

188



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“ DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL DE OBRAS ”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A:**

***José Gustavo Zarco Quintero***

**MEXICO. D. F.**

**1981**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## I N D I C E

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- EL DISEÑO DE SISTEMAS
  - 2.1 Teoría de Sistemas
  - 2.2 Estudio Preliminar
  - 2.3 Fase de Análisis
  - 2.4 Fase de Diseño
  - 2.5 Implantación
- 3.- LA EMPRESA CONSTRUCTORA Y EL CONTROL
  - 3.1 El Control como Sistema
  - 3.2 Tipos de Control
  - 3.3 Liderazgo y Motivación
  - 3.4 Toma de Decisiones
  - 3.5 La Computadora
- 4.- EL CONTROL DE OBRA
  - 4.1 Control de Programa
  - 4.2 Control de Costos
  - 4.3 Control de Calidad
  - 4.4 Control Financiero
- 5.- CONCLUSIONES

## P R O L O G O .

A lo largo de 4 años de experiencia como supervisor de obras, he tenido - la oportunidad de observar de cerca y desde un punto de vista objetivo, a va- rias empresas constructoras de diversos tamaños. Mi impresión general -- fué, la mayor parte de las veces, que el control que se tenía de las obras por parte de los contratistas estaba muy por debajo de los niveles que po- dríamos considerar adecuados.

Después de ésto, un año de trabajo y de intenso estudio en el área del di- seño de sistemas, en el seno de una empresa constructora, me han propo- cionado las bases para emprender el presente estudio que nace de una in- quietud personal particular.

Completar los conocimientos y la formación del ingeniero civil con algo de- experiencia en construcción, conocimientos de diseño de sistemas y algo - de ciencia administrativa, me parece una buena manera de comenzar a ata- car el problema de falta de control que en sus obras padecen las empre- sas constructoras; un problema que no puede cuantificarse pero que bien pu- diera estar costando muchos millones de pesos al país.

Aumentar la productividad y la eficiencia es el reto. Espero que este tra- bajo pueda aportar algo en este sentido y que redunde en beneficio de to- dos: promotores, ejecutantes, obreros de la construcción y usuarios. Por- un México mejor.

1. INTRODUCCION.

Actualmente todo mundo habla de sistemas. El banquero, el administrador, el vendedor, el ingeniero y naturalmente, el constructor. El concepto ha invadido aún nuestra vida cotidiana, y sin embargo el conocimiento sobre teoría de sistemas se encuentra en muy pocas manos. Existe incluso un cierto tabú respecto a la supuesta complejidad del trabajo al aplicar esta teoría.

Los sistemas siempre han existido. Lo único que ha ocurrido es que hasta ahora los hemos identificado y tratado como tales; ello fué necesario por la creciente complicación y tecnificación del mundo en que vivimos. El desarrollo de las computadoras se nutrió en gran parte de ellos, y el auge de los mini y microcomputadoras los ha traído a nuestra vida diaria. De aquí la común asociación mental entre sistemas y computadoras.

Sin embargo, los sistemas no solo existen donde hay computadoras o grandes complicaciones. Depende de nosotros el considerar y tratar a una empresa constructora, como un sistema. Podremos entonces obtener las ventajas que nos proporciona este enfoque como son una mayor claridad de concepto, mayor integración, metodologías estandarizadas, etc. Todo esto redundará en mayor eficiencia y productividad.

La actividad de la construcción es una de las más difíciles en sus aspectos de planeación y control, dentro del marco industrial. Esto se debe a su inestabilidad en cuanto a ubicación y capacidad de producción, y muy

principalmente en su producto. ¿Podemos sacar provecho del enfoque de sistemas para tratar este problema? Mi opinión es que sí podemos.

Para hacerlo, no necesitamos de grandes teóricos en sistemas ni de computadoras (que bueno que sí los tenemos), sino más bien de un conocimiento generalizado dentro del gremio de algunos conceptos fundamentales y de aspectos prácticos. De esta forma todo ingeniero puede eventualmente ser un diseñador de sistemas.

El presente trabajo se divide en tres partes principales. La primera parte trata de sistemas en general y recomendaciones prácticas para su diseño, de acuerdo a una metodología estandarizada ampliamente difundida. La segunda parte constituye la liga entre sistemas y control, al discutir el concepto de sistema de control y relacionarlo con la empresa constructora y su medio ambiente. Finalmente la tercera parte se refiere al control de obra, mencionando brevemente y comentando las distintas técnicas aplicables, sin pretender agotarlas ni profundizar en ellas. El objetivo del trabajo es proporcionar al personal de control de las empresas constructoras, un panorama general y bases prácticas para que comiencen a diseñar sus controles con enfoque de sistemas. Se recomienda acudir a la bibliografía especializada para profundizar más en temas de sistemas, y para obtener detalles operativos de las distintas técnicas de control.

El impacto de la actividad constructora en aspectos sociales y económicos a nivel nacional es muy fuerte. El constructor debe crear satisfactorios

y contribuir al bienestar social, así como producir beneficios a la propia empresa y al país para que pueda continuar su desarrollo económico, buscando al mismo tiempo una mejor distribución del ingreso. Tarea harto difícil y de gran responsabilidad que obliga a echar mano de todos los recursos disponibles para cumplirla. Tomemos en cuenta que si la empresa trabaja ineficientemente, estará necesariamente descuidando algunos de los objetivos mencionados.

¿Suena idealista? Que bueno que así sea. Trabajemos para hacerlo realidad.



**2. EL DISEÑO DE SISTEMAS.**

**2.1 TEORIA DE SISTEMAS.**

**2.2 ESTUDIO PRELIMINAR.**

**2.3 FASE DE ANALISIS.**

**2.4 FASE DE DISEÑO.**

**2.5 IMPLANTACION.**

## 2.1 TEORIA DE SISTEMAS.

### Definición de Sistema.

No pretenderé aquí dar una definición académica de lo que es sistema, dado que el grado de abstracción que requieren este tipo de definiciones puede hacerlas oscuras y poco significativas para aquellos que no están familiarizados con el concepto. Trataré en cambio de exponer una serie de ideas generales explicadas de manera sencilla, para situar al lector en el contexto en el que se desarrollará la presente tesis.

Es importante aclarar que el enfoque general del trabajo es fundamentalmente práctico, por lo que se prescindirá de rigorismos que pudieran afectar esta condición.

Decimos que un sistema es un conjunto organizado, cada una de cuyas partes se encuentra relacionada con el todo por medio de una cierta estructura. De esta manera las partes del sistema interaccionan entre sí y con el medioambiente, tendiendo hacia un fin.

Esta definición deja entrever una serie de características de los sistemas que comentaremos a continuación. La idea fundamental es, sin embargo, bien sencilla:

Un sistema puede describirse como una serie de elementos relacionados de algún modo a fin de lograr metas comunes.

### Objeto del Sistema.

El objeto u objetivo del sistema es la esencia de su configuración, y si vamos a hablar de diseño de sistemas es conveniente tener esto siempre presente.

Un sistema adquiere validez, en nuestro contexto, en función de la medida en que cumpla con los fines para los cuales fué diseñado. Debe evitarse, por lo tanto, el caer en la tentación de diseñar sistemas para satisfacer nuestro ego de diseñador, con sutilezas y sofisticaciones que no contribuyen a la realización de las metas.

Más aún debemos evitar lanzarnos a diseñar sistemas sin haber definido previamente el objeto del sistema que comenzamos a estudiar.

Quisiera hacer especial hincapié en la importancia de este punto ya que, a pesar de ser algo tan claro y evidente, es una de las principales causas de fracasos traducidos en sistemas que nunca llegan a utilizarse, que se desechan prontamente, o peor aún, que continúan trabajando sin rendir beneficio alguno.

### El Enfoque de Sistemas.

El estudio de un fenómeno pretendiendo abarcar todos los factores que en él intervienen y la forma como interactúan, contrapuesto al estudio y desmembramiento de cada uno de sus elementos, constituye una auténti-

ca revolución en la historia del pensamiento, y aún en nuestros días existen opiniones contrarias sobre la conveniencia de adoptar uno u otro enfoque.

El enfoque de sistemas se basa inicialmente en el principio conocido como principio de concausalidad, el cual establece que el desarrollo de un fenómeno cualquiera no es el efecto de una causa única, ni aún de una serie de causas, sino la consecuencia de un estado general del universo.

La aplicación práctica de este principio se realiza al conceptualizar al sistema universo como compuesto de una serie de subsistemas, los cuales se componen a su vez de otros subsistemas y así sucesivamente.

En adelante cuando utilizemos la palabra sistema nos estaremos refiriendo siempre a un subsistema contemplado desde un punto de vista más amplio.

La definición del espectro que debe abarcar nuestro sistema bajo estudio quedará determinada por aquellos factores que puedan considerarse significativos para el fenómeno en cuestión.

#### Estructura de los Sistemas.

La idea de estructura es fundamental para situarse en el contexto de los sistemas. Un sistema sin estructura no será considerado como tal.

La definición de sistema dada anteriormente, permite identificar la estructura básica general de los sistemas con dos tipos de componentes principales:

- Elementos.
- Relaciones.

Esta estructura se encuentra rodeada por un cierto medio ambiente y de esta manera queda definida también una cierta frontera del sistema.

Los elementos del sistema podemos clasificarlos en dos categorías principales no necesariamente excluyentes:

- Elementos de ejecución.
- Elementos de decisión.

Elementos de ejecución son aquellos que llevan a cabo acciones de procesamiento y transformación y constituyen la parte operativa del sistema. Elementos de decisión son aquellos que tienen como función seleccionar entre diferentes cursos de acción del proceso.

En sistemas reales generalmente la mayoría de sus elementos tienen ciertas funciones de decisión y ciertas funciones de ejecución, predominando alguna de ellas. Sin embargo, en las idealizaciones y modelos que hacemos de los sistemas para su estudio diferenciaremos a estos elementos, definiendo los puntos de ejecución y los puntos focales de decisión dentro del sistema.

En cuanto a las relaciones existen también dos tipos principales:

- Relaciones internas.

- **Relaciones externas.**

La identificación de las interacciones en el seno del sistema y con su medio ambiente, constituye parte fundamental del enfoque de sistemas.

El conjunto de relaciones constituye una red a través de la cual fluye el proceso, con flujos que atraviesan al sistema desde el exterior, otros que se originan y terminan dentro del mismo sistema, o bien que relacionan elementos del sistema con su entorno. En este caso el sistema se denomina sistema abierto.

En el caso de que las relaciones sean todas internas se hablará de un sistema cerrado.

Cabe aclarar aquí que un sistema de control será siempre un sistema abierto, ya que su función consiste precisamente en influenciar a su medio ambiente. En general la mayoría de los sistemas que estudiamos son sistemas abiertos.

Características de los Sistemas.

Los sistemas en general cumplen con una serie de características que debemos tener presentes al hacer un diseño. Las más importantes desde mi punto de vista son las siguientes:

**Estabilidad.-** Es la cualidad por la cual el sistema reacciona a los cambios que sufre el medio ambiente, manteniendo su estructura funcional.

La medida de la estabilidad del sistema estará dada por la amplitud de los márgenes de variación del medio ambiente dentro de los cuales puede responder.

**Adaptabilidad.-** El sistema debe ser capaz de evolucionar dinámicamente en su estructura y funcionamiento cuando la variación en los factores externos trasciende los márgenes de la estabilidad, conservando su eficacia y su orientación al objetivo. Al hecho de poder alcanzar el sistema el mismo objeto por caminos diferentes, según los requerimientos de factores externos e internos, se le conoce como "principio de equifinalidad".

**Eficiencia.-** Consiste en la habilidad del sistema para obtener sus fines con economía de medios y empleo óptimo de recursos.

**Sinergia.-** Es la característica de tener el sistema una capacidad de actuación mayor a las de sus elementos sumados individualmente.

Estas características que explicadas así en abstracto pueden parecer poco significativas, adquieren importancia relevante al momento del diseño. Es una lástima el fracaso de un sistema, por ejemplo, al no ser económicamente adaptable cuando las variaciones en la situación de la empresa, o del medio económico, o del estado del arte en una cierta tecnología, etc., sobrepasan los límites de su estabilidad. Por extraño e incomprendible que parezca, esta situación es mucho más común de lo que cabría esperar.

La estabilidad y la adaptabilidad serán especialmente importantes en el caso de sistemas de control de obra, dada la extrema variabilidad en las características de las obras, por un lado, y la necesidad de tener un sistema uniforme y consistente dentro de lo posible para el control de ellas.

### La Empresa como Sistema.

Veamos ahora como se aplican los conceptos anteriormente expuestos a una empresa, la cual pudiera ser una constructora, que es el caso que nos interesa.

Una empresa es uno de los ejemplos más característicos de un sistema abierto que podemos citar. El sistema empresa puede considerarse a su vez formado por una serie de subsistemas que mencionaremos más adelante.

Imáginese el lector una empresa cualquiera que conozca y no le será difícil identificar los distintos componentes, tanto de ejecución como de decisión, los puntos focales de responsabilidad, así como la red de relaciones internas y externas.

La importancia de considerar a la empresa como sistema radica en los objetivos de ésta. La única manera de hacer congruente la actuación de cada uno de los subsistemas que la componen con estos objetivos, es identificando los componentes de estos subsistemas y las relaciones que guardan entre sí, tanto interna como externamente. De este manera debe -



rán eliminarse los conflictos entre objetivos globales y objetivos particulares, evitando así trabajos inútiles e ineficientes al lograr el concierto de esfuerzos de todos los elementos.

El sistema empresa comprende una gran variedad de subsistemas, los cuales se entrelazan e interaccionan de muy diversas maneras, de forma que no es fácil diferenciar a unos de otros.

Podríamos intentar clasificar a estos subsistemas en grupos principales, como serían:

Sistemas operativos.

