadradas y el cálculo del área de una semiesfera. Esto último es quizá el más significativo aporte de la matemática del antiguo egipto.

## 1800 AC

En Mesopotamia, concepto incipiente de logaritmos en base 9, 16, 100 y 125, al utilizar interpolación lineal para resolver problemas de interés compuesto.

Los mesopotamios utilizan procedimientos algorítmicos —aproximaciones sucesivas— para el cálculo de



**Promoción y Gerencia de Proyectos**

**Construcción de Edificios**

---

**Calle 57 No. 4-09**  
**Tel.: 3107217**  
**Fax 2129800**  
**Bogotá - Colombia**

raíces cuadradas, usando el concepto de lo que hoy llamamos *Binomio de Newton* con exponente fraccionario. Con este sistema calcularon la raíz cuadrada de 2 con bastante exactitud.

Desarrollo en Mesopotamia de importantes tópicos matemáticos en Aritmética, Álgebra y Geometría. En Álgebra fueron muy superiores a los egipcios. Como aún no existía el alfabeto, para generalizar conceptos utilizaban palabras como "longitud", "anchura", "área", "volumen".

Los mesopotamios solucionaban ecuaciones lineales simultáneas y ecuaciones completas de 2º grado de raíces positivas (los números negativos no se conocían aún). Para ello utilizaban el concepto de la fórmula general moderna y los principios de transformación de ecuaciones y factorización.

A las ecuaciones cuadráticas de 4º y 6º grados las trataban y solucionaban como a las de 2º grado.

Solucionaban ecuaciones cúbicas de la forma  $XE^3 + XE^2 =$  Cons-

## UPEC LTDA

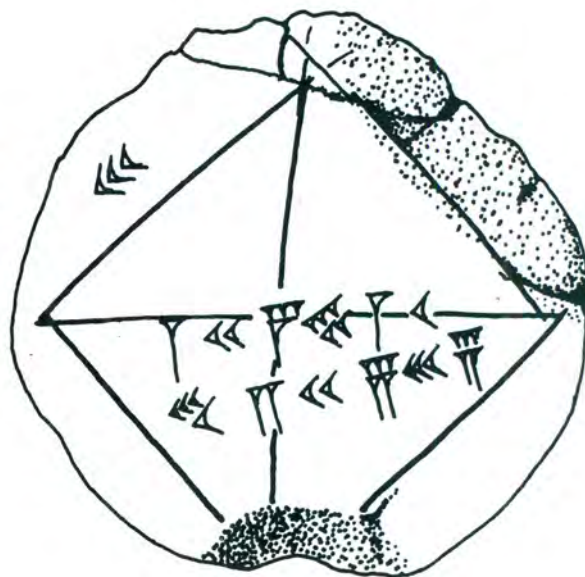
### INGENIEROS CIVILES

RICARDO PEREZ R.  
MAURICIO CORTES R.

**Diseño y Construcción de Estructuras**

Calle 94 No. 15-19 • Oficina 204  
 Tel: 256 59 03 • Fax: 236 97 11  
 Santafé de Bogotá, D.C.





Fotografía, en tamaño natural, de una tablilla mesopotámica que muestra un cuadrado, sus diagonales y sus valores en escritura cuneiforme en base 60.

Figura explicativa de la tablilla  
 $a = (30;0)_{60} = (30)_{10}$   
 $b = (1;24,51,10)_{60} = (1,4142)_{10}$   
 $c = (42;25,35)_{60} = (42,4264)_{10}$

tante, interpolando linealmente en tablas previamente calculadas de  $NE3 + NE2$ , siendo  $N = 1, 2, 3$ , etc.

Conocían bien el hoy llamado *Teorema de Pitágoras* y lo aplicaban en la solución de numerosos problemas y en la elaboración de tríadas pitagóricas irreductibles. Estas tríadas son números enteros, primos relativos entre sí, que cumplen con el mencionado teorema.

En las tablas donde enumeran las tríadas, aparece el concepto de lo que hoy llamamos *Secante Circular*, hecho que puede considerarse como un incipiente origen de la Trigonometría, que también se insinuó un milenio antes en la construcción de la pirámide de Keops en Egipto.

Conocían el concepto de semejanza y lo aplicaron a la solución de problemas en triángulos rectángulos semejantes, y calculaban correctamente el área del trapecio isósceles.

Para los polígonos regulares de 3, 4, 5, 6 y 7 lados, calcularon la relación entre las áreas y los cuadrados de los respectivos lados.

Determinaban la diagonal de un cuadrado multiplicando el lado de éste por la raíz cuadrada de 2, y calculaban el volumen del tronco de pirámide.

Posiblemente conocían que la suma de los cubos de los primeros  $N$  números naturales es igual al cuadrado de la suma de dichos números.

Calcularon el valor de  $\pi$  como 3,125, y multiplicaron dos números aplicando el principio de que su producto es igual al cuadrado de su semisuma menos el cuadrado de su semidiferencia.

Conocían uno de los hoy llamados *Teoremas de Tales*: El ángulo inscrito en un semicírculo mide 90 grados. Tales fue un matemático griego que vivió muchos siglos después.

Se cree que conocían el siguiente principio para determinar las tríadas pitagóricas irreductibles:

– Si  $P$  y  $Q$  son números enteros tales que:

$P$  es mayor que  $Q$   
 $P$  y  $Q$  son primos relativos  
 $P$  y  $Q$  no son ambos impares

– Entonces la tríada irreductible es:

$X = PE^2 - QE^2$   
 $Y = 2PQ$   
 $Z = PE^2 + QE^2$

Calculaban el radio del círculo circunscrito a un triángulo isósceles, conociendo los lados del triángulo.

#### 1650 AC

Egipto. Origen del *Papiro de Rhind* o de *Ahmes*, que tiene varios proble-



mas sobre aritmética, álgebra, geometría, y tablas de fracciones no unitarias descompuestas en fracciones unitarias. El papiro mide unos 6 metros por 30 centímetros y actualmente se encuentra en el Museo Británico. En este papiro se solucionan algunas ecuaciones de tipo algebraico, ya que se calculan cantidades desconocidas (incógnitas) utilizando lo que hoy llamamos "método de la falsa posición". Algunos de los problemas del papiro datan de siglos anteriores; en todos los casos cada problema se trata individualmente y en ninguno se observa una generalización de los métodos utilizados, característica que es también común en la antigua Mesopotamia.

