

NACIONES  
UNIDAS



CEPAL

# ILPES

INSTITUTO LATINOAMERICANO  
DE PLANIFICACION  
ECONOMICA Y SOCIAL

## PROGRAMA DE CAPACITACION

Documento TP/20

LOS MODELOS DE EXPERIMENTACION NUMERICA COMO INSTRUMENTO  
PARA LA ADOPCION DE DECISIONES \*

Arturo Núñez del Prado

\* El presente documento se reproduce para uso exclusivo de los  
participantes de los cursos del Programa de Capacitación.

77-11-2922

Document 77-20

THE HISTORY OF THE REFORMATION MOVEMENT  
FOR THE ADOPTION OF THE CONSTITUTION

Article 10 of the Constitution

1. El presente documento se reproduce para uso de los  
participantes en los cursos del "Programa de Capacitación

## LOS MODELOS DE EXPERIMENTACION NUMERICA COMO INSTRUMENTO

### PARA LA ADOPCION DE DECISIONES 1/

Arturo Núñez del Prado

Octubre de 1977

#### 1. Consideraciones generales

En los dos o tres últimos años ha sido puesta en circulación una nutrida bibliografía sobre las bases conceptuales y las aplicaciones de la experimentación numérica. Sin embargo, el común denominador de tal bibliografía es el supuesto que se hace del lector como un iniciado en el dominio de técnicas cuantitativas.

El presente trabajo tiene la pretensión, nada fácil de cumplir por cierto, de presentar la experimentación numérica en lenguaje de uso corriente. La dificultad es manifiesta sobre todo si se desea reflejar adecuadamente lo que este instrumento significa, sin que la sencillez conspire contra el rigor que facilita un lenguaje tecnificado. El tema, más que de actualidad, reviste caracteres de cierta urgencia; en efecto, cada día se presentan más oportunidades para enfrentar trabajos por medio de modelos de experimentación numérica. Tanto para realizar trabajos de investigación mediante este instrumento, como para interpretar con solvencia los resultados de investigaciones realizadas sobre la base de la experimentación numérica, se impone conocer su real alcance y sus limitaciones. Este trabajo tiene el propósito de mostrar sus aspectos más esenciales, tal vez despertar alguna preocupación por profundizar el estudio de esta técnica y, en todo caso, facilitar la lectura de textos sobre el particular.

---

1/ Este trabajo tiene su fuente principal en las enseñanzas que generosamente prodigó Oscar Varsavsky.

## 2. Decisión e información

Tomar decisiones racionales implica, por una parte, una identificación clara de objetivos, por otra, disponer de la información adecuada sobre las variables y agentes que tienen relación con la decisión a tomar y, finalmente, cierta capacidad para prever los posibles efectos que producirá dicha decisión. La necesidad de evaluar previamente los resultados posibles de una eventual decisión, es decir una evaluación ex ante, se facilita mucho, en el campo de la política económica y la planificación, cuando se dispone de instrumentos que permiten sistematizar este procedimiento. Ya se ha demostrado, tanto en forma conceptual analítica como en función de sus aplicaciones, que los modelos de experimentación numérica prestan una significativa ayuda a la adopción de decisiones.

Como podrá verificarse en el próximo punto, estos modelos ofrecen la posibilidad de evaluar el cambio que sufre un conjunto de variables y parámetros, cuando se toman decisiones que provocan alteraciones en los comportamientos de los agentes socioeconómicos y en el funcionamiento general de la actividad económica. Si una decisión de política económica, por ejemplo, sólo estuviera vinculada a una variable y a un tipo de agente, el modelo para la evaluación previa sería en extremo simple, y hasta tal vez no habría necesidad de hacerlo explícito. Pero ocurre que una decisión en esa esfera, sobre todo si se trata de una decisión trascendente, está vinculada a muchísimas variables y variados agentes económicos, a quienes afecta directa e indirectamente en forma mediata o inmediata, dada la interrelación de los componentes de un sistema socioeconómico.

Por otra parte, dada esa misma interrelación, una decisión tiene en unos campos efectos benéficos, pero ocurre con frecuencia que puede tener efectos perniciosos en otras áreas, y obligue a tomar nuevas decisiones que respeten los efectos benéficos originales y eliminen o al menos disminuyan los efectos desfavorables. Para ilustrar este razonamiento piénsese, por ejemplo, en la decisión que implica elevar

/una tasa

una tasa de impuesto al consumo. Habrá, por lo general, un aumento de la recaudación tributaria, lo que podría considerarse como un efecto favorable, pero cabe esperar algún alza de los precios que contrapesa aquel primer efecto. La serie de efectos puede seguir analizándose, por ejemplo, si se desea prever cómo afecta esa decisión a la distribución de ingresos reales de los distintos grupos sociales, qué modificaciones provocaría en la estructura del consumo, etc. Así, se tendrá un conjunto de efectos favorables y otro de efectos no deseables, y será necesario tomar otras medidas para eliminar o disminuir éstos últimos sin alterar los resultados positivos originales. De esa forma, se llegará a definir un sistema coherente de decisiones.

En ese contexto surgen inmediatamente ciertas interrogantes: ¿cómo determinar, aunque sea aproximadamente, los efectos de cada conjunto de decisiones? Además, ¿cómo tener indicaciones que den alguna idea cuantitativa acerca de esos efectos para facilitar la evaluación ex ante? Los modelos de experimentación numérica ayudan a aproximarse a respuestas satisfactorias a estas interrogantes.

### 3. Decisiones de política económica

Uno de los campos en el que se ha acumulado mayor experiencia, es el que tiene relación con las decisiones de política económica.

Un modelo de experimentación numérica diseñado para evaluar medidas alternativas de política económica, constituye un instrumento de indudable utilidad. Las decisiones en materia de política económica tienen efectos en el propio campo económico y, tanto o más importantes a veces, en los campos social y político.

Los resultados o las reacciones que produce una decisión en estas tres áreas, se refieren tanto a la decisión en sí misma, como a los resultados que esta decisión vaya provocando con el transcurso del tiempo. La evaluación desde los puntos de vista social y político, implica necesariamente la previsión de lo que sucede y sucederá después de tomar la decisión en el ámbito económico.

/Si bien

Si bien es cierto que en muchos casos los gobiernos supeditan el aspecto económico a lo que está ocurriendo en la esfera política, conviene destacar que ello no implica de modo alguno que la evaluación económica esté demás. Un ejecutivo en función pública, por muy prioritarias que sean las condicionantes políticas no puede, si desea actuar dentro del campo de la racionalidad en la adopción de decisiones, dejar de evaluar la magnitud de los sacrificios que en la esfera económica significa satisfacer las restricciones políticas. Para decidir, por ejemplo, una política de reajustes de sueldos y salarios, muy importantes pueden ser los compromisos políticos y es posible que éstos finalmente se impongan para que tal política sea definida en un sentido determinado; pero un sentido determinado abarca una cantidad de alternativas y modalidades entre las cuales pueden existir apreciables diferencias en la esfera económica, y sería preciso evaluarlas. En este aspecto, nuevamente cabe recalcar la utilidad que prestan los modelos de experimentación numérica, sobre todo en la estimación de costos económicos que implican las restricciones políticas. Tales costos pueden significar, por ejemplo, el incumplimiento de las metas fijadas en un plan, si es que éste existe, o al menos, alguna desviación obligada en la concepción de la política económica general. Un modelo de experimentación numérica diseñado para estos efectos, puede entregar a un ejecutivo una valiosa información, que le permitirá realizar evaluaciones más eficientes, cuando cede, transige o endurece sus acciones políticas.

Las decisiones importantes en el campo de la política económica, tienen efectos trascendentales en el curso de una gestión gubernamental y pueden llegar a afectar, positiva o negativamente, la trayectoria económica, social y política de un país. Lo que está en juego es algo demasiado importante como para no recurrir a cualquier instrumento que implique aumentar el grado de racionalidad en la adopción de decisiones.