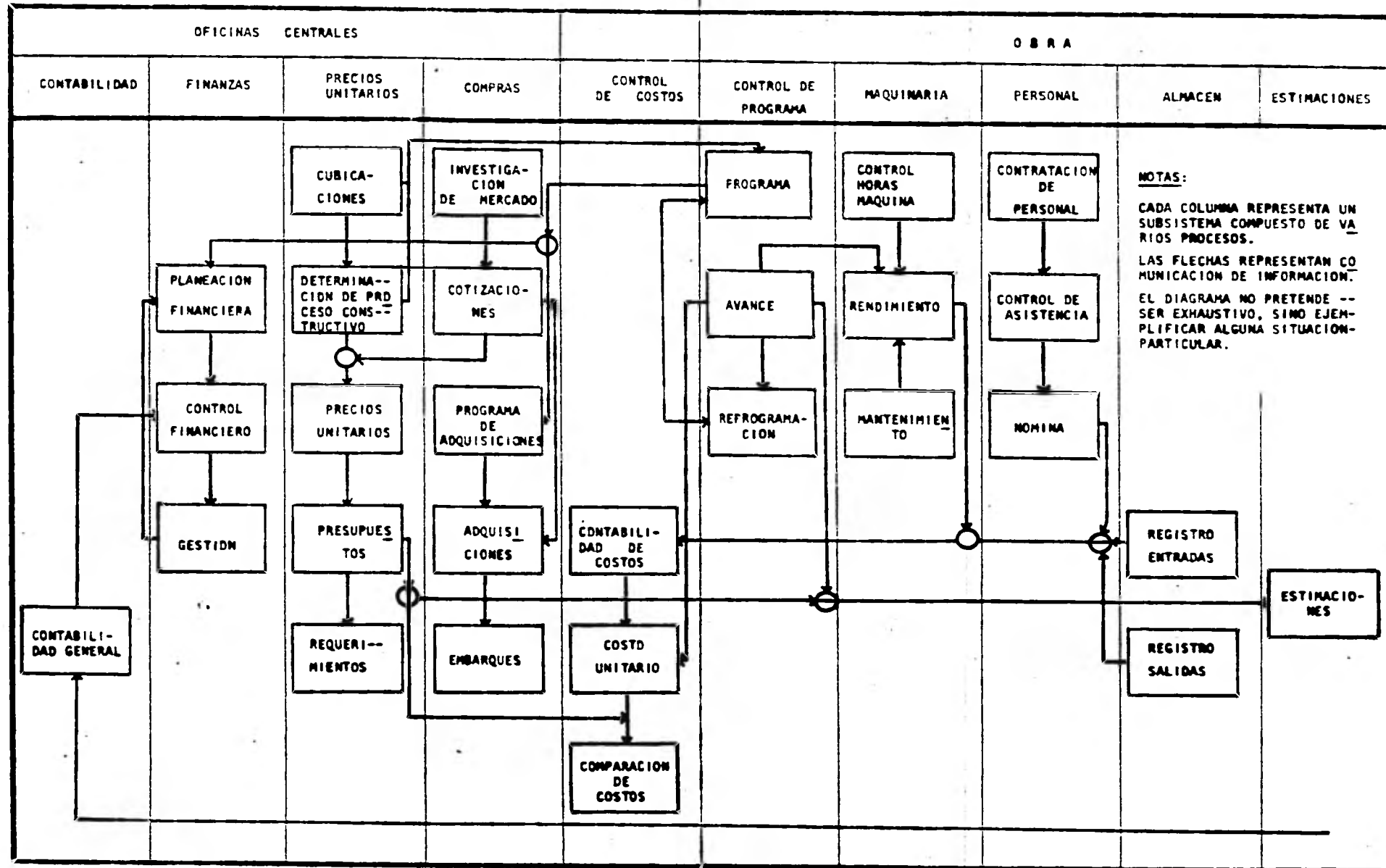
Sistemas administrativos.

Sistemas de relación.

Sistemas de recursos, etc.

La definición específica de estos grupos depende ya de cada empresa particular. Algunas veces coincidirán con la estructuración propia de la empresa, identificándose con los distintos departamentos, gerencias, etc. - Otras veces se encontrará a sus componentes dispersos por toda la organización. Así un sistema de recursos humanos, por ejemplo, puede estar concentrado en un departamento de personal, o bien diseminado por toda la compañía. Y los elementos que compongan a este sistema pueden dedicarse -- 100% a él, o formar parte también de sistemas de información, de planeación, de decisión, de operación, etc.

Es mi opinión que un estudio que identifique estas situaciones y en



EJEMPLO DE DIAGRAMA DE SISTEMA-EMPRESA

su caso proponga estructuraciones más funcionales, será muy provechoso - para cualquier empresa y debiera realizarse periódicamente ya que la tendencia natural es hacia el crecimiento desordenado.

### Las Fases del Diseño.

Tradicionalmente en el medio de sistemas los "Analistas de Sistemas" e "Ingenieros en Sistemas", han convenido en considerar al proceso seguido para desarrollar un sistema como compuesto por una serie de etapas que comprenden:

- Análisis preliminar.
- Análisis detallado.
- Diseño conceptual.
- Diseño detallado.
- Programación.
- Implantación.

Explicaré ahora brevemente en que consiste cada etapa, y con detalle en el resto del presente capítulo.

La fase de Análisis o Estudio Preliminar abarca el proceso de planeación del sistema, incluyendo detección de la necesidad, determinación del problema, fijación de objetivos, estudio de diversas alternativas y -- evaluación de las mismas, alcances, factibilidad, recopilación de recursos, presupuesto.

El Análisis Detallado se enfoca al estudio del proceso del sistema, empleando diversas herramientas para lograr una visión clara y de conjunto de lo que deberá ser el sistema, identificando sus elementos y las relaciones existentes entre ellos.

El Diseño Preliminar y Diseño Detallado los he reunido en una sola fase en la cual se determina con exactitud la estructura del sistema, definiendo el quién, cómo, dónde y cuando de cada proceso, las entradas y salidas, los archivos, etc.

La fase de Programación, existente solo en el caso en que se opte por un sistema computarizado, ya que se refiere a la elaboración de los programas para la computadora, no será estudiada en esta tesis por ser un trabajo muy especializado que debe realizar un programador. Por otro lado el enfoque global de la tesis es el de ser lo suficientemente general, como para poder aplicar los conceptos que en ella se exponen tanto a sistemas computarizados, como no computarizados.

Finalmente he llamado fase de Implantación a lo que algunos dividen en Prueba, Instalación, Operación y Mantenimiento.

Algunos autores distinguen una fase de documentación, que en realidad es, o por lo menos debe ser, continua durante todo el desarrollo del sistema. Esta fase consiste en la elaboración de una carpeta con todos los documentos relativos, como pueden ser: formas preimpresas utilizadas, diagramas de flujo, memorias de entrevistas, instructivos, listados de programas, etc.

## 2.2 ESTUDIO PRELIMINAR.

### Datos Generales.

La fase de estudio preliminar tiene objetivos duales: por un lado, el análisis preliminar del problema, y por otro, la planificación del trabajo para el desarrollo del sistema. A continuación expondré como se logran estos objetivos.

El primer paso para la realización del estudio preliminar consiste en la recopilación de los datos generales básicos. Esta acumulación de datos tiene primordialmente fines de exploración, y por lo tanto deben eliminarse los detalles. El objetivo es separar los factores del problema, no descubrir soluciones. Debe procurarse sin embargo que se abarquen todos los campos en los que sea necesario investigar, es decir que la recopilación deba ser completa.

Es importante registrar toda la información recopilada, en forma clara y concisa, haciendo uso de tablas, cuadros, gráficas y formas prediseñadas de recopilación. De lo contrario es posible que lo que parecía claro al momento de levantar la información resulte confuso cuando se intenta analizarla poco tiempo después.

Se obtiene de esta manera toda la información que puede afectar a la planeación del sistema, como sería:

- Procedimientos actuales y anteriores, operaciones que se rea-

lisan y la relación que hay entre ellas, responsabilidades, -  
costos, etc.

- Volúmenes de datos a manejar.
- Limitaciones de tiempo para el proceso.
- Periodicidad del proceso.
- Políticas internas o externas relativas.
- Retención de la información (requerimientos de archivo).
- Requerimientos adicionales del sistema.

Para levantar esta información se emplean dos métodos generales:

- Resumen de operaciones.
- Entrevistas.

Llamamos resumen de operaciones o investigación documental al estudio de -  
toda la documentación existente, es decir, instructivos, diagramas de flujo-  
de procedimientos utilizados actualmente, reglamentos y leyes, políticas de-  
la compañía, estadísticas, informes, etc.

La entrevista complementa al método anterior, y debe hacerse en todos los-  
niveles relacionados con el sistema.

Realizar una entrevista exitosa no es tarea fácil y requiere una preparación  
cuidadosa de ésta, así como carácter y personalidad de parte del entrecis-  
tador, conocimiento de la personalidad del entrevistado y su situación den-  
tro de la empresa, imparcialidad, y muchos otros factores. Los resultados  
que pueden obtenerse de ella compensan, con creces, el trabajo invertido,  
por lo que se recomienda no escatimar esfuerzos en la aplicación de este -

método de recopilación

Objetivos y Alcances.

Una vez que se han recopilado los datos generales y se ha logrado una visión de conjunto de la situación, se tienen las bases para definir el problema, y a la vista de esta definición fijar los objetivos y los alcances que deberá tener el sistema.

La definición del problema es conveniente que sea hecha con todo detalle, por escrito, y que se incluya en la documentación del sistema. No puede exagerarse la importancia de este punto, ya que una mala definición al iniciar los trabajos puede llegar a significar semanas o meses de esfuerzo -- inútil.

Debe comentarse esta definición con el mayor número posible de personas involucradas con el problema, hasta hacerla lo más completa posible.

A partir de este momento es posible ya fijar los objetivos del sistema e inmediatamente los alcances que tendrá. Es probable que se obtengan varias alternativas dentro de este renglón. Es conveniente considerarlas a todas -- ellas factibles en principio hasta que sean sometidas a un análisis más detallado, para que en una etapa posterior se estudien los distintos procedimientos que pueden seguirse para lograr cada una de estas alternativas y -- completar así un cuadro para la evaluación de proyectos.

Factibilidad, Evaluación, Selección.

Como señalé anteriormente, es conveniente tener completo el cuadro de alternativas para el proyecto antes de hacer la evaluación de ellas y selección de la más adecuada. Este cuadro debe abarcar dos dimensiones:

- Los alcances del sistema pueden variar para resolver uno o varios puntos de la definición del problema.
- Dentro de cada alcance definido pudieran existir varias alternativas de solución en cuanto a procedimiento.

La evaluación de las alternativas puede no ser tan objetiva como en los -- proyectos, digamos, de construcción de carreteras, sin embargo los principios fundamentales son los mismos.

Empezamos por eliminar aquellas alternativas que no sean factibles o que -- resulten a nuestro juicio evidentemente imprácticas. Este paso puede ahorrar mucho trabajo posterior, sin embargo debe tenerse una mentalidad abierta y audaz para no encerrarse en lo establecido y evitar desechar ideas -- brillantes solo por estar fuera de lo común.

Enfocaré a continuación el estudio de la evaluación directamente sobre proyectos de sistemas de control, pretendiendo mostrar que los criterios de -- análisis beneficio-costos son aplicables a este tipo de proyecto, y que deben llevarse a cabo.

El control es una actividad que estrictamente no puede ser considerada como productiva. Por lo tanto no podemos medir la "productividad" de un sis -



tama de control. Sin embargo el control evidentemente produce ciertos beneficios.

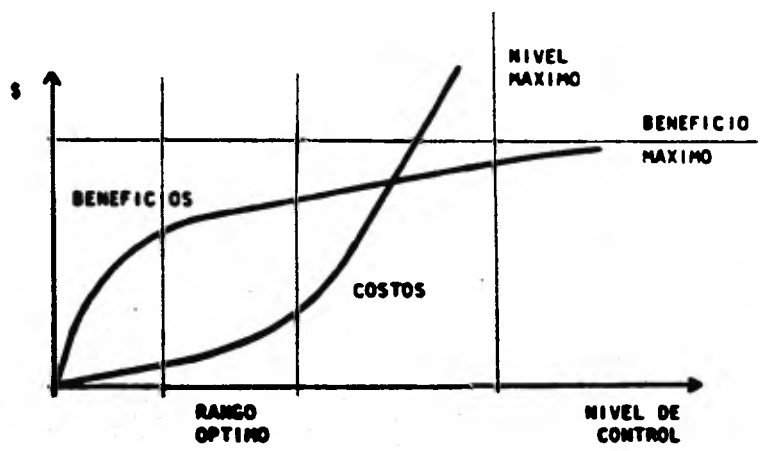
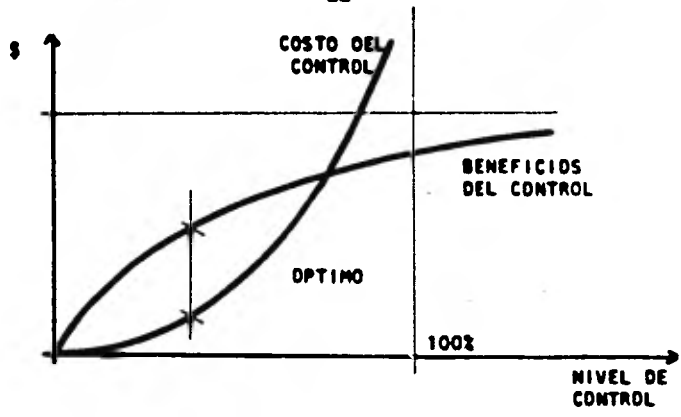
Por otro lado, es claro que el control consume recursos: horas hombre tanto en obra como en oficinas centrales, papelería, tiempo de computadora en su caso. Estos factores constituyen los costos del sistema y pueden determinarse con facilidad.

Podemos suponer razonablemente que si lleváramos a una gráfica los costos y beneficios del control, contra una variable que llamaremos "nivel de control", ésta tendría un aspecto similar al mostrado en la figura.

Por "nivel de control" definiré a los alcances del sistema, logrados con -- los métodos y procedimientos de máxima eficiencia.

Los beneficios del control no son medibles, antes de la ejecución de los trabajos. Sin embargo pueden hacerse estimados, llevar estadísticas de -- trabajos pasados, incluir análisis de probabilidad conjunta con probabilidades a priori, etc. Cualquier intento para medir estos beneficios, mientras sea objetivo, es mejor que no hacer nada. El tomar en cuenta la experiencia del constructor en estos análisis es fundamental.

En el caso de llevar estadísticas de trabajos pasados, el control mismo nos proporciona los parámetros para su evaluación al obtener los porcentajes de variación entre los estimados y los valores reales. Estas variaciones pueden ser una medida del nivel de control, siempre que los estimados hayan sido buenos.



En general debemos suponer que una variable tendrá mayor probabilidad de adquirir el valor estimado cuando el nivel de control sea mayor.

Por otro lado la determinación del nivel óptimo de control se simplifica si se toma en cuenta que más bien debe existir un rango más o menos amplio en el cual pueda considerarse que se cumple la condición de optimalidad, que en general sería la diferencia máxima entre los beneficios y -- los costos.