#### 1350 AC

Invencción del alfabeto fenicio del cual se supone que se desarrollaron todos los alfabetos conocidos.

#### 1100 AC

Posible origen del *Chou Pei*, el más antiguo documento chino sobre temas matemáticos. En él se revela que en China la geometría surgió de la agrimensura, y que el teorema pitagórico era tratado algebraicamente por los chinos. Algunos autores sitúan el origen de este documento mil años después.

(Esta cronología continuará en la siguiente edición de la revista)



**CEDIEL**  
**INGENIEROS**  
**ASOCIADOS LTDA**

## INTERVENTORIA GERENCIA DE OBRA ASESORIAS

Calle 124 No. 9B - 13  
Tel: 612 46 04 Fax: 620 94 26  
Santafé de Bogotá Colombia



*Educamos para  
construir futuro  
con sentido humano*

# ConConcreto S.A.

#### Medellín

Cra 42 No. 75-125 (Itagüi) Autopista Sur  
A.A. 177 (Medellín) Conmutador: 281 29 77  
Fax: (94) 372 08 57

#### Santafé de Bogotá

Cra 6a. No. 115 - 65 Of.: 308  
A.A. 21702 Tel.: 620 21 66  
Fax: (91) 214 63 33

#### Cali

Cra 100 No. 16 -20  
Edificio Av.100 piso 7  
Tel.: 923 331222



# Otto de Greiff

## Semblanza de un ser excepcional

Ing. Ramiro Cabal Sanclemente

**A**punto casi de enviar a las prensas el material de la presente edición de la Revista, nos sorprende con profundo dolor la noticia de la desaparición del Maestro, acaecida el pasado jueves 31 de agosto.

Dotado de poderosa inteligencia, asombrosa capacidad de análisis, ornado de excelsas virtudes entre las cuales hay que destacar su ilimitada generosidad, su bondad, su sencillez, la sencillez de los grandes y hombre sabio como pocos, nada que se relacione con las artes y las letras fue ajeno a su conocimiento ni ningún campo científico fue tierra vedada a la sana curiosidad de su espíritu. Pero fueron la música, la gran música y Euterpe, musa del Parnaso presidido por Apolo, las deidades predilectas en su larga, fecunda y ejemplar existencia.

Ingeniero, egresado de la Escuela de Minas de Medellín, desarrolla en un principio la actividad profesional en su nativa Antioquia y poco tiempo después pasa al Departamento del Valle a trabajar en el Ferrocarril del Pacífico, en el diseño, trazado y rectificación de vías. El ferrocarril es en esos momentos la única vía de enlace de las ciudades vallecaucanas con su capital, y de esta con el puerto de Buenaventura. Gratamente acogido y altamente apreciado por la sociedad vallecaucana, el Maestro conservaba muy vivo el recuerdo de sus amigos de Cali, uno de los cuales fue mi suegro, Don Luis Domínguez

Sánchez, "El Cojo" Domínguez.

Mil quinientos pesos ahorrados y bien administrados le bastan y le sobran a Otto para viajar y visitar varios países europeos durante año y medio; ¡milagro del poder adquisitivo del peso colombiano de la década de los veinte! Su principal objetivo es el de entrar en contacto con el gran mundo cultural de la Europa posterior a la *Belle Époque* y establecer relación directa con músicos ejecutantes, autores, directores e intérpretes solistas y de agrupaciones de música de cámara, en vez de resignarse a las todavía muy imperfectas versiones discográficas. Es la aplicación a la música de la sentencia de Humboldt: "No puede decir que conoce un país sino aquél que haya bebido el agua de sus manantiales".

De esa época data su cálida amistad con Wilhelm Backhaus, el famoso pianista alemán que vendría después a Bogotá a ofrecernos en forma impecable el ciclo completo de las 32 sonatas para piano de Beethoven, o con el legendario cellista catalán Pau (Pablo) Casals, director de los Festi-







vales de Perpignan y de Prades, quien le pregunta a Otto en su primera entrevista “en dónde había aprendido a hablar tan bien el español”. Claro, el maestro Casals, a juzgar por el nombre y apellido de su interlocutor, lejos estaba de suponer que Otto fuese alguien tan nuestro, tan colombiano como Ignacio Perdomo Escobar, Guillermo Uribe Holguín, Antonio María Valencia, José Rozo Contreras y de generación posterior Luis Antonio Escobar, para no citar sino unos cuantos nombres de colombianos ilustres en el campo de la música.

Poseedor ya de una respetable discoteca y de una impresionante colección de autógrafos, enriquece con la primera y con la de su hermano León, el famoso poeta, las audiciones y programas de la Radiodifusora Nacional, fundada el 10. de febrero de 1940, situada en las cercanías de la calle 26 con Avenida Caracas, que opera en la banda de 49 metros y se sintoniza en el Valle del Cauca con la potencia de una estación local.

Apenas adolescente, inicialista del bachillerato, recuerdo las audiciones en Buga, en casa de los Renjifo Illera (Elvia, José Vicente), o de los Romero Lozano (Bernardo, Armando, Alfonso, Nelson, Daniel), o de los Martínez Cifuentes (Máximo, Fernando Antonio, Fabio, Gonzalo), o de los Ospina Cabal (Luis, Carlos Augusto), en aparatos R.C.A., Punto Azul, Telefunken y General Electric, monstruos de válvulas (tubos), pues estaba todavía muy lejana la época de los transistores.

Este devoto admirador del Maestro, modesto estudiante de provincia, tiene el privilegio de conocerle ya como Secretario General de la Universidad Nacional, bajo la rectoría de Gerardo Molina. Es entonces cuando el hombre, el científico absorto en el estudio y dedicado al culto de los valores intelectuales, a quien muy probablemente no ha llamado la atención la idea de contraer matrimonio o considerado esa posibilidad como algo muy remoto, da su brazo a torcer y sucumbe embrujado ante el encanto de una hermosa trigueña, doña Noemí Aguirre, secretaria de la rectoría. De la feliz unión, doña Ilse es síntesis afortunada de los atributos y cualidades de sus progenitores.