/Cuando en

Cuando en las primeras líneas de este trabajo se hacía referencia a que el tema que se comenta reviste caracteres de urgencia y no sólo se trataba del afán por estar al día en materia de metodologías de investigación, se estaba pensando precisamente en los enormes costos sociales que implican las decisiones erróneas, sobre todo cuando éstas afectan a sociedades que por su grado de subdesarrollo no pueden permitirse esas licencias.

4. Fundamentos de un modelo de experimentación numérica para racionalizar la decisión.<sup>1/</sup>

En el campo de la política económica, es posible identificar una cantidad de instrumentos de los que un ejecutivo habitualmente hace uso para conducir la actividad socioeconómica en un sentido determinado. Para evaluar con anterioridad cuáles serían los posibles efectos del manejo de un conjunto de estos instrumentos es preciso establecer por una parte, cuáles son las variables y/o los agentes económicos a quienes afectará directa o indirectamente las variaciones en la utilización de cada instrumento; de esta forma se define el tipo de desagregación y las distintas categorías con que interesará trabajar. Por otra parte, será necesario disponer de una descripción, aunque sea aproximada, del funcionamiento de la actividad económica, para relacionar los instrumentos, las bases sobre las que éstos actúan y las variables que permiten evaluar la bondad de la política reflejada en los valores que se asigna a cada instrumento.

El siguiente ejemplo permite ilustrar el planteamiento anterior: supóngase que interesa experimentar en política tributaria para disponer de alguna indicación previa sobre posibles resultados en el cambio de tasas. Será necesario identificar el número de tasas que gravan distintos actos económicos y/o jurídicos, fácil es comprobar

---

1/ Véase Varsavsky, O. y Calcagno, E. América Latina. Modelos Matemáticos. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 1971.

que el número sobrepasó largamente la centena de tributos específicos distintos; simultáneamente interesará determinar las bases sobre las que actúa cada uno de los instrumentos, es decir, cada tasa tributaria: ventas, utilidades, ingresos, consumos, etc. Será necesario tener descripciones explícitas (ecuaciones) para cada una de estas variables sobre las que actúan los instrumentos, para llegar a cuantificar su probable comportamiento y juzgar de esa forma si son o no compatibles con los objetivos de mediano plazo.

Los requisitos enumerados anteriormente ya implican un respetable grado de desagregación; si además se piensa que el diseño de la política económica exige distinguir sectores o ramas de actividad también desagregadas, se convendrá que la desagregación se extiende a límites en los que resultan ineficientes los métodos tradicionales de cómputo. Imagínese hasta dónde se llega en la desagregación si además interesara, y esa sería una preocupación legítima, distinguir grupos sociales por nivel de ingreso, regiones geoeconómicas, etc. Está demás insistir cómo el diseño de una política económica que pretende evaluar sus efectos pormenorizados, exige un alto grado de desagregación.

La aparición de los computadores electrónicos ha determinado la posibilidad de trabajar con una gran cantidad de variables y por tanto de ecuaciones <sup>1/</sup>. Antes de contar con estos instrumentos las descripciones del funcionamiento de la actividad económica debían ser hechas necesariamente sobre la base de variables muy agregadas, de manera de no exceder la capacidad de cálculo de máquinas tradicionales de sobremesa. Es así como gran cantidad de descripciones no utilizaban más de 30 o 40 variables macroeconómicas. Además, las descripciones eran demasiado burdas dado que, para facilidad de cálculo, se utilizaban sólo ecuaciones lineales; la velocidad de cálculo de un computador permite utilizar ecuaciones no lineales,

---

1/ Véase Anexo adjunto.

con lo que evidentemente es posible describir con más fidelidad el funcionamiento de la actividad económica.

Una gran parte del progreso científico se debe a la posibilidad de experimentar. En ramas como la química o la física, los laboratorios son los centros donde nace gran parte del progreso tecnológico. En economía y particularmente en política económica, no existía esta posibilidad. Un modelo de experimentación numérica, con la finalidad de diseñar una política económica, pretende aproximarse a lo que es un laboratorio para un científico de las ciencias exactas. Lo subrayado debiera interpretarse a la luz de las dificultades que implica una descripción exacta de fenómenos socioeconómicos cuya naturaleza es extraordinariamente compleja. Así como una buena caricatura puede permitir identificar a una persona, una descripción de un sistema económico que refleje con alguna fidelidad aunque sólo sean los rasgos más característicos de tal sistema, ya tiene una significativa utilidad. De cualquier forma, con o sin descripción explícita, los ejecutivos toman decisiones a diario, basándose en impresiones, generalmente no discutidas y por lo tanto no compatibilizadas, del funcionamiento de la actividad económica. Si cada ejecutivo pudiera hacer explícita la forma en que percibe ese funcionamiento, cabe la posibilidad de contrastarla con las que tengan otros ejecutivos y técnicos y finalmente, mediante discusiones llegar a una descripción coherente que se reflejaría en el llamado modelo de experimentación numérica.

Para ubicar el papel que le corresponde al instrumental que se analiza en un proceso de decisión, parece útil identificar los elementos más importantes que éste encierra <sup>1/</sup>:

- a) Los sujetos que toman decisiones, aquéllos que adoptan las medidas de política económica.

---

<sup>1/</sup> Véase Sixto Ríos. Métodos Estadísticos, Ediciones del Castillo S. A., Madrid, 1967.

/b) El conjunto

- b) El conjunto de acciones posibles, es decir, los valores de los instrumentos que se desea modificar.
- c) El conjunto de consecuencias, eventualidades o resultados posibles, representados por aquellas variables a través de las cuales se juzga la bondad de una política.
- d) Criterios de evaluación de estas consecuencias. Es preciso ponderar, fijar la importancia relativa de cada variable de evaluación.
- e) El modelo matemático que representa las relaciones entre acciones y resultados. El diseño de este modelo por la observación, la previsión y la experimentación numérica.

El conjunto de puntos anteriores, constituyen elementos básicos para el diseño de un modelo de experimentación numérica con la finalidad de evaluar políticas alternativas. Su estricta observancia y consiguiente identificación será indispensable para el adecuado diseño del modelo.

##### 5. Estructura de un modelo de experimentación numérica <sup>1/</sup>

Desde el punto de vista de las variables que intervienen en un modelo de este tipo, es útil distinguir las siguientes:

a) Variables endógenas: son aquéllas que calcula el modelo, y en general, son variables que sirven para probar la bondad de las políticas experimentadas. Son en consecuencia variables de evaluación. En un modelo, planteado para decidir sobre política económica, generalmente se incluyen en esta categoría: los precios, los índices de costo de vida, las recaudaciones tributarias, el déficit o superávit del gobierno, el saldo de la balanza de pagos, el producto bruto, la distribución del ingreso, la ocupación, la deuda externa, etc.

b) Variables exógenas; son aquéllas cuyos valores están dados fuera del modelo. Es necesario distinguir:

<sup>1/</sup> Véase A. Núñez del Prado, La experimentación numérica como instrumento de planificación de corto plazo, ILPES, 1968, Apuntes de clase para el Curso de Desarrollo y Planificación.

/i) variables exógenas

- i) variables exógenas propiamente tales. Es decir que para la decisión política, constituyen datos sobre los cuales no es posible influir significativamente. Ejemplos de este tipo de variables, están dados por los precios de importación y en muchos casos por los precios de exportación;
- ii) variables determinadas exógenamente. Constituyen generalmente metas a alcanzar, por ejemplo volúmenes de producción, inversión privada, etc. Se pueden plantear alternativas, pero no son enteramente controlables, al menos en sociedades en las que la empresa privada tiene significación;
- iii) variables instrumentales. Son aquéllas que constituyen verdaderos instrumentos de política económica. Instrumentos sobre los que el ejecutivo puede actuar decisivamente, ya sea mediante leyes, reglamentos, decretos, etc. Ejemplos de este tipo de variables están dados por las tasas tributarias, los permisos de importación, aranceles aduaneros, encajes bancarios, tipos de cambio, etc.