En general el costo de aumentar el nivel de control en la zona de bajo control es pequeño, y tiende a aumentar hasta volverse asintótico a un valor para el cual el nivel de control no aumenta al invertirle más recursos. -- Por otro lado los beneficios obtenidos aumentan muy rápidamente al principio y tienden a un valor máximo. De acuerdo a éstos criterios la gráfica de beneficios y costos contra nivel de control tendría tal vez un aspecto más parecido al de la 3/a gráfica. .

En esta forma sería más fácil determinar un punto dentro del rango óptimo para nuestro nivel de control.

#### Programa.

Siempre será conveniente la elaboración de un programa para el desarrollo del sistema, que nos ayude a controlar los trabajos de cada una de las -- fases restantes.

Un proyecto de sistema de control de obra para una gran empresa construc-

tora, como hay varias en México, puede consumir gran cantidad de recursos durante varios meses incluyendo Ingenieros en Sistemas, Analistas, Programadores, Ingenieros Civiles, personal de apoyo (capturistas, secretarias, dibujantes), tiempo de máquina, etc.

En este caso se justificará un programa detallado que haya sido elaborado por algún método de Ruta Crítica, y en el cual se señalen fechas calendarizadas para alcanzar ciertos puntos críticos del trabajo, así como los responsables de estos trabajos.

Sin embargo aún para un sencillo sistema en el cual invierta una sola persona un par de semanas de trabajo y que vaya a ser llevado manualmente, es conveniente elaborar un pequeño programa por medio de un diagrama de barras que nos permita medir nuestro desempeño y asignarnos los recursos que sean necesarios.

### Presupuesto.

Junto con el programa, el responsable del desarrollo del sistema deberá elaborar un presupuesto para el cual deberá tomar en cuenta todos los factores posibles de costo, como pueden ser:

- Fuerza de trabajo y de apoyo.

Gerentes.

Ingenieros.

Analistas.

Diseñadores.

Programadores.

Secretarias.

**Operadores de Computadora.**

**Ayudantes administrativos.**

**Redactores técnicos.**

**Ayudantes de oficina.**

**Mensajeros.**

**Consultores.**

- **Equipo.**

**Tiempo de computadora.**

**Para captura**

**Para ensamble y compilación.**

**Para desarrollo.**

**Para pruebas.**

**Para simulación.**

**Para mantenimiento del programa.**

**Para mantenimiento del equipo.**

**Cambios especiales al equipo de cómputo actual.**

**Equipo de reproducción de documentos.**

- **Varios.**

**Papelería en general.**

**Papelería para computadora.**

**Material magnético para computadora. (Discos, cintas)**

**Gastos de almacenamiento.**

**Viajes. (a obra, por ejemplo)**

**Sistemas de programas arrendados.**

**Sistemas de programas comprados.**

**Adiestramiento de personal.**

### 2.3 FASE DE ANALISIS.

Se dijo anteriormente, que el Análisis Detallado se enfoca al estudio del proceso del sistema, empleando diversas herramientas para lograr una visión clara y de conjunto de lo que deberá ser el sistema, identificando sus elementos y las relaciones existentes entre ellos.

En esta etapa y en la siguiente de diseño la participación del que será, en un futuro, usuario del sistema es de capital importancia. Si bien no siempre podrá determinar exactamente cuales son sus necesidades, y qué es lo que requiere del sistema, será función del analista lograr la determinación conjunta de estos requerimientos.

A continuación se explican algunos de los métodos más empleados para lograr estos objetivos.

#### Análisis de Requerimientos de Información.

Hemos hablado con anterioridad de los distintos subsistemas que componen al sistema empresa. Es fácil darse cuenta que un denominador común de todos estos sistemas es el manejo de información. El sistema de información, cuyos elementos forman parte a la vez de otros sistemas, constituye el sistema nervioso de la organización. Es por ello que aquí nos extendemos un poco sobre él.

Se ha dicho que la información es uno de los pocos bienes para los cuales el único peligro mayor al de tener muy poca, es tener demasiada. Lograr-

un sistema que proporcione a cada persona en cada nivel de la organización la información exacta que requiere, es un reto para la habilidad de análisis y de síntesis del diseñador de sistemas.

La información tiene dos funciones principales:

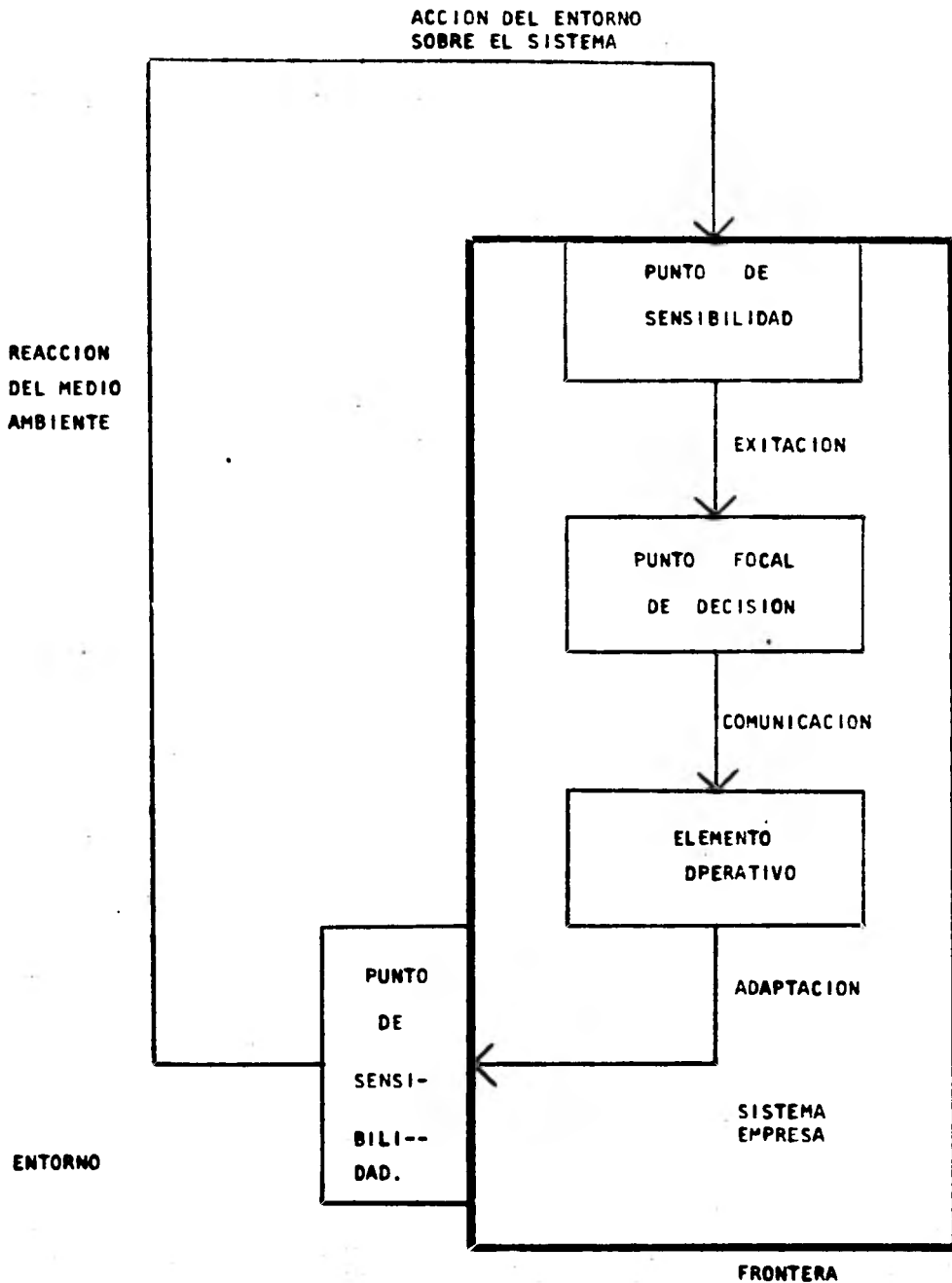
- **Exitación.** Proporcionar el conocimiento de los fenómenos que ocurren en el entorno, alimentando a los puntos focales de decisión con los elementos que requieren para cumplir su función.
- **Comunicación.** De la decisión tomada a los elementos operativos o ejecutorios que deben cumplirla.

La repetición cíclica de estas dos funciones constituye la realimentación, que es el principio base fundamental del control.

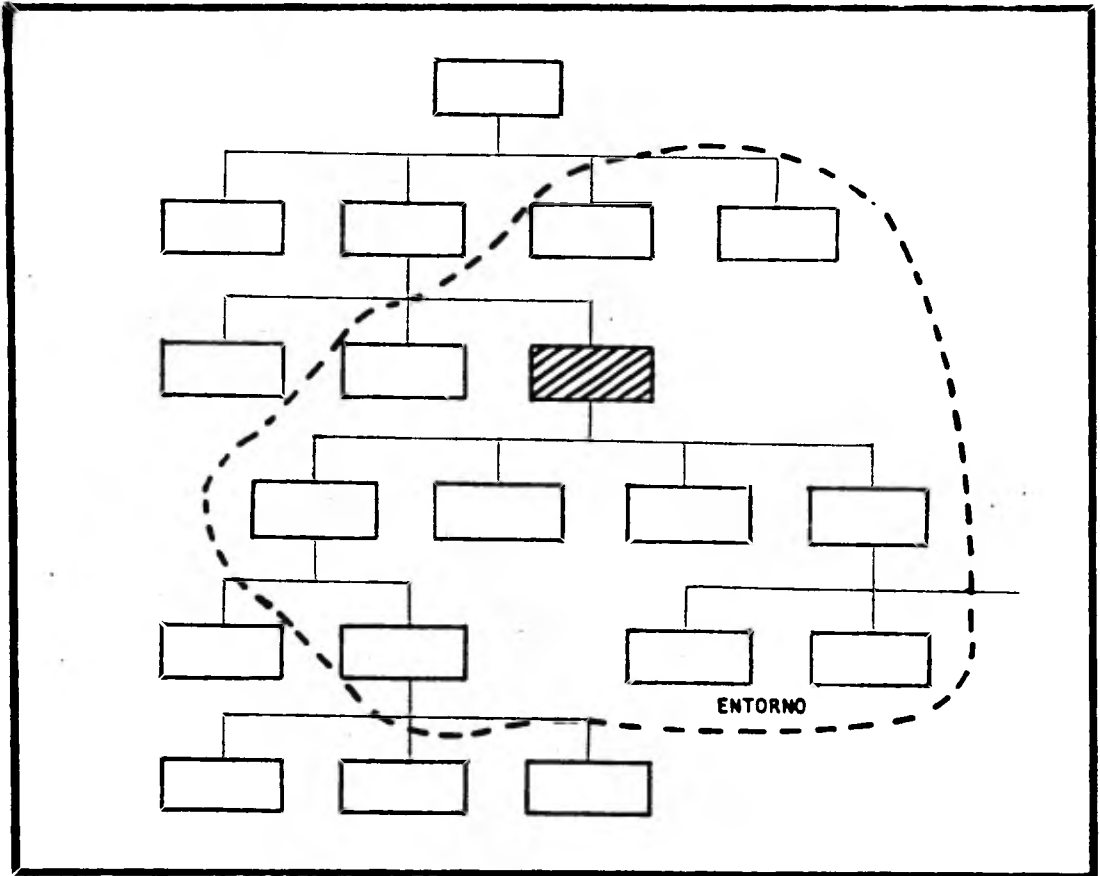
Por otro lado dentro de la organización de la empresa los puntos de decisión pueden encontrarse en distintos niveles de la estructura organizativa, lo cual hace variar sus requerimientos de información.

La información accesa estos distintos niveles pasando a través de una serie de filtros, ya que se presenta el fenómeno conocido como involución. Este consiste en el hecho de que cada componente depende de otros para tener contacto con el medio ambiente, ya que su entorno directo se reduce al formado por parte de la organización, y tal vez parte del medio ambiente externo.





REALIMENTACION PRINCIPIO FUNDAMENTAL DEL CONTROL



FENOMENO DE INVOLUCION

De esta manera el entorno reduce sus fronteras para determinados componentes llegando incluso a dejarlos aislados del medio externo. Esto se debe a una deficiente irrigación de los datos ambientales dentro del sistema.

Para determinar los requerimientos de información de cada persona, debe estudiarse el tipo de decisiones tomadas por esa persona y la información necesaria para tomarlas. Esto es necesario ya que comunmente el tomador de decisiones no tiene identificada exactamente cuál es la información -- que necesita, y si es preguntado al respecto, solicitará más información, y con mayor desgloce, lo cual quita objetividad a su decisión.

Debemos, pues, diseñar nuestros sistemas de información de manera que -- proporcionen a cada quién lo que requiere, filtrándose progresivamente y -- logrando una síntesis mayor a medida que avanza hacia los niveles más altos de la estructura, y un desgloce mayor en el sentido inverso, para lograr la máxima permeabilidad posible.

Determinar los requerimientos exactos para lograr este tipo de diseño, es algo que debe hacerse en la etapa de Análisis Detallado.

#### Análisis de Documentos.

Una de las fuentes más objetivas de información referente a un cierto sistema son los documentos que éste emplea, tanto sus entradas como sus salidas.

En el caso de mejoramiento de sistemas ya existentes este procedimiento rinde generalmente resultados muy satisfactorios, ya que pone al descubierto un alto porcentaje de las deficiencias y fallas del sistema. Cuando se trate de sistemas nuevos a implantar deberá hacerse un estudio similar, basado en las necesidades detectadas tanto de información como de operatividad.

Puede, en verdad, ser impresionante el número de campos dejados en blanco en las formas preimpresas, así como los utilizados con fines distintos a los previstos, las anotaciones al margen, la cantidad de copias que terminan en un basurero y la cantidad de documentos que llegan a un archivo sin que ha nadie hayan rendido, ni vayan a rendir, beneficio alguno. Todo esto sin contar las innumerables veces que se repiten los datos en distintos documentos con distintas presentaciones, o los volúmenes de formas almacenadas que nunca se usaron ni se usarán.

Todos estos detalles conducen a un sistema inconsistente y altamente ineficiente, si no es que caótico. Este tipo de fallas son el resultado del diseño día a día, improvisando formas y documentos a medida que se van necesitando y sin hacer un análisis de ellos, como parte de un sistema.

No debe, pues, considerarse que este análisis puede hacerse someramente o bien pasarse por alto. Determinar con anticipación, y con enfoque de sistemas, los documentos requeridos, su utilización, quien los elaborará, a quién estarán dirigidos, que información contendrán, con que --

grado de desgloce, cómo se archivarán, de donde provendrá la información; todo ésto debe hacerse justo en este momento, en la fase de Análisis.