Organiza el Maestro en 1945 un ciclo de audiciones didácticas para estudiantes universitarios en el Teatro Colón. Es imborrable la doble y feliz impresión ante su sencilla disertación, reveladora de vasta erudición y las ilustraciones a cargo de la orquesta, escuchada en vivo por primera vez, en la ejecución de obras completas del repertorio clásico. La orquesta de entonces, pequeña nu-

méricamente pero rica en calidad interpretativa es dirigida por Guillermo Espinosa, notable músico cartagenero, quien será más tarde solicitado en Washington como Director Musical de la Unión Panamericana.

Poco tiempo después organiza otro con motivo de la venida a Bogotá del Ballet Ruso de Montecarlo. Al margen de su actividad como profesor de cálculo y otras materias afines en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, el Maestro no descuida su misión de apostolado e infunde y estimula el amor por la música entre las nuevas generaciones de estudiantes. Más tarde aparecen, en grabaciones, su “Curso de apreciación musical” y de “Historia de la música”, que se transmiten por la radio; concede entrevistas para la radio y la televisión; asiste con pocas excepciones a los conciertos del Colón, de la Sala Luis Ángel Arango, del auditorio León de Greiff y de otras salas de música de la Capital y son de obligada lectura sus “Comentarios Musicales” de los martes en el principal diario del país, *El Tiempo*, de Bogotá.

## ANÉCDOTAS

División de la música.  
Invitación de Barba Jacob.  
Presentación Rochester Takeúchi.  
¿Ya hizo la tarea?  
Preferencias negativas.  
Las columnas

Proverbial en su fino sentido del humor. Trataré de consignar en estos apresurados renglones algunos ejemplos.

Preguntóle un amigo en reunión de confianza cómo podría considerarse dividida la música. Con picardía oculta detrás de su habitual seriedad le respondió: “La música se divide en: la buena y la mala. Aun cuando cabría una tercera clasificación: la peor”.

En un encuentro ocasional en Medellín fue invitado por el poeta Barba Jacob a comer en un restaurante un suculento plato de fríjoles con espagueti. Terminado el almuerzo pregunta Otto al bardo de Santa Rosa de Osos: bueno, Miguel Ángel, ¿cómo te parecieron los espaguetis? A lo cual responde éste con significativo movimiento de su puño: Muy buenos, ahora lo malo es el “paguetis”.

En reunión con ocasión de la presentación de los nuevos profesores de la Universidad Nacional Howard Rochester, súbdito británico, y del matemático nipón Yu Takeúchi, se acerca a ellos Otto y señalándolos simultáneamente les dice con genial laconicidad: Howard, Yu.

Gran aficionado al ajedrez, primer instructor de su sobrino Boris, futuro campeón, lo vimos varias veces tomar parte en simultáneas que ofrecían en la cafetería de las residencias de estudiantes de la Ciudad Universitaria los Maestros Luis Augusto Sánchez y Miguel Cuéllar Gacharná. Duro de vencer, logró “tablas” en más de una



ocasión. Dos estudiantes de la Universidad eran en ese momento los mejores ajedrecistas: Hermes Paixao e Silva, brasileño, de Ingeniería, y un muchacho Pardo, ibaguereño, cuyo nombre se me escapa, de Medicina.

Pero también lo era, y mucho, a la resolución de crucigramas. “¿Ya hizo la tarea?” preguntaba a Leopoldo Guerra Portocarrero o a Gustavo Perry Zubieta o a Hernando Franco. Cada uno debía haber “trabajado” al alborar el nuevo día “contra” el crucigrama de Fraylejón y en las horas de la tarde, después de clases y al aroma y al sabor del tinto se reunía “el equipo” en el Laboratorio de Ensayo de Materiales para descifrar los enigmas que hubieran resistido invulnerables el ataque de “las fieras”.

Alguien le preguntó una vez si acaso había alguna obra musical que no fuera de su completo agrado. Con sorpresa supimos que sí; dos de autores rusos, la obertura de Ruslan y Ludmila de Miguel Glinka “el padre de la música rusa” y la obertura de la Gran Pascua Rusa, de Rimsky Korsakov le caían un poco “pesadas”. (Aquí me atrevo a discrepar muy democráticamente...). Pero, curiosamente y dicho sea de paso, se ha sabido que también a los grandes maestros les ha sucedido algo semejante, han sentido cierta antipatía por algunas de sus propias obras. Les ha disgustado que alguna obra que ellos no han juzgado de primera importancia, haya merecido rápidamente el favor del público. Tal es el caso de Beethoven con su *Fantasia para piano, coros y orquesta*, de Tchaikovsky con su *Obertura 1812*, de Ravel con su *Bolero*; o de Rachmaninov con su *Preludio en Do sostenido menor*.

Conocedor de idiomas, la lengua castellana no guarda para él secreto alguno, pero también domina el alemán, el inglés, el francés, el italiano, el portugués, además del latín y el griego. Para un disco de la *Deutsche Grammophon* prensado en Colombia, que contiene obras de autores españoles del siglo XVI, no se dispone

del texto original español del análisis de las obras, escrito por Don José María Navarro de Adriaenses, pero en cambio sí se obtiene la versión en alemán, con lo cual no nos perdimos de nada. Con su característica discreción, Otto nos lo presenta como “Traducción de la traducción alemana”.

A Eduardo Silva, nuestro rector, en una de sus visitas al Maestro, le confiaba que estaba sufriendo mucho de “las columnas”, la segunda de las cuales, de tanta o aún mayor importancia para él que la propia, era la de los martes en *El Tiempo*, en la que hubiera querido seguir, con menor retraso, el acontecer musical de Colombia y del Mundo.

Otto leía, leía, pero lo extraño y admirable a la vez, es que lo hacía en las circunstancias más insólitas; se movía ágilmente y ¡leía caminando!