Las variables endógenas, exógenas e instrumentales, están relacionadas por medio de parámetros conformando un conjunto de ecuaciones que constituyen la estructura del modelo y que debieran reflejar aproximadamente el funcionamiento de la actividad económica. Sobre esta descripción pueden haber alternativas, por ello se destacó la importancia de conciliar las interpretaciones que los ejecutivos tienen sobre la realidad. Esta conciliación debe estar reflejada en el conjunto de ecuaciones que constituye, como se dijo, la estructura del modelo. Es conveniente establecer las siguientes categorías de ecuaciones.

a) Ecuaciones de definición. Son aquéllas que obedecen a ciertas definiciones de contabilidad social, de contabilidad fiscal o privada. Un ejemplo de este tipo puede ser la conocida relación del Producto Bruto.

$$\text{PRODUCTO BRUTO} = \text{CONSUMO} + \text{EXPORTACIONES} + \text{INVERSION} - \text{IMPORTACIONES}$$

/b) Ecuaciones de

b) Ecuaciones de comportamiento:

i) Ecuaciones tecnológicas. Obedecen a ciertas leyes técnicas en cuanto a composición de insumos. Sea el caso por ejemplo de las ventas del sector i al sector j.

$$\text{VENTAS DE } i \text{ a } j = a_{ij} (\text{PRODUCCION del sector } j)$$

donde  $a_{ij}$  es un coeficiente de insumo producto. Este coeficiente implica decisiones y comportamientos respecto de métodos de producción.

ii) Ecuaciones de comportamiento propiamente tales. Reflejan en definitiva la conducta que tienen los agentes de la actividad económica respecto de variables que dependen de las decisiones de las personas principalmente. Un claro ejemplo de este tipo de ecuaciones lo constituyen las funciones consumo, por ejemplo, la función consumo de Friedmann:

$$C(t) = \alpha Y(t) + \beta C(t-1)$$

donde  $C(t)$ : consumo del período t

$Y(t)$ : ingreso del período t

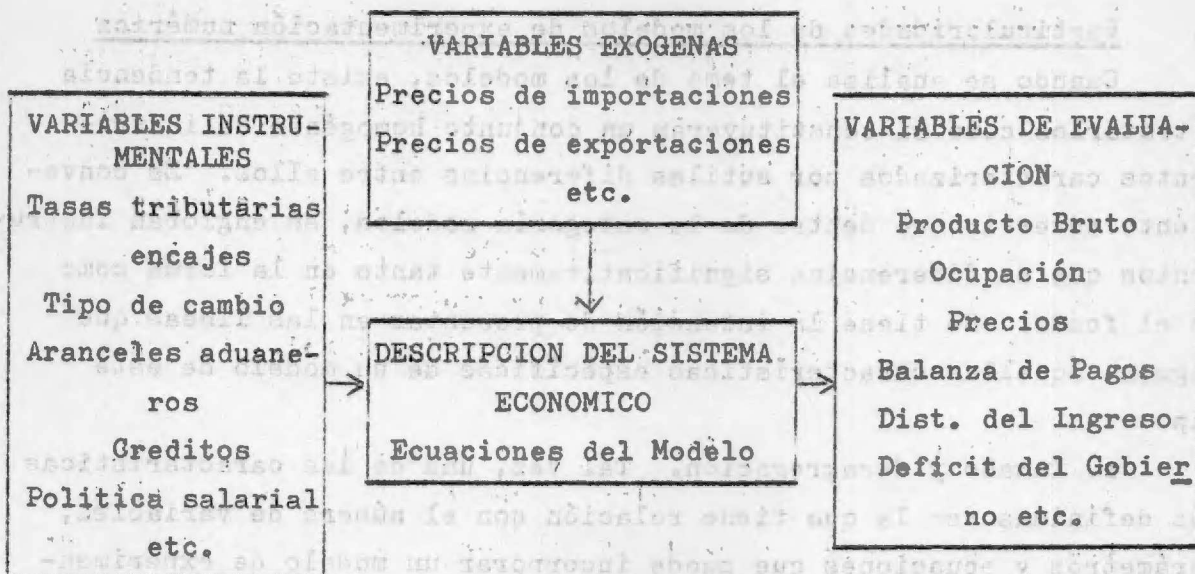
$C(t-1)$ : consumo del período t-1

$\alpha$  y  $\beta$ : parámetros de la función.

La relación plantea que el consumo de un período depende del ingreso del mismo período, y del consumo alcanzado en el período anterior.

El modelo funciona asignando valores a las variables instrumentales, a los parámetros y a las variables exógenas. La resolución de las ecuaciones entregará un conjunto de valores de las variables endógenas de evaluación que permitirá analizar y evaluar los resultados de cada política. Cada conjunto de valores dados a las variables instrumentales, constituye una política determinada. Esquemáticamente se tiene:

/VARIABLES EXOGENAS



Toda vez que se experimente con una nueva política económica, los resultados que muestran las variables endógenas de evaluación deberán ser compulsados con los resultados que daría una política de no innovación. Existe la posibilidad de probar una gran cantidad de políticas alternativas y a la luz de los resultados quedarse con la mejor. Queda entonces la posibilidad de acercarse a la política económica óptima. Evidentemente, se amplían en gran medida las posibilidades de análisis, tanto integral como en profundidad, de los encargados de tomar decisiones.

En los modelos muy agregados, la política económica queda también a nivel muy general. Fue necesario llegar a un nivel bastante detallado en las variables para identificarlas con instrumentos específicos y obtener, por lo tanto, una definida política económica. Se puede discutir con mucha más eficiencia sobre puntos concretos, con supuestos explícitos, con variables y parámetros claramente definidos, que sobre generalidades e impresiones vagas.

/6. Particularidades de

6. Particularidades de los modelos de experimentación numérica

Cuando se analiza el tema de los modelos, existe la tendencia a tratarlos como si constituyeran un conjunto homogéneo de instrumentos caracterizados por sutiles diferencias entre ellos. Es conveniente advertir que dentro de la categoría modelos, se engloban instrumentos que se diferencian significativamente tanto en la forma como en el fondo. Se tiene la intención de presentar en las líneas que siguen, aquellas características específicas de un modelo de este tipo:

a) Tamaño y desagregación. Tal vez, una de las características más definidas sea la que tiene relación con el número de variables, parámetros y ecuaciones que puede incorporar un modelo de experimentación numérica. En efecto la limitación al tamaño y desagregación, no está determinada por el método en sí, sino más bien por la capacidad de memoria de un computador, el costo de su utilización y la información estadística disponible o posible de recopilar. Difícilmente un modelo econométrico puede incorporar, en América Latina, un número grande de ecuaciones de comportamiento mutuamente condicionadas. La cantidad de "test" o pruebas a las que habitualmente deben ser sometidos los modelos econométricos, los hace poco útiles para la previsión cuando existen intenciones de provocar cambios en las tendencias en que se sustentan tales modelos. La experimentación numérica, por el contrario, está sometida a pruebas de consistencia que se establecen dada la interrelación de las variables económicas. Para que el lector tenga algún antecedente acerca del tamaño de estos modelos de experimentación numérica, los que se diseñaron para Chile (1965) y Bolivia (1968), considerados pequeños, incluyen alrededor de 500 ecuaciones y del orden de las 1 000 variables.

b) Valores de los parámetros. Un modelo tan desagregado implica determinar o al menos estimar los valores de un gran número de parámetros. Para una buena parte de ellos, suele existir información estadística, algunos pueden ser susceptibles de estimación por métodos

econométricos y finalmente un conjunto nada despreciable de valores de parámetros, son estimados en principio sobre la base de conjeturas razonables. En la experimentación numérica, si bien la determinación de valores de parámetros no tiene un aparato probabilístico de apoyo, como es el caso de los modelos econométricos, tienen en cambio el respaldo de la consistencia que implica entregar valores razonables para una gran cantidad de variables interconectadas, donde es en extremo difícil que la compatibilización sea casual. Este modelo admite por lo tanto, no sólo información estadística convencional, sino que también una valiosa información, generalmente poco utilizada, y que es el "conocimiento instalado" que poseen las personas que durante largos años han trabajado, estudiado u observado campos concretos de la actividad socioeconómica. No pocas veces el consenso de expertos ha suplido con ventaja a las estadísticas oficialmente publicadas.