Obsérvese que el estudio de estos factores constituye un gran paso en la identificación de los elementos del sistema y las relaciones existentes entre ellos.

Algunas herramientas que pueden emplearse para facilitar estos análisis son:

El diagrama de flujo de documentos.

El diagrama de operaciones.

Las matrices de cobertura.

#### El Diagrama de Flujo de Documentos.

Es una herramienta tanto de diagnóstico como de análisis, ya que permite estudiar sistemas ya existentes, o bien sistemas que estén por diseñarse.

Los detalles de diagrama se establecen en cada instalación, si bien es conveniente ajustarse a cierta simbología estandarizada convencional, que se muestra en la figura.

Es importante que el diagrama refleje también una secuencia de tiempos de arriba a abajo, colocando en primer término los sucesos que ocurren antes.

SIMBOLOGIA PARA DIAGRAMAS DE FLUJO DE DOCUMENTOS



INDICA EL PUNTO INICIAL O DE  
TERMINACION DE UN DIAGRAMA



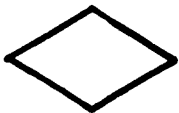
DOCUMENTO



PROCESO O PROCEDIMIENTO



OPERACION MANUAL



DECISION



CONECTOR



PROCEDIMIENTO REPETITIVO  
Y ESTANDARIZADO



ARCHIVO

SIMBOLOGIA ADICIONAL PARA DIAGRAMAS DE FLUJO  
DE DOCUMENTOS QUE INCLUYEN PROCESAMIENTO POR  
COMPUTADORA.



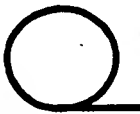
TARJETA PERFORADA



PANTALLA DE VIDEO



ALMACENAMIENTO EN  
DISCO MAGNETICO



ALMACENAMIENTO EN  
CINTA MAGNETICA



OPERACION DE ENTRADA O  
SALIDA A LA COMPUTADORA

Este tipo de diagramas puede ser también de suma utilidad durante la implantación del sistema, para explicar al personal la mecánica del procedimiento, y como referencia rápida en caso de duda, ya que su interpretación es bastante sencilla para cualquier persona.

Por otro lado define y señala las responsabilidades de cada persona, -- lo cual es especialmente importante para el control como veremos en el siguiente capítulo.

En el diagrama se utilizan tantas columnas como entidades toman parte en el proceso del documento, y sobre estas columnas se dibujan las distintas etapas de este proceso.

El ejemplo mostrado a continuación, para el caso de una cierta estimación de obra se explica a sí mismo.

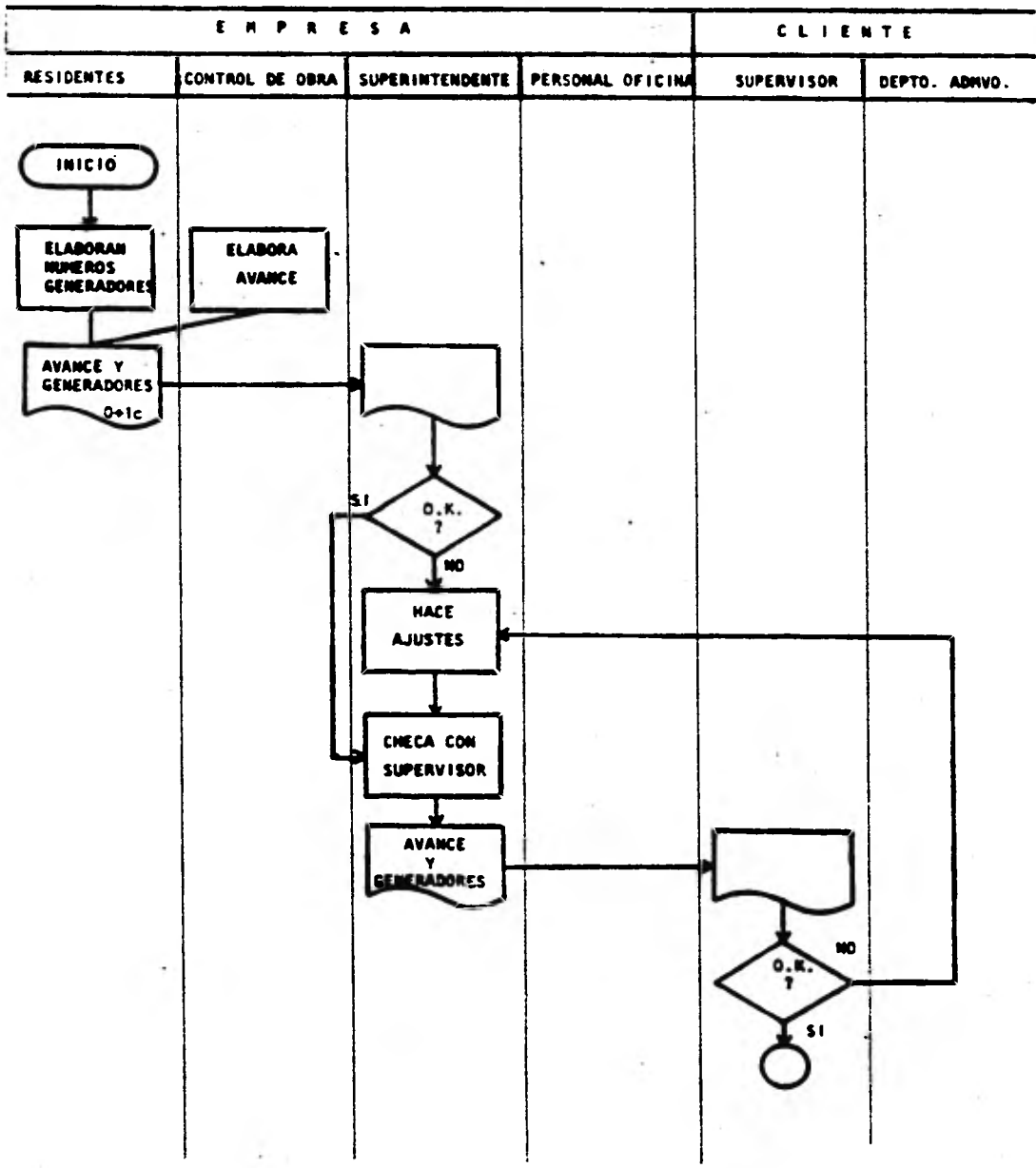
#### El Diagrama de Operaciones,

Es similar al Diagrama de Flujo de Documentos, con la única diferencia de presentar todos los documentos y procedimientos relacionados con un sistema o subsistema.

La simbología, la secuencia y la utilización son las mismas, y es opción del analista utilizar cualquiera de estas herramientas. El diagrama de Operaciones, con ser más complejo, requiere de mayor trabajo en su elaboración e interpretación, sin embargo proporciona una visión de con



DIAGRAMA DE FLUJO DE DOCUMENTO ESTIMACION







junto más adecuada al enfoque de sistemas.

Existen muchas variantes de este tipo de herramientas, sin embargo los principios básicos son los mismos a los que aquí presentamos. Se recomienda su utilización en todos los casos ya que el tiempo invertido en ellos puede evitar muchas inconsistencias y ahorrar dolores de cabeza tiempo después, durante la fase de implantación.

### Las Matrices de Cobertura.

Son una herramienta con múltiples aplicaciones basadas todas ellas en el mismo principio; relacionar graficamente dos variables dadas por medio de una tabla o cuadro de tipo matricial.

Puede así identificarse por ejemplo una serie de documentos con los datos que contienen o deben contener, personas con responsabilidades o tareas, datos con el origen del cual pueden obtenerse o el destino al cual deben dirigirse, condiciones de ciertas variables con las acciones a tomar en cada caso (tablas de decisión programada), etc.

Corresponde al analista utilizar su inventiva e imaginación para sacar el mayor provecho a esta herramienta. Una serie de tablas constituyen un arreglo matricial tridimensional que permite relacionar tres variables. Cuatro o más variables pueden también manejarse pero la complicación inherente puede restar claridad al enfoque con lo cual se perdería el sentido de la utilización de la herramienta.

Se muestra a continuación un caso ejemplificatorio del uso de matrices de cobertura.



#### 2.4 FASE DE DISEÑO.

En esta etapa se determina el funcionamiento del sistema con todos sus detalles, definiendo, como ya lo he dicho, el quién, cómo, dónde y cuándo de cada proceso, las entradas y salidas, los archivos, etc. Para esto se utilizan herramientas muy similares a las del análisis, por lo que ahora pondré énfasis más bien en su aplicación.

Vuelvo a insistir en este punto sobre la importancia de la participación -- del usuario, si bien sin tener nada que ver con el trabajo técnico de diseño directamente, pero supervisando que la concepción del sistema sea lo que él requiere y aportando sus ideas en este sentido.

##### Estructura de Proceso,

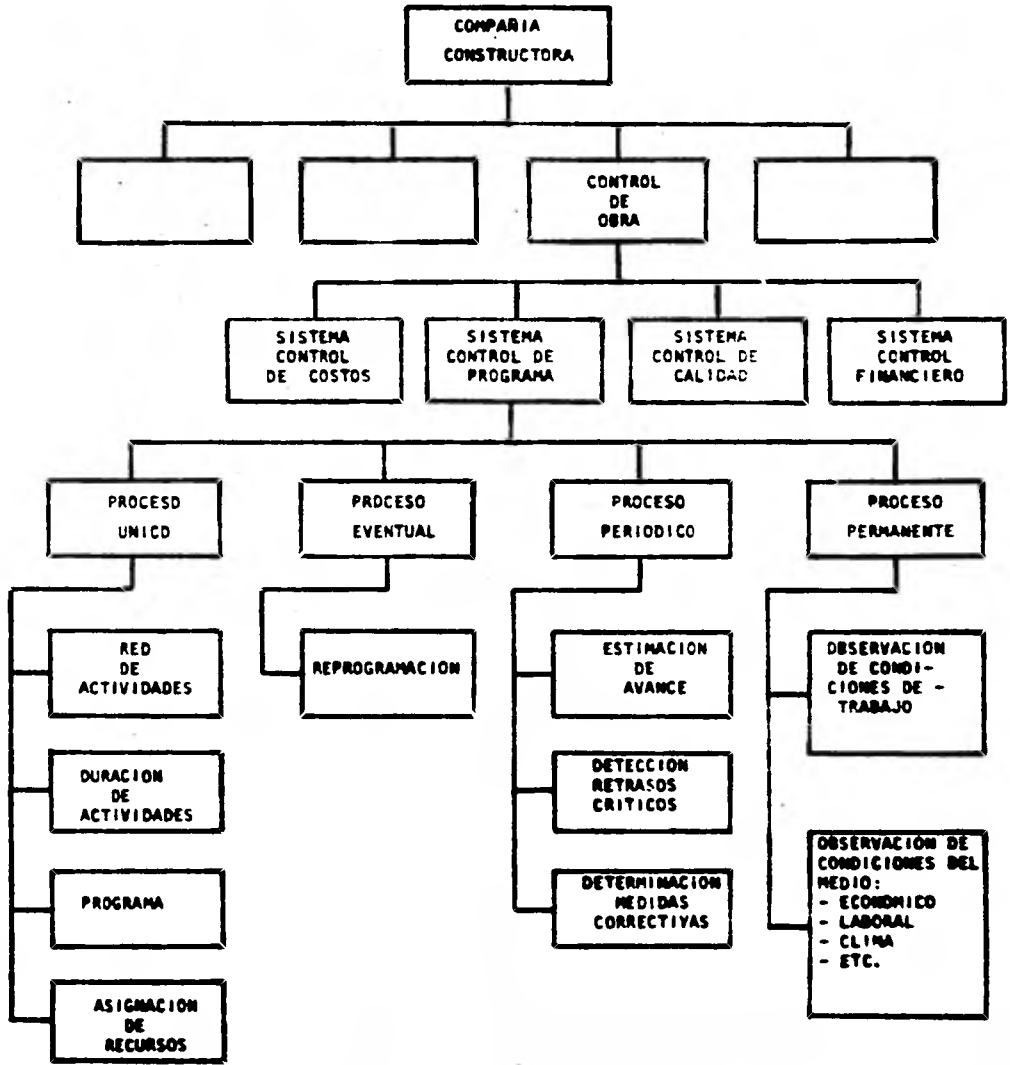
El primer paso del diseño, es definir cuáles procesos habrá de realizar el sistema. La forma más sencilla de hacer esto y lograr que el conjunto de procesos sea consistente y lógico, es decir de que forme un sistema, es establecer una estructura jerárquica para los procesos. De esta forma, podemos partir del nivel más alto y más general, e ir desglozando al tiempo que avanzamos hacia niveles inferiores.

La representación gráfica de esta estructura jerárquica es lo que llamamos diagrama de proceso, y puede equipararse a lo que sería el "organigrama del sistema".

De acuerdo a su ubicación en el tiempo, se acostumbra agrupar a los procesos en: Proceso único, proceso eventual, procesos periódicos (semanal, mensual, bimestral, diario, etc.) y proceso permanente.

A continuación se incluye un diagrama de proceso para un sistema específico dado, a manera de ejemplo.

De acuerdo con el grado de detalle requerido, según la complejidad del sistema, cada proceso se divide en operaciones, éstos a su vez en suboperaciones (que pueden ser los distintos programas de computadora, en el caso de un sistema mecanizado,) etc.



ESTRUCTURA DE PROCESOS



### Formas de Entrada,

Son las formas por medio de las cuales se levanta la información que requiere el sistema, y se alimenta a éste.

Las formas de entrada deben ser claras, sencillas, y la información aparece en el orden en el cual será levantada. Se analizarán los datos que contiene para que aquellos que sean constantes vengan preimpresos, y los que admitan solo algunas opciones permitan seleccionar entre éstas. En cuanto sea posible se evitará que los datos requieran tratamiento extra antes de alimentarse al sistema, tal como sería transcripción, modificación de formato, etc. Esto es especialmente importante en el caso de sistemas computarizados, para los cuales se procurará diseñar formas que recojan la información ya codificada para su captura.

La uniformidad de las formas es otro factor importante, pues facilita su manejo al estar el personal familiarizado con un grupo de formas similares y de diseño uniforme para un sistema dado.

La clasificación de las formas también debe hacerse cuidadosamente pues permite sistemar su manejo, distribución, utilización, etc. El almacenaje y la reposición así como cualquier otra operación que se realice con ellas deberá utilizar la misma clasificación.

El diseñador de formas debe conocer perfectamente el sistema, y debe él mismo tener una formación de sistemas. Preferentemente será el mis

mo diseñador del sistema el que se encargue por lo menos del diseño - grueso de las formas.