El libro que acababa de comprar, en una de las librerías del centro, comenzaba a ser devorado en la carrera 7a., en el trayecto hasta el parque de San Diego, donde tomaba el bus de regreso a la Ciudad Universitaria. (Hombre desprovisto de toda vulgar ambición material y ajeno a toda vana ostentación, vivió siempre en la misma casa de la calle 45 y nunca pasó por su mente la idea de tener vehículo propio). Varias veces fuí testigo de esta hazaña de lectura y no vacilo en calificarla como tal, por más que se tratara de la Bogotá de 450.000 habitantes de finales de la década del 40.



Este sentido del aprovechamiento útil de horas, minutos y segundos me da pie para un último comentario que pudiera parecer baladí, de la mano de un aprendiz, pero que sería celebrado de la pluma de un Germán Arciniegas. En el super-ultra-remotísimo supuesto hipotético caso (y bien valgan la pleonástica redundancia y el gigantesco desafuero gramatical), de que alguna vez Otto hubiera tenido la tentación de cometer una maldad, pues, no habría podido... porque, sencillamente.... ¿con qué tiempo?

Definitivamente, el mundo cultural iberoamericano ha sufrido irreparable pérdida. Otto de Greiff es, sin lugar a duda, desde todo punto de vista, humano, científico y cultural, un personaje inolvidable

## IB AATécnicos

### NO DEJE DETERIORAR SU EQUIPO



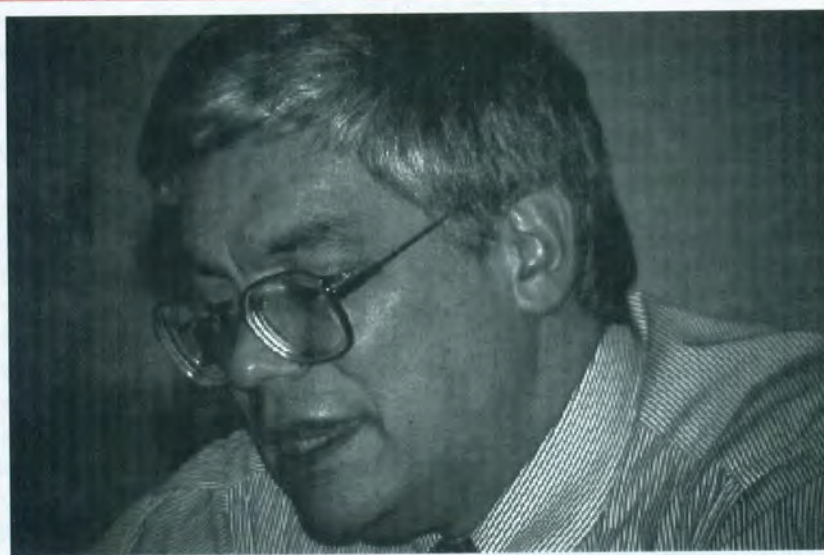
Servicio técnico  
de equipos de  
oficina y suministros

Cra 15 No. 95 - 34 primer piso - Tels.: 610 52 67 - 610 51 85



# El poder está en el trámite

Después de conversar con el doctor José Fernando Isaza, es imposible desconectar la mente. Ya había ocurrido al mirar su notable hoja de vida que incluye actividades económicas, científicas, administrativas, artísticas, literarias y otro tanto más. La impresión inicial es la de la mente de un hombre brillante, sensible, humano, y quizá silencioso o reservado. Pero esta última idea cambia cuando se adentra en una conversación y expresa tantas y prolíficas ideas en ágiles frases que hacen imaginar la geometría y el concepto estético del pintor Piet Mondrian. El aprendizaje se constituye en un andamiaje matemáticamente construido, en una mezcla de la cultura oriental y la occidental. A la vez



también tiene que pensar en algún tema de su estudio, como la Teoría del caos o las catástrofes y de cómo con sutiles cambios podríamos transformar las realidades sociales y personales. José Fernando Isaza se desempeña actualmente como Presidente Ejecutivo de la Compañía Colombiana Automotriz Mazda. Nació en Manizales y obtuvo el título de Magister en Matemáticas puras de la Universidad de Strasbourg; el título de Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional, de la que fue el mejor alumno al ingresar y durante su permanencia como estudiante, y obtuvo también recientemente en la misma la Maestría en Física teórica.

En su extenso *currículum* profesional aparecen cargos como los de miembro del Energy Research International Development Research Centre and United Nations University, Presidente de la Asociación Colombiana de Productores de Grasas, Ministro de Obras Públicas y Transporte, Presidente de la Empresa Colombiana de Petróleos ECOPEPETROL, y Gerente General del IFI.

Su relación con la academia colombiana y el área de la investigación lo ha llevado a estudiar temas como la Astrofísica, la Teoría de sistemas cuánticos, la teoría general de la relatividad, y los sistemas dinámicos-Teoría general de catástrofes. Ha escrito numerosos libros y artículos

de diversos temas económicos, académicos y científicos.

Ha pertenecido a importantes juntas directivas de carácter empresarial y cultural y actualmente es profesor de Sistemas dinámicos-Campos electromagnéticos y Teoría de la relatividad de la ECI. Nos concedió gentilmente una hora de su nutrida agenda, previa a un concierto de Valeriano Lanchas. En este breve tiempo (que se prolongó a más de una hora) le planteamos temas importantes que él respondió con un acento manizalita y bastante eufórico, tal vez como en sus clases sobre Teoría del caos y demás vericuetos de la hermosa matemática.