c) Resolución y cálculo. En general, en este tipo de modelos se establece una rutina de cálculo, es decir, un ordenamiento previo de todas las ecuaciones. La resolución de una ecuación significa determinar el valor de la variable endógena de dicha ecuación; tal variable estará en función de variables exógenas e instrumentales cuyos valores son conocidos y de otras variables endógenas cuyos valores debieran estar ya calculados, si la mencionada rutina ha sido correctamente diseñada. El método se diferencia de la solución de modelos de programación lineal o de los de insumo producto, en los que se resuelve un sistema de ecuaciones lineales simultáneas. El método de cálculo de la experimentación numérica, al no contemplar, en general, sistemas de ecuaciones simultáneas, permite la introducción de formas complejas de ecuaciones no lineales que pueden ser imprescindibles para describir con mayor fidelidad el funcionamiento de los sistemas económicos.

/d) Optimización. En

d) Optimización. En este tipo de modelos no existe una "función criterio" única como es el caso, y permítase nuevamente la comparación, de los modelos de programación lineal, en los que la solución está condicionada por la maximización o minimización de dicha función criterio. En el campo de la experimentación numérica, la solución del modelo implica entregar valores para las variables endógenas, valores que admiten distintos criterios de evaluación. Cada analista ponderará a su manera, la bondad de la solución, jerarquizando cada variable de resultado en función de los objetivos que persigue. No debe concluirse de lo anterior, que para un modelo de experimentación numérica, está vedado incorporar en alguna de sus partes, submodelos de programación lineal, aunque no es lo más corriente.

e) Flexibilidad. Tanto en el diseño como en las sucesivas rectificaciones y ajustes de un modelo de experimentación numérica, es posible establecer cierto paralelismo con el método de razonamiento en economía. El planteo de hipótesis, la verificación de su coherencia y lógica, la comprobación cuantitativa, la incorporación sistemática de otras variables, las aproximaciones sucesivas, el replanteo de las hipótesis originales, etc., que es habitual en la forma de razonamiento de economistas, tiene su contrapartida evidente en el proceso de diseño y puesta en marcha de un modelo de este tipo. Por ello, tal proceso puede ser concebido como un método de aprendizaje dado fundamentalmente por la estructura de estos modelos que aprovechan óptimamente la velocidad de cálculo de los computadores. Método de aprendizaje que implica gran flexibilidad del modelo para poder realizar múltiples cambios en los valores de variables y parámetros y contemplando las más diversas alternativas para las ecuaciones de comportamiento. Este método está más cerca que otros para adaptarse al esfuerzo mental que habitualmente realizan los economistas.

7. El diseño de un modelo de experimentación numérica

a) Definición del propósito. Como en toda investigación, es preciso definir con claridad qué se pretende con el modelo. En otras palabras es necesario decidir qué tipos de preguntas se desearía plantear, para que el modelo ayude a dar respuestas satisfactorias.

El vasto campo de la política económica permite formular modelos donde el interés central esté orientado hacia algunos campos específicos del problema general. Es así como el interés puede estar en aspectos tributarios, en aspectos monetarios, en políticas de precios, en políticas de comercio exterior con miras a la integración, etc.

Es evidente que todas estas posibles líneas de interés están vinculadas y podría diseñarse un modelo que las comprendiera a todas. Sin embargo, esto exige una experiencia y un conocimiento muy acabado para intentar iniciar una investigación con tanta complejidad. Un modelo de este tipo, probablemente conduciría a manejar varios miles de ecuaciones, con todas las dificultades que eso significa. Parece más razonable iniciar este tipo de trabajos, con aspiraciones menos ambiciosas, limitándose a detallar campos específicos para los cuales se desea diseñar políticas concretas.

No se quiere decir que el modelo deba circunscribirse exclusivamente a un aspecto. Sabido es que medidas de política económica aplicadas a un campo concreto inciden indirectamente en otras áreas. Cuando se dice que el propósito debe definirse orientado a un área específica, no debe inferirse de ello que todo el resto queda sin considerar. Lo que se desea subrayar es que la consideración de las áreas que no constituyen el objetivo central, se hace a un nivel bastante menor de desagregación. El proceso natural, a medida que se avanza en este terreno, es incorporar sucesivamente análisis detallados de otros campos, en forma de submodelos, para conformar finalmente un modelo general.

La definición de objetivos determina la especificación de categorías en términos de sectores productivos, grupos sociales, instituciones, etc. El cumplimiento de esta etapa, implica el

/establecimiento de

establecimiento de un diálogo con los encargados de formular y poner en práctica las decisiones de política económica. Es de este intercambio de opiniones de donde se obtiene la conclusión respecto del tipo de inquietudes que tienen y respecto de otras preocupaciones que sería deseable que consideraran los encargados de tomar decisiones.

b) El diseño del modelo. En este punto es necesario tomar

las siguientes decisiones:

i) Qué tipo de variables instrumentales estarán incorporadas al modelo. En otros términos cuáles son los instrumentos cuyo efecto se desea estimar y evaluar.

ii) Cuáles serán las variables a través de las cuales se juzgará la bondad de un conjunto de decisiones de política económica.

iii) Cómo se relacionan las variables instrumentales con las variables de evaluación. Qué tipos de relación se presentan y cuál o cuáles serían las funciones concretas que relacionan ambas categorías de variables.

iv)Cuál será la unidad de tiempo que se utilizará en el modelo. Dado que se trata del corto plazo, y a un nivel de desagregación muy grande, es necesario que los datos que se calcula, estén referidos a períodos que permitan analizar una evolución en este tipo de plazo. Es corriente, para los modelos de política económica, utilizar períodos mensuales, bimestrales, o trimestrales. En algunos casos se ha llegado a trabajar con unidades de 20 días. La elección de la unidad de tiempo está determinada por el tipo de información existente y por la definición de propósitos que se mencionó en a).

Por otra parte, es también necesario determinar el período total de cálculo, es decir, si el modelo es mensual, cuántos meses serán calculados. En este tipo de modelos es corriente que los cálculos se extiendan por un período que media entre los 24 y 48 meses. Estimaciones a más largo plazo corren el riesgo de ser poco confiables.

/El cumplimiento

El cumplimiento de los puntos anotados anteriormente, está por demás decirlo, implica realizar averiguaciones con los ejecutivos que toman decisiones, respecto de cada uno de los puntos. Aquella conciliación político técnica que se mencionó en páginas anteriores, tiene relación con este punto.

Cabe destacar que en el diseño de un modelo de este tipo, es necesario admitir la idea de las aproximaciones sucesivas y los métodos de tanteo y error, como medios para acercarse a una descripción adecuada. Ahora bien, es siempre posible trabajar con alternativas, con hipótesis previas, sobre las cuales será necesario realizar pruebas de verificación. Respecto de las ecuaciones de comportamiento, es preciso verificar si las funciones clásicas son susceptibles de ser adaptadas a los casos específicos de que se trate. De otra manera será conveniente elaborar un principio de teoría sobre el particular.

c) La alimentación del modelo. El nivel de detalle al que generalmente se llega en este tipo de investigaciones, exige disponer de una apreciable cantidad de informaciones. Parece muy aventurado plantear este tipo de trabajos, dada la escasa información disponible en América Latina. Sin embargo, esperar que la información sea suficiente y confiable, significa dilatar por mucho tiempo el esclarecimiento de problemas que reclaman urgentes soluciones. Es preciso iniciar la investigación en dos frentes simultáneos: el diseño del modelo y el plan de recolección de estadísticas. Cabe advertir que el mismo proceso de experimentación numérica conduce a calificar la importancia de cada tipo de información.