Además de ésto, deberá tener un conocimiento adecuado de factores como:

Técnicas de impresión.

Tipos de papel. Clases y pesos.

Tamaños estandar de papelería.

Espaciamiento requerido.

Volúmenes de orden vs. Costo, etc.

En estos renglones a menudo los vendedores de formas son expertos; por lo que podemos solicitar su opinión. Algunas de las casas más grandes cuentan incluso con manuales muy completos al respecto, los cuales - nos pueden proporcionar bajo solicitud, y formas con cuadrícula a tamaños estandar de letra (usualmente 1/6" ó 1/8" x 1/10") para facilitar el trabajo.

#### Formas de Salida,

Serán principalmente los reportes que produzca el sistema, y constituyen uno de los productos principales del mismo; de aquí su importancia.

La definición de los documentos que debe emitir el sistema, así como - qué información deben contener, cuál será su distribución, su periodicidad y disposición después de su uso, deben haber sido definidos ya --

en la etapa de análisis.

Muchas veces estos documentos serán las entradas de otros sistemas. --  
Siendo éste el caso deberá tenerse en cuenta su adecuación a ambos fi --  
nes.

El punto más importante a cuidar aquí es la claridad de la información. --  
Una forma oscura y llena de cifras sin aparente significado para la per --  
sona a la cual se dirige puede echar a perder todo el trabajo anterior --  
del sistema. Una forma que permita de un vistazo rápido tener la infor --  
mación clave, y con estudio un poco más detenido los detalles, dará --  
significado a todo este trabajo. Aún la apariencia de la forma es impor --  
tante, al atraer la atención y motivar su estudio.

La información deberá aparecer en un orden lógico, resaltando los distin --  
tos niveles de desglose. El nombre de la forma, indicativo del tipo de --  
información que contiene, deberá llamar la primera atención del observa --  
dor. La fecha puede ser otro dato importante muchas veces.

Los títulos de columnas y renglones en su caso deberán dejar claro a --  
qué información se refieren, y la distribución espacial de los datos en --  
la forma será tal que permita referenciarlos inmediatamente a los títulos --  
respectivos.

En todos los casos en que puedan incluirse ayudas gráficas, deberá ha --

cerse, pues clarifican la información y dan idea de tendencias y proyecciones, distribuciones, etc.

En el caso de tablas de datos puede ser muy conveniente el uso de porcentajes por renglón o por columna, siempre y cuando quede bien claro su significado.

Es conveniente recordar que las formas deben ser uniformes. De esta manera el usuario obtendrá todo el provecho de ellas al conocerlas y estar familiarizado con sus características.

#### Diseño de Archivos.

Aclararé primero el concepto que se maneja en el medio del diseño de sistemas, el cual tiene su origen en la idea de archivo que se utiliza en el trabajo con computadoras.

Entiéndase por archivo un almacenamiento de datos, no solamente como destino final de éstos, sino también con el propósito de operarlos, manejarlos, ordenarlos, alimentarlos a algún proceso, etc.

A partir de esta concepción puede entenderse la importancia del diseño de archivos, al convertirse éstos no en un almacenamiento bruto de datos, sino en una verdadera estructura de información. Factores importantes como la disponibilidad de la información, los tiempos de acceso a ella, etc. dependen de este diseño. Naturalmente este tipo de diseño

es indispensable en el caso de sistemas computarizados, sin embargo --  
creo que debiera hacerse también en todos los casos para sistemas ma --  
nuales.

La metodología es muy sencilla, y consiste en agrupar los datos de natu -  
raleza similar. De esta manera se arman los registros, entendiendo como  
tal a un agrupamiento de los datos correspondientes a un solo suceso en -  
particular.

Ejemplos de registros pueden ser:

- Una ficha conteniendo los datos de un empleado.
- Un renglón de un presupuesto conteniendo los campos siguien -  
tes: partida, concepto, cantidad, P.U., importe.
- Un renglón de un reporte de avance con los datos: No. de ag -  
tividad, descripción, duración programada, fecha de iniciación  
programada, fecha de terminación programada, avance progra -  
mado, duración real estimada, fecha de iniciación real, fecha  
de terminación estimada y avance real.

Una serie de registros iguales o de unos pocos tipos específicos consti -  
tuyen un archivo a nivel primario. Un conjunto de archivos será referen -  
ciado como un banco de datos.

Note usted que no solo la nomenclatura cambia respecto a la usada tra -  
dicionalmente, sino también el sentido. La idea es proporcionar varios -

niveles de agrupamiento de los datos en tal forma que éstos se consti - -  
tuyan en una estructura lógica y racional, y puedan así ser consultados, -  
operados, etc. con mayor facilidad.

## 2.5 FASE DE IMPLANTACION.

Se ha considerado a la implantación como una etapa más, debido a la gran importancia que tiene. El trabajo de semanas o meses en el diseño -- del sistema puede haber sido inútil si se descuidan las labores necesarias para la puesta en marcha, trabajo que algunos pueden considerar poco interesante. Es necesario, pues, hacer hincapié en la importancia de esta fase.

### Presentación del Sistema.

Una de las variables que más influyen en el éxito o fracaso de un sistema, es la aceptación que se tenga de éste por parte de las personas que lo van a utilizar, a quienes denominaré según el uso más común " usuarios ".

En el caso de sistemas de control es necesario también que el sistema sea aceptado por aquellos que son controlados.

La aceptación que tenga el sistema, dependerá en gran parte de la presentación que de éste hagan aquellos que lo han diseñado. Es cierto -- que el usuario debe estar lo más involucrado posible en el trabajo que se desarrolla durante el proceso de diseño, incluyendo por ejemplo avances, cambios en el diseño básico, opciones que se implementarán, etc. Aún más, debe haber sido entrevistado en varias ocasiones, y consultada su opinión en algunos puntos. Generalmente con todo esto no obtiene -

más que una idea confusa de lo que será el sistema.

No es sino hasta que el sistema está ya casi a punto, cuando el usuario ve al sistema trabajando, que esta idea se vuelve más clara. Si en ese momento decide que no le sirve, o no le conviene, el fracaso es - inminente.

La aceptación proviene del conocimiento profundo, tanto de los procedimientos operativos, como de la motivación inicial y los objetivos y metas que se persiguen en cada punto.

Tratando de lograr este conocimiento debemos hechar mano de todos los recursos disponibles. Podríamos iniciar con una presentación general, - auxiliados de transparencias, láminas, etc.: continuar con seminarios o sesiones formales de clase, para los directamente involucrados en los distintos procesos, e implementar un programa de asesoría ampliamente disponible una vez que empieza la operación. En el caso de sistemas grandes puede planearse todo un programa de capacitación para el usuario. - Si el sistema es pequeño bastarán un par de pláticas tal vez.

Lo importante es:

Que el usuario conozca el sistema y sus objetivos, y basado en este conocimiento lo acepte como adecuado.

#### Documentación.

Generalmente es práctico incluir toda la documentación del sistema en -



una carpeta para facilitar su consulta. Si bien incluyó este punto en la fase de implantación, el trabajo de documentación es continuo a lo largo del desarrollo del sistema.

Es común la tendencia a permitir que los sistemas queden incompletamente documentados. La presión para comenzar otros trabajos y dejar al sistema funcionando satisfactoriamente, contribuyen a agudizar este problema. La adaptabilidad del sistema, una de las características de los sistemas en general que he considerado como más importantes, queda entredicho.

Una carpeta de documentación completa debe tener: Descripción del problema o situación actual.

Descripción del sistema anterior, si es que existía.

Objetivos y metas.

Memoria del análisis, con todas las tablas y diagramas correspondientes, y conclusiones.

Especificación del diseño.

Listados y diagramas de flujo, en el caso de sistemas computarizados.

Memoria de prueba del sistema.

Instructivos.

Toda otra documentación que se considere conveniente.

### Prueba y Puesta en Marcha.

Una vez terminado un sistema, debe determinarse si efectivamente es capaz de realizar todas las funciones para las cuales fué diseñado. El objeto de realizar una prueba del sistema con datos simulados es poder realizar las modificaciones necesarias, y de esta manera liberar un sistema que no requiera ningún cambio extra durante un periodo de tiempo razonable. Un sistema sometido a parches y arreglos continuos deja prontamente de ser sistema para convertirse en un semicaos que dista mucho de ser eficiente, estable, sinérgico, etc.

Para realizar la prueba es conveniente que los datos sean generados directamente por el usuario (su participación contribuye a familiarizarlo con el sistema), o al menos por alguna persona que no haya trabajado en el diseño.

Pueden utilizarse matrices de cobertura para relacionar casos de prueba contra opciones del sistema, y determinar así el mínimo número de casos necesarios para probar todas las opciones.

Una vez probado el sistema, puede garantizarse aún más su integridad, si existe un sistema anterior ya funcionando y se puede trabajar en paralelo durante un cierto periodo.

Esta alternativa debe evaluarse cuidadosamente para determinar si es factible y se justifica su aplicación.

### Mantenimiento.

Como he dicho anteriormente, debe evitarse realizar cambios indiscriminadamente en los sistemas. Por el contrario es conveniente ir anotando los cambios necesarios y programar la actualización del sistema.

Para esta actualización se realizará, a una escala menor, todo el trabajo ejecutado para el desarrollo original. Se definirán él o los problemas, se analizará la información al respecto, se diseñarán o rediseñarán aquellas partes que lo requieran, se documentarán los cambios, se probarán, y finalmente podrá ser liberada una nueva versión del sistema, completa, que entre en operación sustituyendo a la anterior.

Trabajar de esta manera es el medio más seguro de proporcionar una larga y productiva vida a nuestro sistema, y evitar que pronto sea desechado por ineficiente.

### Unas palabras extras sobre sistemas computarizados.

En el caso de que el sistema que va usted a diseñar incluya el uso de una computadora, debe ser especialmente cuidadoso con todos los detalles.

De hecho las técnicas que han sido expuestas a lo largo de este capítulo

lo tienen su origen en las necesidades planteadas por el diseño de sistemas para computadoras, dada la inflexibilidad con que trabajan estas máquinas.

Diseñe su sistema de programas modularmente de forma que cada programa sea corto, realice una función específica, y se relacione con el resto de los programas por medio de archivos almacenados en algún medio magnético. Esta modularidad le facilitará el trabajo en todos aspectos y le permitirá detectar errores con rapidez, corregirlos fácilmente, simplificará la lógica, facilitará hacer crecer el sistema para una nueva versión, etc.

La mayoría de los sistemas operativos modernos, aún los de microcomputadoras, permiten manejar los distintos programas indirectamente por medio de menús que presentan al usuario las opciones del sistema y llaman a los programas requeridos según la opción escogida. Esto permitirá que personas sin conocimientos sobre programación de computadoras puedan operar el sistema.

3. LA EMPRESA CONSTRUCTORA Y EL CONTROL

3.1 EL CONTROL COMO SISTEMA

3.2 TIPOS DE CONTROL

3.3 LIDERAZGO Y MOTIVACION

3.4 TOMA DE DECISIONES

3.5 LA COMPUTADORA

### 3.1 EL CONTROL COMO SISTEMA.

#### Objeto del Sistema de Control,

El control nace en una empresa de la necesidad fundamental y básica de actuar eficientemente. En un medio cada vez más competido, cada vez más tecnificado y complejo, y sujeto a tantas variables como es el medio de la construcción en México, la eficiencia puede ser un factor de supervivencia. De aquí la importancia de los sistemas de control.

Es importante subrayar que el control no constituye nunca un fin en sí mismo para la empresa. El control debe ser visto siempre como un medio para alcanzar los fines de la organización.

En principio podemos señalar como objeto primordial del sistema de control al siguiente:

Proporcionar a los puntos de decisión los elementos con los cuales evaluar las medidas necesarias para lograr que el comportamiento de la organización se ajuste a lo planeado.

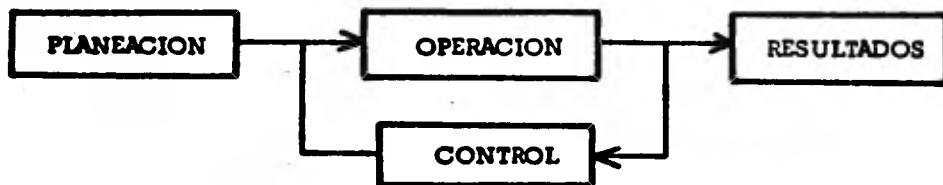
La esencia del funcionamiento del sistema de control se encuentra en el Principio de Realimentación. Será en base a la realimentación de los valores tomados por las distintas variables ante las acciones tomadas, que el sistema empresa podrá reaccionar, tanto a los cambios que sufran variables en el medio ambiente, como a los de variables internas.