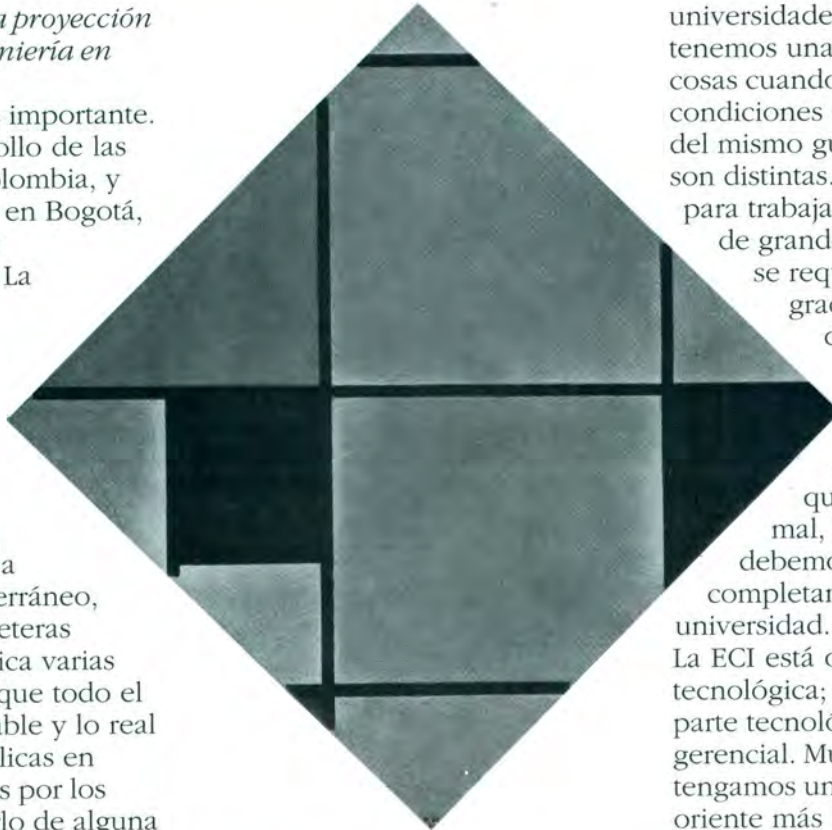
*¿Tiene una verdadera proyección la educación en ingeniería en Colombia?*

Hay un punto que es importante. Si miramos el desarrollo de las obras públicas en Colombia, y muy particularmente en Bogotá, cualquier observador encuentra una crisis. La sociedad plantea, posiblemente con información limitada o equivocada, que los 130 años de ingeniería en Colombia no fueron capaces de construir a tiempo un paso subterráneo, un puente, o las carreteras modernas. Esto implica varias cosas; la primera es que todo el mundo se cree culpable y lo real es que las obras públicas en Colombia construidas por los ingenieros, por decirlo de alguna forma, son de una precariedad infinita.

Lógicamente esto tiene una contraparte en los problemas administrativos y financieros que son gravísimos. Pero estos problemas son inherentes en cualquier parte del mundo; la ingeniería no es simplemente mover tierra, es todo un proceso administrativo y tecnológico y Colombia no se escapa de ello.

*¿En otros países se caen los puentes de la misma forma que ocurrió en Cartagena?*

En Corea pasa mucho; se caen puentes, edificios, construcciones, porque el problema de la corrupción no solamente ocurre en Colombia. Aquí se caen los puentes por una mezcla de problemas administrativos, interventoría, diseño, llámelo como quiera, pero la verdad es que no se caen tanto.



Piet Mondrian "Composición diagonal" 60,1 x 60,1 cm.

*¿Cómo abordar este problema desde el ámbito académico?*

Esto quiere decir dos cosas. Primero, hay que repensar la carrera de Ingeniería. Posiblemente la carrera estaba concebida para un país con obras públicas pequeñas, limitadas, sin tantas exigencias; ahora esto cambió de veras y la sociedad está poniendo en duda la capacidad de los profesionales del área que se están graduando. Igualmente, tenemos que plantearnos que hay varios tipos de ingeniería que uno considera. Tenemos la ingeniería administrativa, la técnica y la de investigación; aunque se tocan mucho, estos tres campos son diferentes. Muchas veces los estudiantes no saben cuál es el campo que les interesa y cuál el de su vida profesional; las

universidades tampoco lo saben; tenemos una mezcla de las tres cosas cuando perfectamente las condiciones académicas y aun las del mismo gusto por el estudio son distintas. Es muy posible que para trabajar con éxito en diseño de grandes obras en Colombia se requiera no un simple grado de ingeniería sino que se deba pensar en la especialización; eso es posible. Lo que sí es claro es que, para bien o para mal, hubo crisis y debemos repensar completamente las carreras y la universidad.

La ECI está orientada a la parte tecnológica; debe enfatizar en esa parte tecnológica, administrativa y gerencial. Muy posiblemente tengamos universidades donde se oriente más hacia la parte investigativa, académica y de principios básicos, y que sin otra experiencia se les pueda soltar la construcción de puentes que terminen cayéndose. Definitivamente lo que debemos hacer es replantear la universidad.

*¿Plantear el cambio de la educación desde el pregrado?*

Debemos plantear dos tipos de universidad, uno en el cual se orienta hacia la investigación donde la persona que entra sabe que con su título de pregrado no va a ejercer la carrera porque va buscando una especialización hacia el área investigativa; y otras carreras orientadas a la parte tecnológica que van dando grados que permiten ir ejerciendo la profesión y que no necesariamente, por muchos factores, se van a orientar a la parte investigativa. Se trata de dos cosas completamente distintas; aquí las mezclamos y hemos



logrado crear unos enredos muy fuertes; muchas veces a una persona le interesa la parte investigativa y la atosigamos con tecnología que ni le va ni le viene, y a las que les interesa un desarrollo tecnológico y gerencial y no investigativo no se les facilita ese resultado. Debemos separarlas desde el pregrado.

*¿Cómo plantea su cátedra en la Escuela?*

Lo que yo dicto en la Escuela siempre ha sido la parte de ciencias básicas y he tenido la precaución de decirle a los estudiantes que nunca pregunten para qué sirve esa materia. No les va a ayudar a construir un puente mejor, pero la idea sí es que el estudiante se oriente un poco a la investigación. Creo que algunos se han aburrido con esos cursos de Relatividad y Teoría cuántica, de Lógica matemática, que no tienen que ver con la tecnología o la ingeniería; es simplemente que yo creo que una persona que estudie en una universidad por lo menos debe enterarse de lo que está pasando en el mundo, que existen personas que están pensando una serie de cosas importantes. Desde luego hay gente que se interesa pero sería un poco pretencioso pensar que

**Creo muchísimo en la importancia de aplicar algunas materias de toque humanístico que les hace mucha falta a los ingenieros.**

con dos semestres pueda ocurrir un cambio radical. La idea de estos cursos es simplemente que algún día, cuando cojan una revista o estén haciendo una licitación de esas que son tan aburridoras, descansen leyendo la revista y la entiendan. Estoy muy consciente de que no puedo enseñarles a hacer un puente porque a mucha de la gente que estudia ingeniería no le interesa y es correcto que no le interese. Creo muchísimo en la importancia de aplicar algunas materias de toque humanístico que les hace mucha falta a los ingenieros; algunos son muy aburridos. La vida de un ingeniero no es simplemente preparar una licitación.