Por otra parte, respecto de variables exógenas y parámetros contenidos en el modelo, es posible realizar estimaciones gruesas. En principio es posible alimentar una parte del modelo con datos que pueden obtenerse mediante indagaciones rápidas. Para el resto de la información necesaria, se realizan estimaciones previas basadas en el sentido común, con criterios de coherencia general, simplemente para iniciar el proceso de experimentación numérica. Posteriormente,

/estos datos

estos datos tanteados, podrán ser reemplazados por datos que provengan de las investigaciones estadísticas que se hayan puesto en marcha.

d) Programación del modelo. La gran cantidad de variables, parámetros, y ecuaciones, y el considerable número de períodos de cálculo, supone disponer de un método de cómputo realmente eficiente. Es necesario que el modelo sea procesado por un computador electrónico con la suficiente capacidad de memoria como para almacenar toda la información necesaria. Obviamente, para este efecto no existen programas preestablecidos, es necesaria la formulación de un programa "ad hoc". Suelen aprovecharse, sin embargo, ciertas rutinas estándar para cálculos acumulados, interpolaciones, exponenciales, etc. Un punto importante es la verificación de que el programa del computador, esté reflejando fielmente la estructura del modelo. Es necesario comparar, ecuación por ecuación y variable por variable, que la traducción del lenguaje algebraico al lenguaje de máquina, haya sido realizada correctamente. Sin embargo, este control se dificulta cuando se utilizan lenguajes cuya interpretación requiere ciertos conocimientos y alguna experiencia. Por ello se insiste en general en un segundo control que consiste en realizar el cálculo para el primer período, mediante máquinas convencionales de sobremesa. Los resultados deberían ser comparados con los cálculos que ha realizado el computador. Si ambos tipos de cálculo coinciden, existe la seguridad, dada la interrelación de las variables, que el programa reproduce con fidelidad el modelo diseñado. Nótese que en esta etapa interesa que ambos métodos de cómputo, entreguen los mismos resultados, sin calificar la bondad de éstos.

e) Pruebas de funcionamiento. El tanteo preliminar de datos tiene por objeto determinar si el modelo entrega resultados coherentes. Para ello, un criterio consiste en intentar reproducir una historia reciente, por ejemplo lo acontecido con las variables de resultado en los dos o tres últimos años. Para ese período, generalmente, es posible obtener los valores que se dieron para las variables exógenas

/y las

y las variables determinadas exógenamente; con tales valores, más los valores preliminares de los parámetros, se intenta reproducir la historia aludida anteriormente. En esta etapa salen a la luz posibles incoherencias en el diseño del modelo, en la identificación de variables y en los tanteos previos de parámetros. En el fondo se trata de probar el funcionamiento de la descripción del sistema económico.

f) Ajuste del modelo. Una aproximada reproducción de la historia, se consigue mediante sucesivos y racionales cambios en los valores de los parámetros, de manera que las variables calculadas por el modelo (endógenas o de evaluación) sean lo más cercanas posibles a los valores, que para estas mismas variables, son calculados por organismos como las oficinas de planificación, bancos centrales, direcciones de estadística, etc. El proceso de ajuste dice relación tanto con los valores de los parámetros, como con las formas de las funciones de comportamiento. Cada cambio en los valores de los parámetros, y/o en las funciones de comportamiento, constituyen un experimento. La velocidad con que opera un computador electrónico permite realizar una gran cantidad de experimentos, de manera que un inteligente método de tanteo conduce a determinar, para los parámetros, intervalos de confianza de amplitud razonable. Sobre el particular es preciso advertir que vale la pena tomar debida nota de los cambios que se producen en las variables de evaluación, ante cambios en las funciones o en los valores de los parámetros. Los sucesivos experimentos, cuando se realizan siguiendo sistemas de análisis convenientes, permiten conocer en profundidad las interacciones y la dinámica de las diferentes variables. Suele ocurrir que en los primeros experimentos se cambien valores de los parámetros persiguiendo el crecimiento de cierta variable de manera que se aproxime más al dato efectivo, y el resultado sea justamente el contrario. El desconocimiento de efectos indirectos entre las variables explica la ocurrencia de estos sucesos. Poco a poco se profundiza en el conocimiento del funcionamiento de la actividad que

/se describe

se describe con el modelo y muy rápidamente se consigue realizar cambios en los parámetros, de manera que se traduzcan en cambios deseados en los valores de las variables de resultado.

g) Análisis de sensibilidad. El alcanzar una satisfactoria reproducción de la historia a través del modelo, determina un conjunto de valores de parámetros muchos de los cuales han sido obtenidos por el método de la experimentación numérica. Con el doble propósito de detectar algún ajuste casual de los valores de los parámetros y de determinar cuáles son aquellos parámetros que requieren una investigación estadística profunda, se realizan los análisis de sensibilidad. Estos consisten en modificar en un cierto porcentaje el valor de un parámetro y observar en qué magnitudes cambian las variables de evaluación en el último período que calcula el modelo. Para este efecto es posible utilizar coeficientes de elasticidad arco:

$$E_{H,K} = \frac{\text{cambio porcentual en la variable H}}{\text{cambio porcentual en el parámetro K}}$$

Mediante la cuantificación de estos coeficientes de elasticidad, es posible calificar a los parámetros en críticos y neutros. Aquellos coeficientes significativamente mayores que 1 o menores que -1, permitirán identificar situaciones críticas en los valores de los parámetros. En otros términos, es posible especificar cuál es la sensibilidad del modelo ante los diferentes parámetros. Estos datos son útiles para profundizar la investigación estadística.

Los análisis de sensibilidad por otra parte, dan garantía de que la probabilidad de que se haya llegado a un ajuste casual, sea prácticamente nula. Este ajuste casual podría presentarse por subestimaciones en ciertos parámetros y sobrestimaciones en otros, de manera de tener efectos compensados entregando valores razonables para las variables de evaluación. Sin embargo, si tal cosa hubiera ocurrido, lo que ya constituye una hipótesis de remoto cumplimiento, los análisis de sensibilidad identificarían esta ocurrencia, ya que al cambiarse el valor de un parámetro, se producirían desajustes incoherentes en las variables de resultado.

/h) Experimentos de

h) Experimentos de política económica. Después de cerciorarse que la descripción del sistema económico es adecuada, y después de haber realizado los análisis de sensibilidad pertinentes, el modelo está en condiciones de aceptar experimentos sobre medidas de política económica. Se trata de formular determinadas políticas, identificando las variables instrumentales que traducen tales decisiones y especificando los valores que éstas alcanzarían. Es conveniente la experimentación de políticas parciales en principio, para realizar estudios por áreas, respecto de los efectos que se traducen en las variables de resultado a raíz de los cambios en las variables instrumentales.

Una vez que se hayan experimentado políticas por áreas, y concluido sobre el tipo de efectos directos e indirectos que implica cada una de ellas, es posible pasar a la experimentación sobre políticas integrales. Se dijo que la bondad de una política se juzga a partir de las variables de evaluación. Es posible realizar sucesivos experimentos, cambiando las decisiones de política económica, de manera de obtener los mejores resultados. Es en este sentido que se puede interpretar una cierta "optimización" de las decisiones. La evaluación definitiva dependerá de la ponderación que cada ejecutivo haga de las variables de resultado.