Todo sistema con realimentación tiene un cierto retraso, el cual se conoce

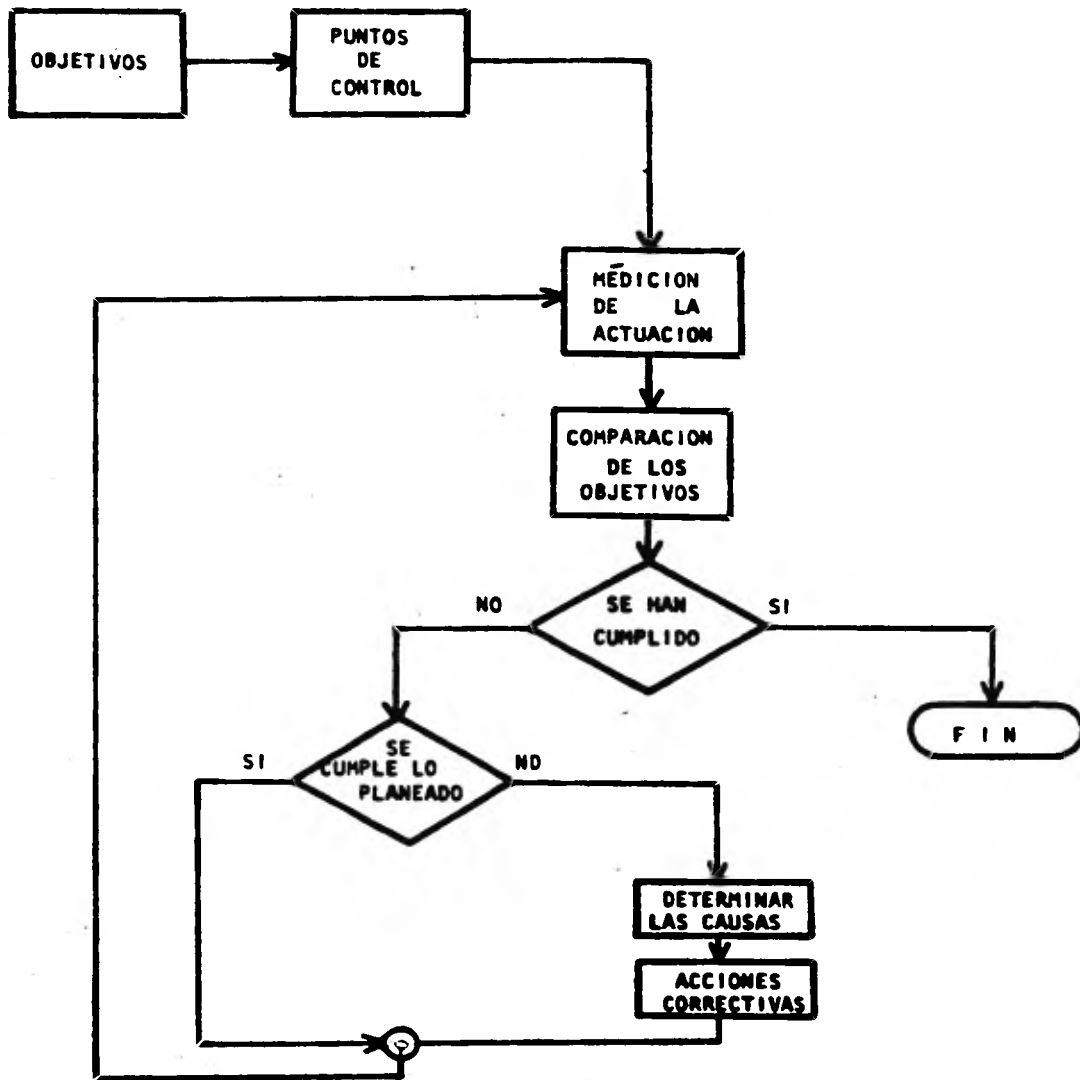
como tiempo de respuestas del sistema. Entre menor sea el tiempo de respuesta más posibilidades tendrá el sistema de sobrevivir a cambios bruscos o violentos en el medio. Una medida inversa del tiempo de respuesta es la llamada "sensibilidad" del sistema. A menores tiempos de respuesta tiene mayor sensibilidad, la cual puede ser considerada como otro objetivo del sistema de control.

Las fases del control, que definen objetivos intermedios para éste, podríamos dividirlos como sigue:

- Establecimiento de puntos de control.
- Determinación de parámetros de control y sus estándares.
- Medición de la actuación.
- Detección de las desviaciones y sus causas.
- Medidas correctivas.



PRINCIPIO DE REALIMENTACION.



PROCESO GENERAL DEL CONTROL



### Características del Sistema de Control.

Para cumplir con los objetivos mencionados, el sistema de control debe tener una serie de características que enumero a continuación:

- **Claridad.** Es probablemente la más importante. En la medida en que el sistema sea comprendido tanto por las personas que efectúan el trabajo, como por los que llevan el control y los dirigentes que evalúan los resultados, será en la medida en que el sistema pueda funcionar eficientemente. Un punto clave es que la claridad no sea solo en cuanto al funcionamiento del sistema, sino también en cuanto a sus objetivos, sus motivaciones, sus metas.
- **Simplicidad.** Los sistemas que pretenden controlar cada segundo de actividad están destinados al fracaso. Enormes volúmenes de datos en gran cantidad de reportes van a dar al bote de basura sin que puedan ser analizados. Enormes cantidades de trabajo empleadas para recolectar la información requerida quedan consecuentemente desperdiciadas. Un control simple un puntos clave, acompañado de una adecuada motivación del personal hacia el trabajo y su control tendrán siempre mejores resultados.
- **Oportunidad.** Va ligado a la simplicidad. Un sistema excesivamente complejo es muy susceptible de sufrir retrasos en su operación. El valor de oportunidad de la información se pierde o se ve seriamente mermado.
- **Continuidad.** En el tiempo y en los parámetros de control, con ob

jeto de poder aprovechar la experiencia pasada y establecer tendencias y proyecciones a futuro. Para poder lograr esto se requiere también de objetividad en el sistema.

- **Objetividad.** El control debe proporcionar datos específicos de valoración de la actividad. Es decir que las variables de control deben ser medibles sobre una cierta escala estandar en todos los casos. - Estos datos constituyen la base sobre la cual el tomador de decisiones puede o no aplicar apreciaciones subjetivas.
- **Adaptabilidad.** Especialmente importante en el caso de sistemas de control de obra, ya que cada obra tendrá características distintas. - Esta adaptabilidad deberá ser a su vez cuidadosamente controlada para evitar que se pierda la continuidad del sistema.
- **Excepción.** Es decir, que evite reportar cuando las cosas funcionan normalmente, y envíe mensajes de alerta cuando algo extraordinario o fuera de ciertos límites ocurra. Es importante sin embargo, que no solamente señale lo extraordinario hacia el lado negativo, sino también en lo positivo. Haremos hincapié en esto al hablar de la motivación en relación con el sistema de control.

### Componentes del Sistema de Control.

Necesariamente todo sistema de control debe contar con cierto número de componentes que se indican a continuación. Algunos de estos componentes serán exclusivos del sistema de control, otros pueden ser compartidos y algunos más, necesariamente pertenecen a varios sistemas simultáneamente.

El concurso de todos estos componentes, interactuando en una forma armónica, hacen posible la actividad de control. La falta de alguno de ellos compromete a todo el sistema. Tómese en cuenta que en ocasiones varios de estos componentes pueden estar representados físicamente por una sola persona, organismo, departamento, etc.

Los componentes son:

- a) La entidad que realiza la actividad a controlar.
- b) Los objetivos y metas a obtener por medio de esta actividad.
- c) Las variables de control que miden el grado en que la actividad alcanza sus objetivos y metas.
- d) Los puntos de control en los cuales se han de medir estas variables.
- e) La entidad o mecanismo que realiza la medición.
- f) La entidad o mecanismo que compara los valores obtenidos con los esperados y produce la información relativa a desviaciones.
- g) La información en sí misma.
- h) Los canales o medios por los cuales, ha de transmitirse esta información.
- i) La entidad que decide, en su caso, las medidas correctivas a tomar.

Un diseño de sistema de control debe abarcar a todos los componentes, para evitar inconsistencias al poner a funcionar el sistema. Citemos un par de ejemplos:

Se diseña un sistema de control sin tomar en cuenta al componente "a", - la entidad que realiza la actividad. Al hechar a andar el sistema se encuentra que el medio de control les parece ofensivo a los trabajadores, les provoca incomodidades y constituye una motivación negativa que provoca una baja moral y productividad. Existen incluso presiones sindicales para la eliminación del sistema. Discretamente este sistema es retirado y se desecha, dejando un mal antecedente para la implantación de otros sistemas. Otro ejemplo:

Se pasa por alto el estudio del componente "h", canales o medios por los cuales ha de transmitirse la información, y al aplicar el sistema de control en obras con difícil acceso se produce tal retraso en la información, que muchas veces ésta ya no es utilizable cuando regresa procesada a la obra. El sistema trabaja con un 40% de eficiencia consumiendo gran cantidad de recursos.

### 3.2 TIPOS DE CONTROL.

Existen varios factores que pueden afectar al tipo de control que debe implantarse, entre los cuales estudiaremos los siguientes:

Punto de vista: Ejecutante  
Promotor

Tipo de contrato

Magnitud de la obra

Tipo de obra

En general nos referiremos a cuatro aspectos básicos del control de obra, - que son:

Control de programa

Control de costo

Control de calidad

Control financiero

Si bien pueden existir otros aspectos, que se han considerado de menor -- importancia, o que de alguna manera quedan involucrados en los que han - sido señalados.

Además se estudiará la ubicación de la entidad de control dentro de la organización de la empresa.

Punto de Vista.

Es evidente que el control que debe ejercer el ejecutante es fundamental - mente distinto al que ejerce el promotor de la obra. Por promotor me re -- fiero, como el nombre lo indica, a aquellas entidades que "promueven" la construcción, como serían en su caso: propietarios, entidades gubernamen -- tales, empresas paraestatales, empresas coordinadoras de construcción, -- etc.

En general, el control del promotor tendrá las siguientes características:  
Da importancia al control de calidad.

El control de costos que lleve dependerá del tipo de contrato: Precio Alza do o Precios Unitarios, Administración o Costo Máximo Garantizado.

El control de programa será bastante estricto.

El control financiero se reduce a solicitar fianzas a los contratistas, vigi -- lar las partidas presupuestales, controlar el pago que se haga de las esti -- maciones de contratistas.

Por su parte, el control que lleve el ejecutante tendrá como característi -- cas:

El control de calidad está en función de la importancia que le de a su -- prestigio, y de la exigencia del promotor.

El control de costos depende también del tipo de contrato, en forma inversa que para el promotor. Un renglón del costo que debe añadir el ejecutante a su control, es el de los costos indirectos.

El control de programa depende en general de la exigencia del promotor, - en la práctica, aunque en realidad debiera ser un punto de gran interés para el ejecutante.

El control financiero absorbe gran parte de la atención que se dedica a - - controlar, y tiene importancia vital para la obra.

Si bien el enfoque del presente trabajo se dirige básicamente a sistemas - de control para el ejecutante, la empresa constructora, los principios de - lineados son aplicables en general a sistemas de control para promotores - de obras.

#### Tipo de Contrato.

El tipo de relación contractual que exista entre el ejecutante de la obra -- y el promotor o propietario afecta fundamentalmente al sistema de control, especialmente en el renglón de control de costos.

A continuación se incluye un cuadro que muestra gráficamente como varía -

este aspecto, y algunas notas aclaratorias.

CONTROL DE COSTO

TIPO DE CONTRATO		Ejecutante	Promotor
ADMINISTRACION	( 1 )	Solo el que le exija el promotor	Muy importante
PRECIOS UNITARIOS	( 2 )	Importante	Importante
PRECIO ALZADO	( 3 )	Muy importante	No le interesa

( 1 ) Contrato por Administración.

Es muy importante para el promotor pues debe responder por todos los costos en que se incurran, e incluso vigilar que el ejecutante no los eleve artificialmente, ya que sus honorarios son directamente proporcionales a éstos. El ejecutante por su parte deberá llevar los controles que le exija el promotor lo cual redundará en beneficio de su prestigio.

( 2 ) Contrato a Precios Unitarios.

Es importante para ambas entidades, pero con enfoques diferentes que se complementan. Debido a la inclusión de una cláusula escalatoria de precios, que cada vez es más común en este tipo de contratos, por la creciente inflación económica en nuestro medio, corresponde a cada una de las



entidades vigilar los siguientes aspectos del costo:

**Ejecutante:** debe cuidar que la estructura de los costos se apegue a lo especificado en sus análisis de precios unitarios, en cuanto a rendimientos y elementos que intervienen, ya que debe responder por las desviaciones que se presenten.

**Promotor:** es de su interés conocer los mejores precios que pueden conseguirse en el mercado para cada uno de los elementos del costo, con el fin de tener bases para atender las solicitudes de renegociar precios que le presente el ejecutante. Deberá también cuidar los volúmenes de obra ejecutada respecto a lo presupuestado.

### ( 3 ) Contrato a Precio Alzado.

En este tipo de contrato es el ejecutante el que debe controlar estrictamente el costo en todos sus aspectos, ya que se encuentra comprometido a un precio fijo total por el monto de la obra.

#### Magnitud de la Obra.

Afecta al control sobre todo desde el punto de vista funcional, ya que determina los requerimientos en cuanto a capacidad del sistema. Naturalmente el sistema de control de una empresa que realiza 2 ó 3 obras muy grandes a la vez difiere del de aquella que realiza 15 o 20 obras pequeñas, - y este a su vez del de una que tiene tan solo un par de obras chicas.

El definir si el control será llevado por personas distintas a las que ejecu

tan la obra, si la información será procesada en el lugar o enviada a oficinas centrales para su proceso, la cantidad de personal requerido, el uso de equipo electrónico, etc., son algunas de las variables afectadas por la magnitud de la obra.

Tipo de Obra.

Evidentemente afecta también al tipo de control, especialmente en lo referente al número de diferenciación de las actividades y conceptos que se realizan. Existen obras con unas pocas actividades, bastante similares como sería el caso de una carretera, y otras con un gran número de actividades distintas. Es conveniente tratar de identificar las más significativas para prestarles especial atención.

En función de la amplitud y detalle del control, atendiendo a estos factores, pueden presentarse distintas opciones para el sistema de control, combinando control estricto y control general así como actividades más significativas y actividades generales.

	ACTIVIDADES SIGNIFICATIVAS	ACTIVIDADES GENERALES
MAS CONTROL	Control estricto	Control estricto
	Control estricto	Control general
	Control estricto	-
	Control general	Control general
MENOS CONTROL	Control general	-

Es claro que ésto deberá enfocarse para los distintos aspectos del control: programa, costo, calidad, financiero, estudiando las variables afectadas - en cada caso.

#### Ubicación de la Entidad de Control.

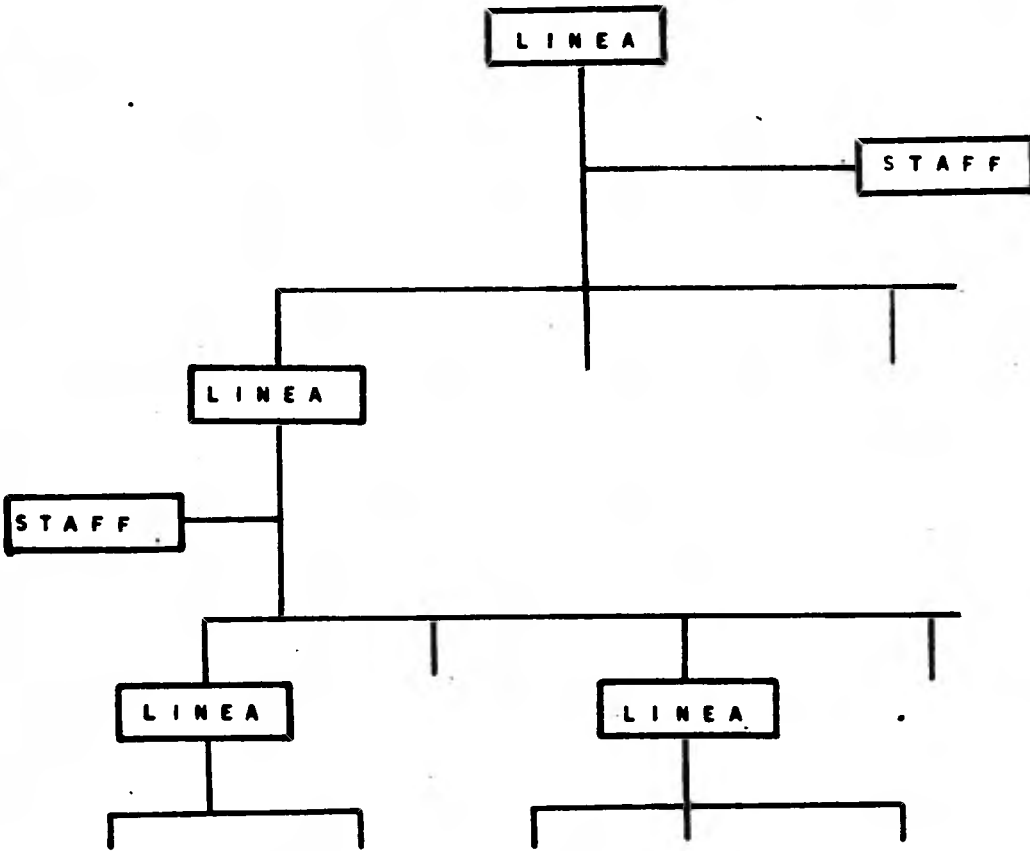
Este punto tiene especial importancia en cuanto a la aceptación del sistema y en cuanto a su eficiencia, y afecta fundamentalmente al tipo de control. Las dos variantes principales en cuanto a ubicación de la entidad - de control dentro de la empresa son:

Control en línea

Control Staff

Antes de analizar las ventajas y desventajas de cada una comentaremos -- brevemente lo que se entiende por línea y staff, en una organización.