**Yo creo que una persona que estudie en una universidad por lo menos debe enterarse de lo que está pasando en el mundo, que existen personas que están pensando una serie de cosas importantes.**

*Bajo estas consideraciones, ¿cree que estamos muy atrasados en entender que arte y ciencia son una sola cosa?*

Nunca he entendido si existe una diferencia. Si leemos a los físicos y a los matemáticos, su desarrollo es totalmente artístico. Si miramos todo el expresionismo pictórico, o expresiones estéticas pictóricas y musicales, concluimos que esto es lo más parecido al pitagorismo, donde música, pintura, arquitectura, matemática pura y física teórica son una misma.

*Pero obviamente no se comprende de esta manera en los sistemas educativos. ¿Cómo podríamos recordar que esto se da de tal forma?*

Desde luego, explicándolo. No está entendido así porque a la gente le da un poco de temor plantearlo así. Le dije que estábamos viviendo un pitagorismo, pero cojamos un ejemplo más reciente, el Renacimiento; si miramos la filosofía, el desarrollo de la ciencia y el arte del Renacimiento están totalmente entremezclados. Hoy, si miramos todos los desarrollos de la física, el único concepto que aparece siempre es estético; y si el concepto estético no se da, nadie continúa con ese desarrollo. Lo mismo ocurre en matemáticas; el norte que guía la investigación es el concepto estético o artístico, si se quiere.

*¿Qué tipo de vivencia personal tuvo como primer estudiante de la Universidad Nacional, bajo estos parámetros?*

Como existían tantas carreras en la Universidad Nacional, la parte estética y la ingeniería no eran tan extrañas; era muy normal salir de las clases de ingeniería y marcharnos a las clases de Iniciación musical o de Historia del arte, y las clases



de Filosofía griega estaban dentro del *currículum*; no sé si fuimos buenos ingenieros, pero por lo menos nos divertíamos mucho y la vida nos permitió tener una gran flexibilidad lo cual era muy importante porque en ese momento había las carreras de Administración o Economía que apenas se esbozaban y nosotros nos dedicamos a diferentes temas; pero sí le puedo asegurar que no nos aburríamos; nos aburrimos ahora.

*¿Por qué los aportes en becas que ofrece la Mazda son destinados exclusivamente a la música y a la matemática y en pocos casos a la física?*

Le voy a precisar aún más. Es únicamente en música clásica, física teórica y matemáticas puras. Si diéramos esas becas a música o tecnología en general, obliga que la gente haga la pregunta. Creo que es bueno que la gente se pregunte si no debemos tomar algunas de las cosas buenas que tuvo el desarrollo helenístico; ésas son las tres áreas del desarrollo helenístico y entonces por lo menos la gente se pregunta: ¿y esto por qué diablos? La respuesta es sencilla; creo que es bueno que el siglo XX mire los orígenes de este desarrollo, de esas tres áreas que eran una sola. Sobre esto se constituyó la civilización griega, la filosofía de la cual aquí confirmamos que somos herederos.

**No** creo que intrínsecamente el sector público sea mal administrador y el privado bueno; lo determinante es si hay monopolio o no lo hay.

*¿Continúa pensando que el poder está en el trámite?*

Mire simplemente todas las disculpas de por qué no se hicieron las obras públicas y siempre verá que no les tramitaron algo a tiempo. Sigo pensando en eso; entre más bajo sea el nivel de la persona, considera que su poder está en el trámite. Le doy un ejemplo: trate de que le pongan una línea telefónica; cualquier persona que lo intente entiende rápidamente esto.

*¿Se trata de una nueva forma de poder?*

Es el poder. Un Estado regulatorio, que controla, no puede cambiar fácilmente esto. Cuando es tan regulatorio interviene mucho en la vida del ciudadano, si esto no se cambia. Tenemos últimamente unas

modificaciones un poco positivas, pero si miramos ocho o nueve años atrás, para una licencia de importación era el Estado el que le decía "yo a usted lo hago rico o pobre"; cualquiera entendía que el poder estaba en el trámite. Cuando existían los créditos subsidiados, se movían únicamente por los tramitadores; una licencia de construcción está en el trámite. Mientras el Estado, que no es capaz de resolver los problemas de seguridad y justicia, quiera meterse a resolver todos los otros problemas, el poder está en el trámite. Eso no es una cosa nueva; es inherente a nuestro desarrollo económico; ojalá se cambiara. En Perú hubo cambios y en Argentina y Chile igualmente; pero países como Ecuador, Colombia y Venezuela son muy parecidos. Debemos reconocer que aquí se han hecho intentos por cambiar; la regulación ha mejorado, pero naturalmente eso es cíclico.

**M**ientras el Estado, que no es capaz de resolver los problemas de seguridad y justicia, quiera meterse a resolver todos los otros problemas, el poder está en el trámite.

*¿Cuáles serían los efectos de una privatización en el sector eléctrico colombiano?*

El problema en los servicios públicos no es de privatización. Es de monopolio o no monopolio. En esto no hay que ser tan maniqueo y decir que el sector privado es eficiente y el público es ineficiente; lo que se puede decir es que los monopolios son ineficientes y que cuando hay competencia hay más eficiencia. Una privatización con un esquema monopólico sería



muy grave y no mejoraría la situación; por el contrario, podría incrementar los costos. El punto es monopolio o no monopolio, competencia, resultado de la apertura, que es casi "nueva" en Colombia, o no competencia; no creo que intrínsecamente el sector público sea mal administrador y el privado bueno; lo determinante es si hay monopolio o no lo hay.