Existirán sistemas de evaluación que le den una alta ponderación a las variables monetarias y de precios, siendo el objetivo implícito, la consecución de una cierta estabilidad. Existirán otros en que los movimientos ascendentes de los precios no sean motivo de una preocupación central, sino que el acento estará puesto, por ejemplo, en volúmenes físicos de consumo o distribución de ingresos. En definitiva los criterios de "optimización" tienen carácter subjetivo, y la interpretación de resultados depende de pautas valorativas. Por otra parte, el proceso de evaluar un conjunto de decisiones, aparte de los indicadores que se obtienen con el modelo debe contemplar, al mismo tiempo, aquella parte de los sistemas sociopolíticos no incorporados al modelo. Así, si determinados cambios en las variables

/instrumentales permiten

instrumentales permiten conseguir resultados altamente satisfactorios pero, por otra parte, tomar tales medidas implica crear serios mecanismos políticos de resistencia, será necesario probar otras políticas que tal vez no entreguen resultados del todo satisfactorios y sean factibles y convenientes políticamente. La evaluación, en consecuencia, no sólo debe circunscribirse a los resultados que se obtienen con el modelo.

i) Análisis de experimentos. La utilización de un computador, en este tipo de trabajos, significa apreciables desembolsos de dinero; la hora de máquina tiene costos que en general son superiores a los 100 dólares. Corrientemente un experimento de política económica, supone alrededor de una hora de uso de un computador. Por lo tanto es fundamental hacer un aprovechamiento óptimo de cada experimento. En ese sentido tal vez valga la pena insistir en la importancia de diseñar métodos que permitan analizar debidamente un experimento. En la misma programación del modelo, puede incluirse la realización de una serie de cálculos que permitan analizar fácilmente la evolución de las variables. Cálculos como acumulación anual, tasas de crecimiento, incremento o decrementos porcentuales en todo el período, coeficientes de elasticidad, etc., facilitan enormemente una evaluación adecuada de un experimento. No se puede dejar de mencionar la necesidad de llevar un registro ordenado con los resultados de todos y cada uno de los experimentos realizados. Un registro de este tipo es fundamental para ganar eficiencia en el diseño de los experimentos siguientes.

j) Actualización de la descripción. Todo el proceso de ajustes y funcionamiento del modelo, así como la realización de experimentos de política económica, demoran un lapso de tiempo, en el que pueden presentarse hechos que cambien los comportamientos de las categorías del sistema. Es necesario disponer de un equipo dedicado permanentemente a este trabajo, y constantemente preocupado por verificar si las funciones de comportamiento se alteran en el tiempo. Para ello

/es preciso

es preciso tener un sistema rápido de captación de información. De otra manera se corre el riesgo de trabajar con descripciones que no tienen la debida vigencia en el momento en que se experimentan políticas.

#### 8. Alcances y limitaciones

Es indudable que el esfuerzo realizado para disponer de descripciones detalladas del funcionamiento del sistema económico, conduce a un conocimiento en profundidad del mismo. Por otra parte, el establecimiento de diálogos con los encargados de tomar decisiones, implica un confrontamiento de distintos esquemas de análisis que es particularmente propicio hacerlo a través de un modelo en que aparecen explícitos supuestos, interpretaciones y objetivos. La discusión se hace más rigurosa por la exigencia de concreción que implica el instrumento.

La experimentación numérica aplicada al campo de la política económica puede significar contribuciones realmente valiosas, tanto en el sentido de ayudar a analizar efectos indirectos, a veces insospechados, como a garantizar un marco de consistencia indispensable para las decisiones. Recuérdese que éstas deben ser tomadas con o sin ayuda de este instrumento.

Sobre sus aplicaciones y utilidad, ya se ha despertado polémica, hay quienes califican el método como inviable por la cantidad de información estadística que insumen, información que generalmente no está disponible. Cabe reflexionar sobre este posible inconveniente. La información estadística debiera estar al servicio de las investigaciones prioritarias. Si en todo orden de investigaciones se tuviera que esperar a que la información esté disponible, se habría postergado una gran cantidad de estudios sobre fenómenos y problemas que reclaman soluciones perentorias. Decidirse por un modelo como el que se comenta, implica también decidirse por un programa de recolección de las estadísticas fundamentales; una parte sustancial del costo de un proyecto de este tipo está destinada al aspecto de la información, tanto para ponerlo en marcha como para /realizar las

realizar las rectificaciones correspondientes cuando se observen variaciones en los comportamientos. Sin embargo, cabe reflexionar también sobre el grado de precisión que se exige en la evaluación de la política económica. A veces es suficiente conocer un orden de magnitud, un sentido determinado, una idea aproximada de causa y efecto, para obtener conclusiones útiles.

Si bien los resultados que entrega un modelo de este tipo son cuantitativos, la evaluación que de ellos se hace, es eminentemente cualitativa. Así, si en un régimen de estabilidad, el manejo de un conjunto de instrumentos significa una elevación sustancial de los precios, basta con una indicación aproximada. La conclusión será básicamente la misma, así los precios hayan experimentado un alza de 30, o 40 por ciento. En la esfera de la política económica, las exigencias de gran precisión se circunscriben a casos muy especiales lo que no implica perder rigor en el análisis.

Críticas de menor jerarquía están basadas en suponerle al instrumento atribuciones que nadie sostiene. Un modelo de experimentación numérica, no sirve para todo uso, ni resuelve todos los problemas. Tiene un alcance limitado, pero de extraordinaria utilidad. Aunque sólo fuera útil para pensar, inducir, y deducir coherentemente, ya se está frente a un instrumento valioso. No es mucho más, pero tampoco es menos que eso.

Como contrapartida de los alcances anotados, se hace necesario cumplir con una serie de requisitos para conseguir los objetivos perseguidos. En primer lugar es fundamental disponer de un computador adecuado, máquinas generalmente escasas, y un equipo de investigadores de buen nivel, con alguna experiencia en el manejo de información estadística, con entrenamiento acerca de métodos computacionales, con un profundo conocimiento del sistema que se trata de describir y con una disposición decidida a realizar trabajos de todo tipo: desde perforar y verificar tarjetas, hasta el planteo de alternativas en las funciones de comportamiento que requieren una fecunda imaginación.

El costo de estos proyectos es generalmente elevado. Transcurre un período considerable antes que se pueda demostrar realmente las bondades del método y las dificultades de financiamiento suelen ser serias. Sin embargo, al compulsar los costos, dificultades y exigencias de esta metodología de decisión con los beneficios que reporta, parece legítimo admitir la conveniencia de un esfuerzo sostenido por su utilización dadas las consecuencias, a veces irremediables, que tienen las decisiones erróneas. Cualquier costo razonable es justificado, si se consigue disminuir los márgenes de error en las decisiones sobre política económica.

Anexo

UTILIZACION DE COMPUTADORES <sup>1/</sup>

Arturo Núñez del Prado  
Diciembre de 1969

1. Ideas básicas sobre un computador electrónico

a) Características generales

Existe hoy día alguna confusión respecto de lo que realmente es un computador. El apelativo de "cerebro electrónico" promueve falsas interpretaciones. Vale la pena iniciar este trabajo aclarando que estas máquinas son, nada más ni nada menos, que instrumentos que ejecutvan instrucciones. Es evidente que se trata de instrumentos que tienen una serie de características entre las que es conveniente destacar:

- Extraordinaria capacidad para almacenar información e instrucciones.
- Una velocidad de cálculo en que los tiempos se miden en microsegundos.
- Las operaciones son realizadas sin error, siguiendo fielmente las instrucciones dadas. Un computador ejecuta al pié de la letra lo que se le ordena que haga.

Considerando las anteriores características, es factible concluir que una máquina de este tipo, no tiene, en el estricto sentido de la palabra, autonomía de decisión.

---

<sup>1/</sup> La parte descriptiva de este trabajo, acerca de los computadores, está basada en indicaciones de los Jefes de los Centros de Cálculo de la Universidad Católica de Chile y de la Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia. Sin embargo, la responsabilidad sobre errores e imprecisiones que pudieran existir, es de la exclusiva responsabilidad del autor.