Se dice que una actividad es de línea cuando tiene que ver directamente - con el logro de los objetivos de la organización, mientras que una actividad de staff ayuda a que las actividades de línea sean más efectivas. - En un organigrama las personas que trabajan en actividades de línea quedarán representadas sobre las líneas que corren de arriba a abajo, algunas veces llamadas líneas de mando o autoridad; mientras que el personal staff estaría a un lado como se muestra en la figura.



RELACIONES DE LINEA Y STAFF.

Esta representación obedece precisamente al tipo de relación de autoridad -- que existe en cada caso. Mientras el personal de línea tiene autoridad sobre todos los que se encuentran abajo de él en su línea de autoridad, el personal staff no la tiene sino a través de otras personas de línea.

Determinar si el control es una actividad de línea o de staff es un tema que se presta a discusión, si bien los teóricos se han inclinado generalmente a considerarla como staff, mientras que en la práctica real de las empresas constructoras ha venido funcionando como una actividad de línea.

Algunas de las ventajas y desventajas principales en cada caso son:

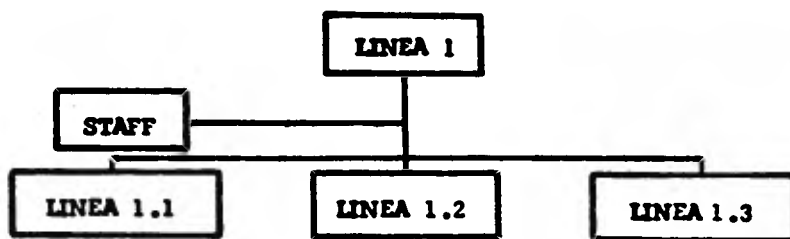
- El control en línea no requiere de personal extra.
- El control en línea distrae al personal de sus tareas.
- El control en línea tiene autoridad para tomar medidas correctivas.
- El control staff solo puede sugerir medidas.
- El control staff puede ser más objetivo que el control en línea.
- El control staff puede no encontrarse suficientemente involucrado para captar la situación.

En general podrá adaptarse la ubicación del sistema a las condiciones y a la "personalidad" de cada empresa, sin embargo es bien importante que quede claramente definido como se integra la estructura de control a la estructura de la organización, que queden delimitadas funciones y responsabilidades, y que se establezcan los medios de comunicación adecuados.

En compañías pequeñas será probable que se adopte un tipo de control más

bien en línea, pero siempre será recomendable que haya por lo menos una persona con carácter de staff que pueda tener una visión más objetiva.

En el caso de optarse por el control staff, es muy importante vigilar la - comunicación estrecha con el personal de línea, en ambos sentidos. A - este respecto existen dos variantes, que se explicarán con ayuda de un - pequeño diagrama:



- a) **Control staff, tradicional:** El personal de control reporta a LINEA 1, y éste ordena que se tomen las medidas correctivas. Tiene la desventaja de poner en evidencia las fallas de los subordinados y recibir medidas impuestas desde arriba, lo cual va en detrimento de la moral general.
- b) **Autocontrol:** El Staff reporta a LINEA 1.1, LINEA 1.2 y LINEA 1.3 - para que ellos mismos tomen las medidas correctivas, y solo en el caso de no existir una respuesta predeterminada o si las variaciones sobrepasan ciertos límites, a LINEA 1. Esto produce autosatisfacción, sentido de responsabilidad, y alta moral entre los subordinados.

### 3.3 LIDERAZGO Y MOTIVACION.

La implantación de un sistema de control provoca naturalmente reacciones - muy variadas entre las personas cuya actividad va a ser controlada. El - - ambiente en el cual se producen estas reacciones y la forma en la cual son tratadas, es de vital importancia para el sistema de control. Dos factores - importantes a considerar a este respecto son la motivación y el liderazgo - existentes en el seno de la empresa, en nuestro caso, constructora. A con - tinuación se expondrán algunas consideraciones generales sobre estos pun - tos.

#### Reacciones Humanas Ante el Control.

Resulta muy común que las personas que han venido realizando por algún - tiempo una actividad, con algún tipo de control o sin él, rechacen instin - tivamente la implantación de nuevos medios de control. Al control se le - ve como un enemigo que viene a poner en evidencia nuestros errores, tal - vez sin darnos oportunidad de corregirlos antes, y tal vez sin tomar en -- cuenta nuestros aciertos. En el mejor de los casos el control resulta ser - tan solo una incomodidad para el trabajador.

Todas estas reacciones negativas pueden ser reorientadas y encauzadas por medio de un cierto clima organizacional, el cual se crea, fundamentalmen - te, basado en el liderazgo y la motivación.

En el momento en que el trabajador vea al control como un amigo, que le - auxiliará a realizar mejor su trabajo y a obtener más eficientemente sus - -

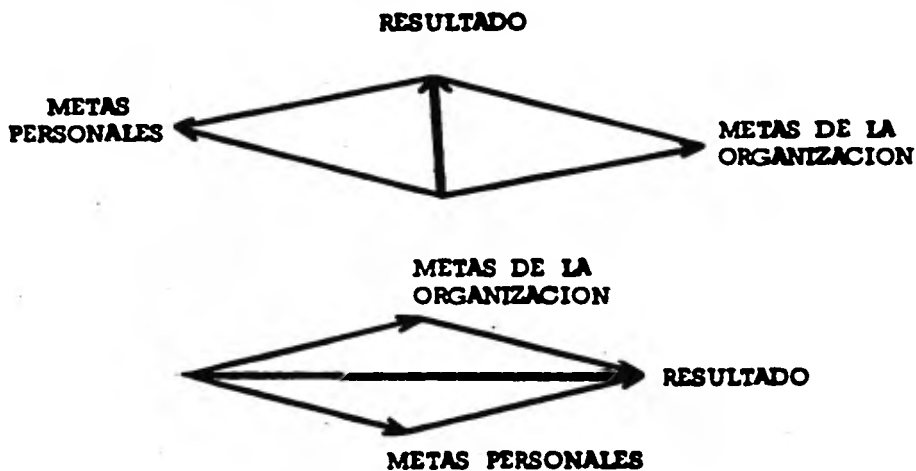
metas personales, y las metas de la organización, el éxito del sistema de control se encuentra prácticamente garantizado.

### Motivación.

El principio causal del comportamiento se encuentra en la motivación. Entenderemos por motivo, el impulso que lleva a la persona a actuar para tratar de conseguir una meta, con lo cual se logra la satisfacción de una necesidad. Una generalización de este principio puede ser aplicada también a las organizaciones.

De esta manera coexisten en el seno de una empresa una serie de metas, y por lo tanto de motivos, de tipo personal y de tipo organizacional.

En la medida en que las metas de la organización coincidan con las de las personas que la integran, los resultados obtenidos serán mejores. Esto puede ilustrarse gráficamente como se indica en la figura:





Existe toda una teoría psicológica sobre la motivación, con varios enfoques de distintos investigadores.

Trataremos aquí de resumir aquellos puntos que tienen para nuestro tema - mayor importancia práctica.

- **Categorías de motivos.** Podemos reducirlas básicamente a tres:

**Físicos**

**Sociales**

**Ideológicos**

Dependiendo de las personas, los motivos de alguna de estas categorías - adquieren prioridad sobre otras, si bien generalmente prevalece el orden - en que han sido mencionados. Cabe hacer notar que una vez satisfechas - las necesidades de una cierta categoría, éstas dejan de ser fuentes de mo - tivación.

Los motivos de tipo físico son aquellos que tienen que ver con la satisfac - ción de necesidades básicas, como son vestido, alimentación, habitación, etc. Motivos de tipo social se refieren a la satisfacción de necesidades - de afecto, status, aceptación dentro de un grupo y otras similares. Final - mente, los motivos ideológicos tienen que ver con la satisfacción de las - convicciones de las personas, bien sean de tipo religioso, moral, humano, etc.

Cabe aclarar, que el nivel absoluto de satisfacción de una necesidad no es indicativo de su potencialidad para generar motivos, y debe ser siempre re -

lacionada con las aspiraciones del individuo respecto a esa satisfacción.

- **Tipos de motivación.** - Podemos considerar dos tipos principales:

**Motivación Negativa**

**Motivación Positiva**

La motivación negativa promueve la actividad ante la amenaza de no obtener un satisfactor dado si no se tiene una cierta actuación. Es decir que la motivación negativa funciona en base a "castigos".

La motivación positiva, por el contrario, ofrece la obtención del satisfactor al actuar en consecuencia. Es un tipo de motivación que funciona en base a "premios".

El tipo de motivación que deba emplearse depende de la circunstancia específica. En general los resultados se ajustarán a patrones que serán -- comentados más adelante, después de hablar de los estilos de liderazgo, -- los cuales se hayan muy relacionados con los tipos de motivación.

- **Conflicto entre motivos.** Existen tres circunstancias tipificadas - que provocan conflicto en el individuo, al no poder decidir cual debe ser su actuación ante las necesidades que se le presentan. Estas circunstancias son:

**Conflicto aceptación - aceptación**

**Conflicto aceptación - rechazo**

**Conflicto rechazo - rechazo**

El primer caso se presenta al existir metas distintas y mutuamente excluyentes, ambas deseables, entre las cuales debe seleccionar una persona.-- Esto lleva implícito que una de las metas no podrá ser alcanzada. En el segundo tipo de conflicto existe una sola meta, la cual tiene consecuencias tanto positivas como negativas, por lo que no queda claro si la meta es deseable o indeseable. Finalmente, en el conflicto rechazo - rechazo - el individuo se ve forzado a escoger entre cursos de acción no deseables, lo cual provoca el tratar de evadir la situación.

Es claro que la persona en situación de conflicto trabaja con menor eficiencia, por lo cual debe prestarse especial atención a estos problemas.

### Liderazgo,

En todo grupo de personas reunidas con un fin común, siempre se destacará uno, o en ocasiones varios individuos que juegan el papel de líderes.- El líder será la persona que motiva al resto del grupo a actuar de una cierta manera.

Desde el punto de vista organizacional existen líderes tanto dentro de la organización formal como dentro de la informal. En la medida en que él o los líderes logren conjuntar y armonizar las metas de los distintos individuos, las de la organización informal y las de la organización formal, evitando los conflictos de motivos, se logrará el máximo acercamiento a todas estas metas.

Se harán a continuación breves comentarios sobre algunos puntos relativos al liderazgo, de la misma forma que se hizo al hablar de motivación.

- **Características del líder.** Existen varios enfoques al respecto, -- sin embargo me he permitido seleccionar tres características que considero fundamentales:

- a) **Habilidad para la comunicación,** no solamente verbal sino en un sentido más amplio.
- b) **Habilidad para la determinación de metas,** iniciativa en este sentido.
- c) **Interés por el bienestar del grupo,** y el de cada una de las personas que lo integran.

- **Estilos de liderazgo.** Se pueden identificar tres estilos básicos de liderazgo, que son:

- a) **Autoritario.** El líder toma las decisiones por el grupo, y ordena a cada uno de sus miembros lo que debe hacer para alcanzar las metas que él ha fijado.
- b) **Democrático.** El líder convoca al grupo para que en forma conjunta analice, estudie y decida lo relativo a las metas comunes, -- tanto en su identificación, los medios y acciones para alcanzarlas, etc. Además de llevar la iniciativa y coordinar el trabajo de decisión, supervisa la actuación durante el desarrollo del trabajo.
- c) **Laissez-faire.** En este estilo el líder se convierte prácticamente -- en una figura simbólica, al no participar en las decisiones del grupo.

Importancia de la Alta Moral.

El tipo de motivación y el estilo de liderazgo influyen en forma determinante sobre los resultados obtenidos, de la siguiente manera: motivación negativa y el estilo de liderazgo autoritario provocan en general conflictos de - motivos, descontento generalizado y baja moral, si bien la productividad - puede forzarse a ser bastante alta y la calidad del trabajo adecuada. Existe gran falta de interés por el trabajo de parte de quienes lo realizan, por lo que el control debe ser muy estricto ya que siempre existe el impulso - de evadirlo. La cooperación creativa y la iniciativa son prácticamente nulas. La desaparición del líder provoca la desaparición de la organización - si no se tiene un sustituto inmediato.

La motivación positiva y el estilo de liderazgo democrático por el contrario contribuyen a un clima general de alta moral, al encontrar las personas un significado y una satisfacción en el trabajo por sí mismo. Se genera un - espíritu de equipo que promueve la cooperación, la creatividad y la iniciativa. El control en esta situación será promovido por los mismos trabajadores, participando activamente en su diseño e implantación, al verlo como - un auxiliar para lograr las metas grupales. La calidad del trabajo es alta y la productividad adecuada.

Por último el estilo de liderazgo de Laissez-faire provoca la desorganización salvo en condiciones muy especiales, por lo que es poco recomendable.

### 3.4 TOMA DE DECISIONES.

El ciclo del proceso de control se completa con la toma de decisiones, que lleva a la ejecución de una acción correctiva. De aquí, que la toma de decisiones sea un elemento fundamental de todo sistema de control, con características muy especiales por lo que es importante hacer algunas consideraciones al respecto.