*¿Aun con los resultados de la apertura, siendo ésta relativamente nueva en Colombia?*

Es nueva, sí; está en las importaciones, en el comercio exterior, en los servicios públicos; ese proceso es muy incipiente. Es más: si se miran los procesos de privatización que se están desarrollando, tienen unos parámetros de tome o pague que es bastante similar al monopolio. Los problemas de la privatización están en la construcción y un poco en la operación, pero no en el mercadeo. No conozco todavía ningún proyecto del sector eléctrico privado que esté sujeto a las libres fuerzas del mercado; todos tienen contrato de tome o pague. Se han buscado capitales privados, lo cual resulta interesante, y técnicas de operación privadas, pero no hay un proceso de privatización de un sector que no involucre también el riesgo de mercadeo; eso no está todavía.

*¿Cómo ve el inminente racionamiento de energía?*

Espero que no ocurra. Es muy preocupante el retraso de los proyectos eléctricos y no parece que hubiera una clara conciencia del retraso. Este año se habló de un pequeño racionamiento, pero sobre este tema únicamente se consideró del año 97 en adelante,

cuando ya será imposible echarle la culpa al verano o al invierno. Este no es únicamente un retraso de los proyectos del sector público; igualmente el sector privado está retrasado y vale la pena que esto se analice con tiempo.

*¿Qué ocurrirá en el siglo XXI sobre energía en Colombia?*

Debemos abordar primero el 97 y el 98. Hay que planificar para el siglo XXI. La sociedad no toleraría otro racionamiento.

*Autores importantes en sus lecturas, ¿cuáles?*

Muchos. Estoy leyendo a Salamano, con su *Evangelio según Jesucristo*. Me ha golpeado en lo más profundo Kensaburo Oe. Pero hay cosas más fáciles; Dorothy Parker escribe con un gran sentido del humor. También hay que citar algunos colombianos que tienen más sentido del humor cuando escriben que cuando hablan, como Germán Espinosa y Alvaro Mutis, aunque con éste no soy muy objetivo porque le tengo un gran afecto personal.

*Cuando son tan buenos como Mutis, ¿se puede ser objetivo?*

*¿Cómo le va con García Márquez?*

Sí, es extremadamente difícil ser objetivo. Y con respecto a García Márquez, es muy complicado encontrar una persona que escriba con esa maestría e imaginación; está fuera de concurso; entonces mejor no lo citemos.

*¿Qué piensa de las nuevas corrientes musicales clásicas, por ejemplo la música electroacústica?*

Le voy a ser muy sincero; aún no tengo la formación y la sensibilidad para oírla; llego hasta Lutoslanski. La dodecafonía me gusta; a Alban Berg o Schönberg los disfruto; tengo algunas pequeñas dificultades con ellos porque pongo

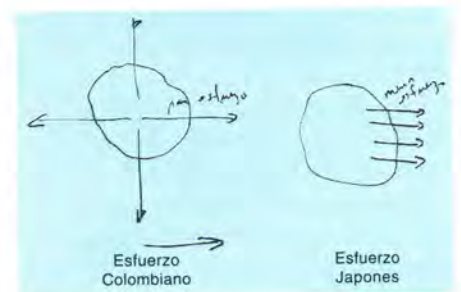
el equipo muy duro y mis hijos están estudiando; esto obliga a que se ponga algo más del clasicismo o del barroco. Espero tener un poco de tiempo y llegar a adquirir mayor gusto por la electroacústica.

*¿Conoce el sistema musical japonés?*

Tenemos aquí un punto muy complicado para el oído occidental. Tengo regular oído y no logro distinguir las escalas de frecuencia de la música del sistema japonés. Pero sí puedo decir que allí tenemos una riqueza mucho mayor que la que ocurre en la misma escala cromática.

*¿Qué afinidad tiene con la formación oriental?*

Se pueden rescatar muchísimas. La que yo quisiera señalar es la diferencia entre cómo los japoneses mueven una piedra y cómo lo haríamos los colombianos, pero eso me toca dibujárselo.



Aquí tenemos una piedra. Vamos a moverla entre cuatro colombianos y cuatro japoneses. De los cuatro colombianos cada uno hace mucha fuerza y un gran esfuerzo, porque nosotros somos muy machos y tenemos mucha malicia y cada uno la toma desde un ángulo diferente y cada uno está haciendo un gran esfuerzo. La piedra debe moverse de izquierda a derecha. Los japoneses se ubicarían todos en el mismo lado.



*¿Es cuestión de herencia española?*  
Muy posiblemente. Es violento el esfuerzo que hacemos allí. También rescataría de los japoneses la lealtad al trabajo; el japonés ante todo es leal con su empresa, su familia, su país.

*¿Cree usted que la Teoría del caos puede aplicarse a los problemas sociales?*  
Después de la II Guerra Mundial, cada país iba construyendo e invirtiendo mucho en armamento; la solución era o una confrontación o una baja del armamento. Y en un momento lo que define el esquema de confrontación entre las dos potencias es algo muy pequeño, es un problema económico en la Unión Soviética: la inversión que había que hacer para lo que se llamaba la "Guerra de las estrellas", que además demostraba que no iba a funcionar.

La URSS tenía que hacer unas grandes inversiones; el acuerdo que se hizo sin que nadie lo hubiera hecho es un ejemplo de la aplicación de la teoría de catástrofes a guerra o paz. Un proceso armamentista conduce únicamente a la guerra o a la paz; un proceso de relación personal, de pareja, por alguna cosa puede conducir a una consolidación o a una ruptura y al odio, y lo que desencadena puede ser algo

**Un proceso armamentista conduce únicamente a la guerra o a la paz.**

totalmente mínimo; éste es un buen ejemplo de la teoría de bifurcaciones que aparece tanto en Caos. Sobran ejemplos de aplicaciones a ciencias sociales de la Teoría del caos.