/b) Unidades componentes

b) Unidades componentes de un computador

Para identificar el funcionamiento de estas máquinas, es útil describir las unidades básicas que lo componen.

i) Unidad de entrada o de alimentación. Tiene por objeto recibir la información e instrucciones a través de tarjetas o cintas perforadas, cintas o discos magnéticos. De hecho es una unidad de lectura y su potencia está dada por la velocidad con que admite informaciones.

ii) Memoria. Esta unidad tiene por objeto almacenar la información e instrucciones que recibe la unidad de entrada. Cada información ocupa en la memoria un determinado lugar previamente establecido. Se distinguen dos clases de memoria: la interna y la de respaldo. En un proceso de cálculo las informaciones pasan de una a otra memoria, dado que para la ejecución de operaciones las informaciones deben tomarse de la memoria interna. Cuando una operación necesite una información que esté en la memoria de respaldo, es necesario que ésta se transfiera a la memoria interna. La potencialidad de un computador, en buena medida está dada por la cantidad de datos que la memoria puede almacenar. Así hay computadores que tienen decenas de millones de posiciones. Una posición (byte) está formada por un conjunto de unidades elementales (bit). Para tener una idea de lo que significa la capacidad en términos de almacenar información, piénsese que una posición sirve para representar un número de diez y seis cifras si el sistema de numeración es sexagesimal y de diez cifras si es decimal. En buena medida el progreso en computación ha estado dado por el incremento de posiciones de memoria en los nuevos computadores. Tal vez el avance más significativo haya sido la incorporación de discos magnéticos con una capacidad de almacenamiento de siete a veinte millones de posiciones.

iii) Unidad de proceso. Tiene simultáneamente el objetivo de realizar las operaciones que se le ha ordenado previamente y seleccionar la información necesaria para realizar las mismas. Tiene dos

/componentes: la

componentes: la unidad aritmética lógica donde se ejecuta el proceso de cálculo propiamente tal, y la unidad de control, que actúa como un director de tránsito vinculando la entrada de información e instrucciones con la memoria interna, con la de respaldo, con la unidad aritmética lógica y con la salida. La unidad de control realiza estas órdenes con una velocidad sorprendente. "En los computadores las operaciones, el registro de informaciones y el traspaso de éstas entre las diferentes unidades, se realiza mediante el desplazamiento de corriente eléctrica por los circuitos y dado que la velocidad de este desplazamiento es del orden de centenas de miles de kilómetros por segundo, el llevar la información de un punto a otro dentro del computador, se realiza a razón de centenas de miles de desplazamientos por segundo. El microsegundo es la medida de tiempo para la realización de una operación elemental completa."

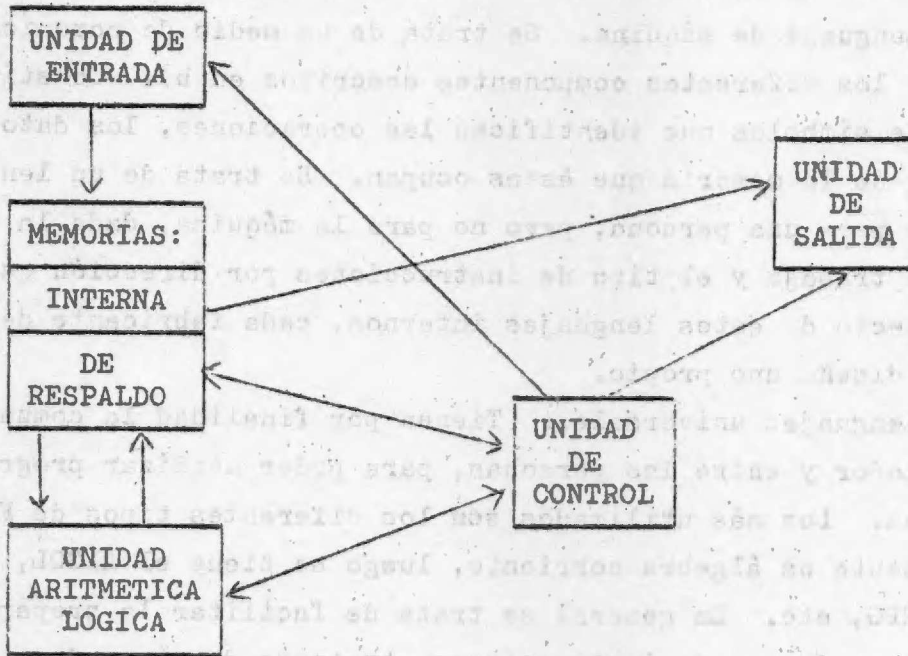
iv) Unidad de salida. Los cómputos y resultados obtenidos por la máquina, se entregan a través de la unidad de salida. Las formas más corrientes son: un teclado de máquina de escribir que reproduce los resultados, un rodillo que imprime simultáneamente muchos resultados por línea, cintas y discos magnéticos que deben someterse a un proceso de lectura posterior. La velocidad de salida en los rodillos impresores va desde las 200 hasta las 3 000 líneas por minuto. Los últimos avances en materia de salida, llega a entregar resultados en pantallas de televisión, ya sean cifras o gráficos que la misma máquina diseña a partir de los datos numéricos que calcula.

#### c) Funcionamiento de un computador

Por medio de la unidad de entrada, se entregan instrucciones para que el instrumento ejecute operaciones, es decir, la programación del trabajo específico y el conjunto de informaciones necesarias para realizar tales operaciones. Ambos conjuntos (instrucciones e informaciones) se traspasan a la memoria. La unidad de proceso ejecuta las instrucciones, selecciona las informaciones pertinentes, guarda

/los resultados

los resultados en la memoria y, finalmente, ordena la salida de los cálculos efectuados. Gráficamente el funcionamiento es el siguiente:



Para juzgar la eficiencia de un computador, es útil analizar la compatibilidad de las velocidades de trabajo de las diferentes unidades. Si la unidad de salida es lenta, no se aprovecha la eficiencia del resto de los componentes.

#### d) Sistema de numeración

Sin pretender entrar en la parte técnica de un computador, es útil destacar que el sistema de numeración dentro de sus procesos internos es el binario. La razón de la elección de este sistema está dada por la sencillez de identificar los estados excluyentes. El sistema binario resulta, por lo tanto, altamente eficiente. Un sistema decimal, habría necesitado trabajar con diez niveles, con toda la complejidad que ello significa. Por otra parte, todas las operaciones internas están sujetas a controles por repetición, controles que resultan sencillos en el sistema binario.

#### /e) Lenguajes

e) Lenguajes

Es conveniente distinguir tres etapas importantes desde el punto de vista de la comunicación con un computador.

i) Lenguaje de máquina. Se trata de un medio de comunicación interno entre los diferentes componentes descritos en b). Constituyen un conjunto de símbolos que identifican las operaciones, los datos, y los lugares de la memoria que éstos ocupan. Se trata de un lenguaje muy laborioso para una persona, pero no para la máquina, dada la velocidad con que trabaja y el tipo de instrucciones por dirección que acepta. Respecto de estos lenguajes internos, cada fabricante de computadores diseña uno propio.

ii) Lenguajes universales. Tienen por finalidad la comunicación con el computador y entre las personas, para poder utilizar programas estandarizados. Los más utilizados son los diferentes tipos de FORTRAN que prácticamente es álgebra corriente, luego se tiene el ALGOL, el COBOL, PLI, RPG, etc. En general se trata de facilitar la preparación de programas, es decir, de instrucciones, tratando de que cada operación requiera el menor número de instrucciones posibles, para no exceder la memoria interna que posee la máquina y para ahorrar tiempo al programador de un trabajo que será procesado por el computador.

iii) Lenguaje traductor o compilador. Es el vínculo entre los lenguajes universales y los lenguajes de máquina. El propio computador efectúa la traducción, proceso que recibe el nombre de compilación. Cada tipo de computador, posee un conjunto de programas compiladores que le permiten traducir los diferentes lenguajes universales a su lenguaje de máquina. En rigor el compilador más que un lenguaje, es una especie de diccionario a través del cual se efectúa la traducción aludida.

f) Operaciones

Las operaciones que realiza un computador, en términos de resultados, pueden agruparse en dos categorías:

/i) Clasificaciones. Una

i) Clasificaciones. Una masa de informaciones puede ser objeto de múltiples clasificaciones simultáneas, según los atributos identificados en cada información.

ii) Cálculos. Un computador, básicamente, sólo realiza dos operaciones elementales: suma y resta. Sobre la base de estas operaciones realiza otras más complejas. Por ejemplo puede calcular logaritmos a partir de desarrollos en serie, puede realizar integraciones definidas como suma de superficies de rectángulos, etc.

g) Programación de trabajos

Consiste en un conjunto de instrucciones que se le dan al computador para que efectúe clasificaciones, realice cálculos, entregue la salida en un formato determinado etc. Como se dijo en páginas anteriores, para detallar estas instrucciones, se utilizan los llamados lenguajes universales. La programación de trabajos científicos nuevos requiere especial cuidado y un nivel tal de capacitación del programador, que le permita entender las operaciones matemáticas contenidas en dicho trabajo. Sin embargo muchos trabajos científicos contienen operaciones para las cuales ya existen rutinas o programas parciales estándar. Así, existen rutinas para cálculos de coeficientes de regresión, de correlación, inversión de matrices, dígitos aleatorios, etc.

h) Operación de un computador

Fundamentalmente consiste en alimentar el computador con informaciones y con el programa, y dar las órdenes para que funcionen las diferentes unidades.

2. Desarrollo de la computación electrónica

La etapa previa a la computación electrónica, se caracteriza por la aparición de máquinas mecánicas primero y eléctricas después, para los procesos de cálculo y clasificación. La necesidad de acelerar estos procesos y evitar los errores y pérdidas de tiempo de los procesos mecánicos y eléctricos es una de las tantas razones que explican el auge de esta nueva tecnología.

/Se puede

Se puede identificar, en el desarrollo de los computadores, tres generaciones claramente diferenciadas.

a) Primera generación

Se caracterizan principalmente por que funcionaban a base de tubos con muy pocos circuitos. Su capacidad era limitada respecto de los computadores actuales y, sobre todo, sus instalaciones ocupaban enormes espacios. Un computador de la primera generación, al cual se le pretendiera dar la capacidad de un contemporáneo, fácilmente excedería en su volumen las dimensiones del Edificio de Naciones Unidas de Santiago.

b) Segunda generación

El proceso tecnológico que caracteriza a esta generación, está dado por la introducción de transistores en vez de tubos. Disminuye notablemente su volumen y aumenta considerablemente la eficiencia en los procesos de cómputo.

c) Tercera generación

Los transistores son reemplazados por circuitos integrados y en los procesos internos se establece la multiprogramación, es decir, la posibilidad de ejecutar simultáneamente varios programas aprovechando las demoras de salida de resultados. Como un adelanto significativo se menciona la introducción de discos magnéticos, que aumentan considerablemente la capacidad de memoria y la velocidad de ubicación de la información que se precisa para realizar una operación. Tal vez no sea aventurado afirmar que en los últimos años se estén utilizando computadores de una cuarta generación, aunque no a nivel comercial. La navegación espacial utiliza computadores de reducidísimo tamaño y de gran capacidad de operación. Parece que se ha progresado mucho más aún en la esfera de la multiprogramación, es decir, la posibilidad de efectuar muchos procesos prácticamente en forma simultánea.

### 3. Aplicaciones de la computación en la Administración Pública y en la Empresa

No vamos a intentar dar un panorama exhaustivo de las innumerables aplicaciones de este instrumento en un campo tan vasto. Centramos la atención en aquellos aspectos más ligados al área económica, dando algunos ejemplos que son útiles para comprender el ámbito de sus posibles usos.

#### a) Planilla de remuneraciones

Es posible procesar todos los ítem componentes de la remuneración, las deducciones, los impuestos, anticipos, etc., clasificados desde distintos puntos de vista: por entidad, por cargo, por antigüedad, por sexo, por nivel de renta etc., etc.

#### b) Control tributario

Las declaraciones de renta y de impuestos, con el objeto de realizar múltiples clasificaciones y de establecer controles cruzados acerca de su veracidad, pueden ser procesadas, y de hecho ya lo están siendo en varias oficinas de impuestos, mediante computadores.

#### c) Control presupuestario

El grado de cumplimiento mensual de un presupuesto, puede ser procesado mediante estos equipos en forma oportuna y nuevamente a través de clasificaciones y/o agregaciones que sean necesarias para la evaluación de distintos puntos de vista.

#### d) Cálculos de índices multiponderados

La información básica sobre precios, por ejemplo, puede ser sometida a ponderaciones diferentes según sea el tipo de índice que se desee obtener. Así, puede establecerse un conjunto de ponderaciones que correspondan a la canasta típica de productos consumida por una familia de un obrero, y obtener un índice para este sector, igualmente puede introducirse las ponderaciones de la canasta de un empleado, de un profesional, de un campesino, etc., y disponer de índices apropiados para juzgar la capacidad de compra de sectores diferenciados.

/Como se

Como se dijo al iniciar este punto, se pueden seguir dando innumerables ejemplos de aplicación. Sin embargo, es conveniente aclarar que todas estas aplicaciones, si no se tomara en cuenta restricciones de tiempo y costo, podrían ser llevadas a cabo "manualmente". Es en la velocidad, precisión y capacidad para manejar grandes masas de información, donde realmente la eficiencia de un computador se pone de manifiesto.

En las Administraciones Públicas significa, en general, la posibilidad de llevar a cabo planes de estadísticas que constituyan flujos continuos de información que lleguen a conocimiento de los ejecutivos con la oportunidad debida, facilitando la adopción racional de decisiones. En América Latina, se observa una tendencia generalizada a formar centros de computación al servicio de la Administración Pública, mediante la adquisición o arrendamiento de computadores grandes.

Entre las aplicaciones más interesantes, se destaca la posibilidad de diseñar modelos tan desagregados como se desee para la planificación a corto, mediano o largo plazo.

Respecto de la empresa, el tipo de aplicaciones es similar al caso de la Administración Pública con la salvedad de que el volumen de información es, en general, considerablemente menor. Así, una aplicación frecuente en grandes empresas, es el control de costos de fabricación, en los bancos los cálculos de créditos, débitos y saldos de cuentas corrientes y de ahorros, en las empresas aéreas, el control de tráfico, vacaciones y reservas de pasajes por tramos de vuelo, etc.

Aparte de todas estas aplicaciones que son, en general, de corte contable, es necesario destacar los procesos de cálculos específicos que entrañan gran cantidad de operaciones. Piénsese por ejemplo en el cálculo de estructuras de grandes obras de ingeniería, el planeo de trabajos a través del método del camino crítico, etc. Finalmente es útil mencionar la posibilidad de recurrir a la computación para el cálculo acelerado de indicadores estadísticos básicos en la gestión de empresas: regresión, correlación, análisis de varianza, diseño de experimentos, formación de tablas de distribución de frecuencias; etc.

/En las

En las grandes empresas es posible observar una tendencia a la adquisición de computadores formando sus propios centros de cálculo. En las empresas medianas y pequeñas el arriendo por horas-mes de uso de computador es un expediente al que se recurre en forma reiterada.

4. Costos

Evidentemente hay una heterogeneidad bastante grande en los precios de un computador, dada la diversidad de éstos. Para solamente tener una idea aproximada, un computador pequeño, apto tanto para trabajos contables, como para trabajos científicos de reducido tamaño, es decir para abastecer, por ejemplo, la demanda por trabajos corrientes de una escuela universitaria, tiene un costo de 100 a 200 mil dólares. Un computador de gran potencia, del tipo que abastece las necesidades habituales de cómputo de la Administración Pública, representa un costo del orden de los 600 a los 800 mil dólares.

Los montos mencionados hacen que no todos los centros de investigación, organismos en general, empresas, etc., puedan adquirir un computador, sin embargo, se está haciendo muy común la práctica del arrendamiento por horas. Así, una hora de un computador pequeño, como el primero de los nombrados anteriormente cuesta en Chile alrededor de 100 dólares, y la hora-máquina de un computador grande tiene un costo que oscila entre los 200 y 300 dólares.