*¿Y la teoría y la problemática cubana?*

Es muy posible que no haya teoría, que la situación no vaya a desencadenar en bifurcación; es muy posible que la situación vaya mejorando poquito a poquito, que siga así. Yo veo una gran estabilidad; no creo que en dos o tres años vaya a haber una guerra contra Estados Unidos, o que se vaya a acabar el sistema económico. Hay muchos factores para un estado de equilibrio.



**AT&T G.I.S. combina las dos fuerzas que mueven el mundo.**

Sólo AT&T G.I.S. combina la fuerza de la computación y de las telecomunicaciones con una destreza única en el mundo y con una gran capacidad para ofrecer soluciones completas: cajeros automáticos, computadores, software, redes, puntos de venta, modems, suministros de papel, equipos multimedia, etc.

Razón de ello pueden dar importantes empresas del país que ya están utilizando este servicio y que han encontrado en AT&T G.I.S., la manera de OBTENER, MOVILIZAR Y UTILIZAR la información que les permite tener un mayor conocimiento acerca de su negocio.

**TRADUCE**  
la información en  
**OPORTUNIDADES**

Tenemos una solución para su empresa. Llámenos. Tel.: 368 55 11







*¿Y en Colombia?*

Preferiría no hablar, porque creo que puede haber una bifurcación y no sé para qué lado se da; la situación está para que se dé una bifurcación.

*¿Pero se puede repensar una nación como ésta?*

Hay que repensarla pero quienes tienen que hacerlo son los muchachos. A la vieja clase se le enredó todo, no solamente a la clase política, y no le echamos la culpa a ella; los políticos no son distintos de las personas que nosotros elegimos, o que no elegimos. Creo que a nuestra generación le queda una gran responsabilidad; casi que el país se le estaba desbaratando.

*¿Usted tuvo un líder?*

Muchos, por ejemplo en América Latina como Fidel Castro y el Ché Guevara; fueron personas que tomaron decisiones fundamentales; y en esta época definitivamente Gorbachov, Billie Brant; me parece que fue espectacular lo que hizo él. Mandela, para hablar de alguno más cerquita.

*Un maestro fundamental para usted.*

Buena pregunta. Me desfila mucha gente por la mente. Yo dividiría entre un Kurt y Einstein; el impacto más grande que he tenido ha sido con el trabajo de Goedel.

*¿En su trabajo universitario?*

Ramamuyan, un buen ejemplo de iluminado en matemáticas, tal vez el único.

*¿Qué amó siempre de la matemática?*

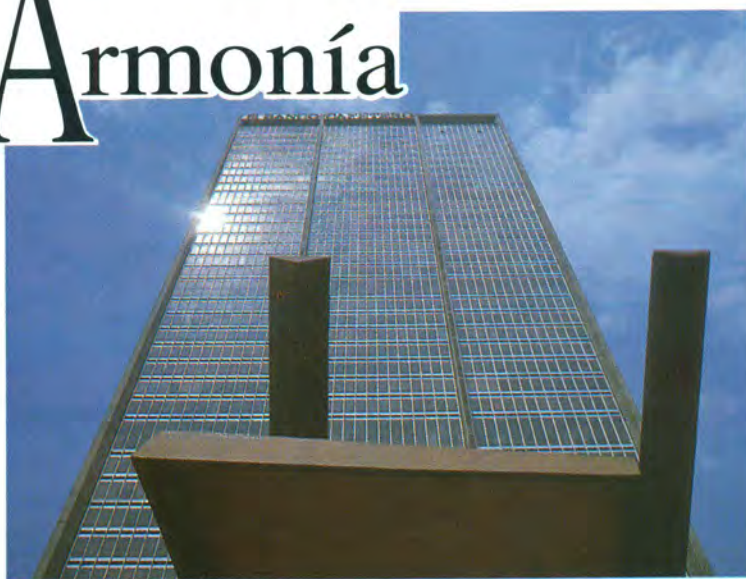
Si le dijera que la estética no me creería, de modo que no le voy a decir eso...

*Si le creo, me parece fundamental...*

Por alguna razón la geometría clásica me apasionaba por aquello de razonar sobre dibujos

## OBRAS VIVAS Armonía

**OBRAS QUE HACEN PARTE DE LA VIDA. QUE ESTAN EN ARMONIA CON LA NATURALEZA. OBRAS PARA VIVIRLAS, DISFRUTARLAS, COMPARTIRLAS. PARA ADMIRARLAS. NACIMOS PARA CREAR OBRAS VIVAS. OBRAS PARA TODA LA VIDA.**



**concretos bogota**







aunque no estuvieran bien hechos; la necesidad de la demostración, la búsqueda de la certeza; para mí en mis años de bachillerato la matemática fue la geometría euclidiana.

*¿Volvería a ser estudiante, tal como le ocurrió recientemente?*

Tengo la impresión de que no he dejado de serlo. Además, mi época de estudiante estuvo acompañada de amigos y la pasábamos muy divertido.

*¿Volvería a jugar con soldaditos, como cuando era niño?*

*¿Cree posible la humanización de la guerra antes de finalizar el siglo XX?*

Muy buena pregunta; sé que me gustaría volver a jugar, pero tal vez no a la guerra, con filas de soldaditos. Cerca de Manizales se escuchaban todas las historias de bandoleros cuando era niño; se oía hablar de Sangrenegra, Tirofijo; ésas eran historias macabras que se daban cerca de Herbeo en zona de violencia. Hoy quisiera tener tiempo para que mi hijo me enseñara los juegos del computador que me fascinan.

*¿Cree en los mitos?*

Me gustaría que los tuviésemos; sobre todo en Colombia se hace necesario un gran mito. Que recuperáramos la capacidad de la imaginación y el asombro

# Hagamos Cuentas ...

**Si alineáramos cada uno de los TUBOS que hemos vendido y han sido instalados durante estos 89 Años ...**

**... Llegaríamos a la Luna.**

**Tubería de 4" a 30" en Gres Vitrificado**  
*Materia prima Eterna*

**Canalización y conducción de aguas lluvias y residuales**

Calle 19 No. 6-68 piso 14 Comn. 334 0060 Télex: 45521 TO3 Fax: 286 8352  
A.A 4454 Ventas: 3412988 - 2860273 - 2818865 - 3427594 Santafé de Bogotá.