#### Toma de Decisiones en Obra.

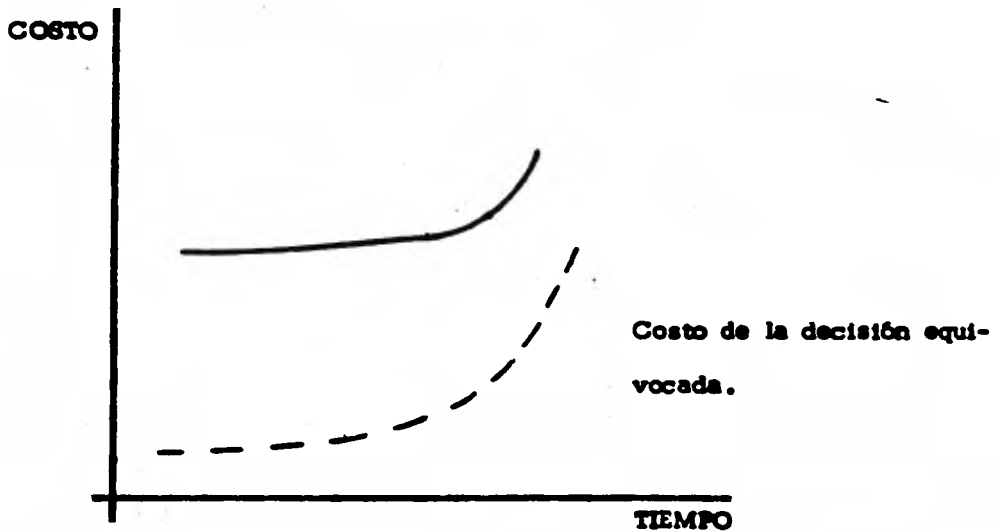
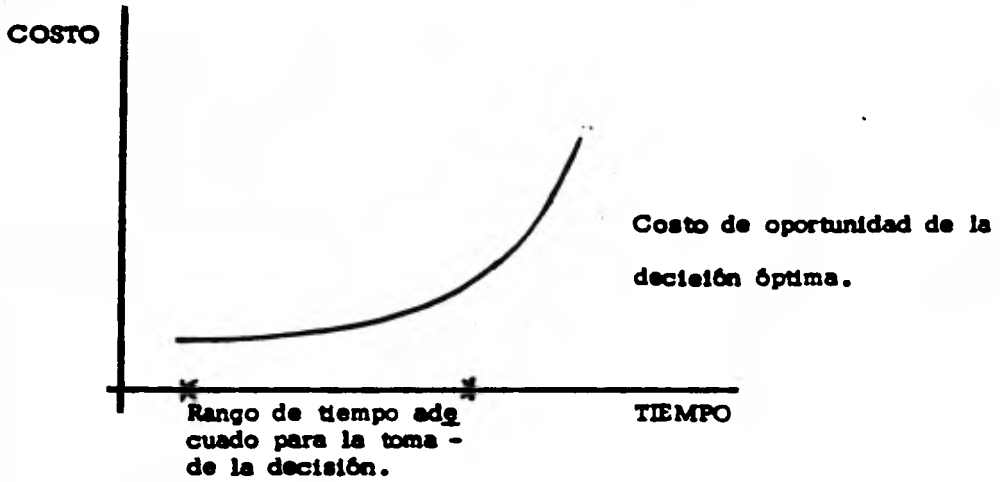
En una obra de construcción es especialmente difícil tomar decisiones para resolver los problemas que se presentan, debido a la gran cantidad de variables que afectan a cada situación. El personal que trabaja directamente en la obra se encuentra demasiado involucrado e inmerso por el desenvolvimiento de la misma para tener una visión objetiva del problema, y muchas veces puede confundir a éste con sus síntomas. Por otro lado una persona externa puede pasar por alto algunos factores fundamentales.

En general los problemas se reflejan en varios niveles de la organización de la obra, o de la empresa, si bien con distintos grados de responsabilidad en cada nivel. Será conveniente promover la participación en el proceso de decisión de todos los niveles involucrados, con lo cual no solo se logra una visión más objetiva, clara y completa, sino que además se despierta el interés de las personas por resolver el problema y se tiene un mayor compromiso por las decisiones en que se ha participado.

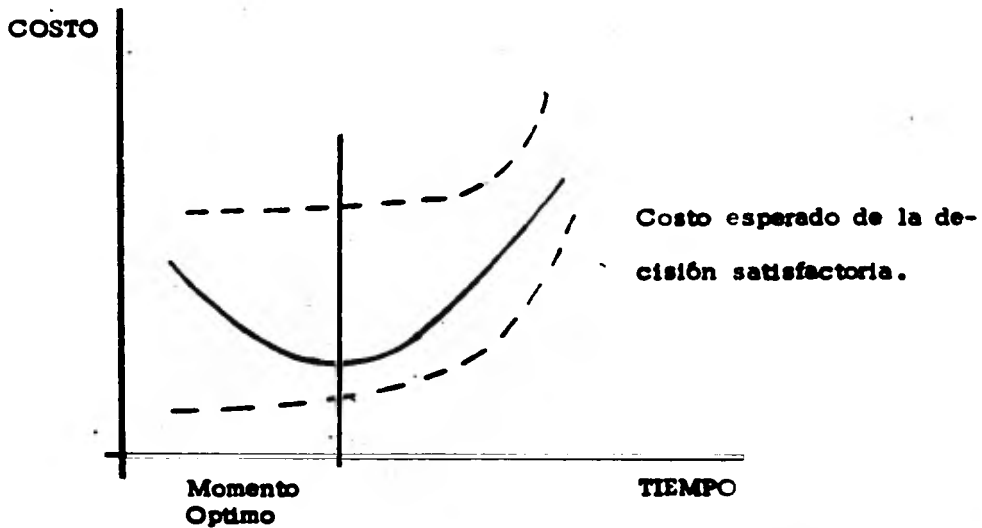
Cabe recalcar aquí lo dicho al hablar sobre estilos de liderazgo y clima organizacional. Estos factores afectan definitivamente el comportamiento -- creativo, el cual es de vital importancia en el proceso de toma de decisiones. Es pues, en un estilo de liderazgo democrático con un clima organizacional de creatividad y participación, en el que el proceso de decisión puede ser más rico, más objetivo, y en última instancia, más productivo.

Otro punto a considerar es la oportunidad de la decisión. Todo retraso en una decisión tiene un cierto costo que debe evaluarse y compararse con -- el costo de una mala decisión precipitada.

Estos costos se comportan en una forma idealizada como lo ilustra la gráfica.







El tipo de proceso decisorio adoptado dependerá en parte, pues, del costo de la decisión en el tiempo, ya que el valor esperado de este mismo se encontrará en algún punto entre los costos de oportunidad y el de la mala decisión. La probabilidad de obtener resultados satisfactorios con nuestra decisión tomada en un momento dado nos determinan el tiempo óptimo para esta decisión. Si bien estos costos y probabilidades no son generalmente factibles de determinarse en la práctica de construcción, si es conveniente tener una idea de su comportamiento al diseñar el proceso decisorio que habrá de utilizarse en cada caso. Al hablar de costo de oportunidad se ha considerado el que implicaría una decisión óptima; que es a la que debe de inclinarse, aunque generalmente se logrará llegar a una decisión satisfactoria con tendencia hacia la óptima.

Si bien el proceso de decisión puede ajustarse a un cierto mecanismo típico, que veremos más adelante, participan muchos factores humanos cuya influencia debe ser considerada. El razonamiento incorrecto puede ser muchas veces aceptado debido a:

- Predisposición a favor o en contra de ciertas soluciones.
- Impaciencia por resolver el problema y llegar a una decisión.
- Inercia debida al tipo de decisiones que hayan sido tomadas anteriormente.
- Falacias aceptadas tradicionalmente y que por lo tanto no son cuestionadas.

El uso de técnicas cuantitativas como son las de la Investigación de Operaciones, puede ayudar a evitar estas situaciones, y se recomienda ampliamente en todos los casos. Sin embargo, la decisión final se encuentra siempre en manos de personas, por lo cual deben considerarse los factores humanos por todos aquellos involucrados en la decisión. La experiencia, la apertura de mente, y la creatividad, son los elementos principales en ese momento para llegar a la mejor decisión.

### El Proceso Decisorio.

El tomar una decisión no debe considerarse como un instante aislado en el tiempo, ya que se encuentra precedido de una serie de etapas de estudio de las circunstancias que rodean a esta decisión, y que permiten arribar a

ella. Han sido propuestos por distintos autores algunos esquemas de clasificación de estas etapas, las cuales comentaremos a continuación sin pretender ser rigoristas ni ajustarnos a algún esquema en particular.

- **Diagnóstico.** El primer paso naturalmente es identificar la existencia del problema que requiere de una decisión para ser resuelto. -- Además de la existencia del problema deben analizarse todos los -- factores involucrados, procurando esclarecer las causas y efectos, -- medirlas cuando sea posible, separar los factores constantes de los variables y entre éstos aquellos que pueden ser afectados por nosotros, e identificar los obstáculos que pudieran presentarse al implantar soluciones.

En el caso de nuestro interés, el sistema de control será el responsable de proporcionar las herramientas para la obtención de este -- diagnóstico: El sistema de control no debe limitarse a informar si las cosas se ajustan a lo planeado, y dar la alerta cuando esto no sea así. Si queremos que nuestro sistema sea un alimentador de -- datos eficaz para el proceso de toma de decisiones, debemos diseñarlo de tal manera que enmarque el problema y proporcione una -- visión de conjunto de aquellos factores que afecten a la decisión. Cumplir este objetivo sin caer en el extremo de proporcionar información irrelevante en grandes cantidades puede ser muy difícil y -- requiere de un conocimiento profundo de las situaciones características en la obra y de una gran capacidad de análisis y de sín-

tesis. El trabajo conjunto de diseñadores y personal de obra es la mejor manera de conjuntar estas habilidades.

- **Alternativas.** Una vez identificado y enmarcado el problema es necesario determinar cuales son los posibles cursos de acción para resolverlo. Debe evitarse el descartar alternativas aparentemente no factibles a primera vista o que caen fuera de lo usual o - - acostumbrado. Esta etapa es quizá la menos susceptible de estandarizarse y requiere de gran inventiva e imaginación de parte de quienes lo realizan.

Existen herramientas que pueden ayudarnos a determinar las posibles alternativas y a evaluarlas posteriormente (árbol de decisión, etc.), que no explicaremos aquí.

- **Evaluación.** En esta etapa se pretende calificar a las distintas alternativas, para poder tener una base de la decisión. Por medio de técnicas especializadas, que no analizaremos aquí, se realiza esta evaluación, fundamentalmente con base en la comparación de los probables beneficios y costos asociados a cada alternativa.

Es práctica común el evaluar estas alternativas basándose únicamente en la intuición, lo cual puede ser más o menos malo dependiendo de la experiencia y la capacidad del decisor, pero que siempre tiene la debilidad de no estar claras las bases de decisión (incluso a veces ni para el propio decisor).

- **Selección.** Es la decisión en sí.

### 3.5 LA COMPUTADORA.

La utilización de una computadora dentro del sistema de control de obra, - debe ser vista siempre como un recurso del que se puede disponer y no como un fin al que debe tenderse. Normando nuestro criterio de esta forma, la decisión de si debe recurrirse o no al auxilio de esta herramienta, debe ser objetiva y basada en un estudio cuidadoso de ventajas y desventajas, algunas de las cuales serán analizadas a continuación.

Aún más, en el caso de decidirse el empleo de cálculo electrónico, su función y su papel dentro del sistema deben ser cuidadosamente analizados -- desde la etapa de diseño del sistema, por lo que también se harán consideraciones a este respecto.

#### Alcances y Limitaciones del Cálculo Electrónico.

Debido al acelerado desarrollo que ha tenido la ciencia de las computadoras en los últimos años, existe un desconcierto generalizado entre las personas que no trabajan directamente con ellas, sobre qué es lo que puede y lo que no puede hacer realmente una computadora. Mucho ha contribuido a esto la ciencia ficción que nos bombardea continuamente por todos los medios de comunicación, y algunas aplicaciones que se desarrollan con fines publicitarios y tratando de impresionar a las personas.

Una computadora puede realizar básicamente las siguientes funciones:

1. Recibir información (datos), bien sea proporcionada por personas o por algún aparato de medición. Los dispositivos de entrada de informa --

ción más usuales pueden ser, por ejemplo:

Lectora de tarjetas perforadas, Video terminales (Pantallas, o CRT),

Lectora de caracteres ópticos.

2. Almacenamiento en gran escala de datos recuperables. Para esto cuenta con dispositivos "de memoria", generalmente de tipo magnético, como pueden ser memorias centrales y memorias periféricas (cintas y discos --- magnéticos, diskettes, cassettes, etc.).

3. Acceso económico y rápido a estos datos, para lo cual permite --- crear estructuras de distintos tipos, agrupando los datos en registros, éstos en archivos y éstos a su vez en bases de datos.

4. Procesar en forma económica y rápida los datos accedados, realizando para ello operaciones simples: operaciones aritméticas, comparaciones aritméticas, comparaciones lógicas, movimientos de campos. La secuencia de operaciones que constituye el proceso puede ser alimentada a la máquina para que ésta lo recuerde, lo cual constituye la programación.

5. Recuperar la información procesada y exhibirla, por medio de dispositivos de salida tales como impresoras, videotermiales, etc.

Algunas cosas que no puede hacer una computadora serían: No puede pensar, ni tener opinión o poder de decisión propia, no tiene criterio para --- determinar si un dato es absurdo, no puede "divinar" algún dato que no le haya sido proporcionado. Por raro que a algunos pueda parecerles, muchas veces nos sorprendemos a nosotros mismos esperando que la maqui -

na realice alguna de estas funciones. Específicamente, la máquina no puede hacer nada para lo que no haya sido detallada y cuidadosamente programada.

En general el desarrollo de las computadoras no les permite realizar nuevas funciones, sino que hace más eficientes las ya existentes, por lo que el esquema trazado se aplica a todas las computadoras. Lo mismo ocurre si hablamos de máquinas grandes o de mini o micro computadoras, las funciones son las mismas, pero varía la eficiencia: velocidades de acceso y de procesamiento, capacidades de memoria, etc.

#### Ventajas y Desventajas.

Dependiendo de la circunstancia específica, lo que para uno puede ser una ventaja, para otros puede ser todo lo contrario. Por esta razón nos limitaremos a comentar algunos factores que influyen en la decisión de utilizar cálculo electrónico, dejando la evaluación de cada factor para estudios particulares.

1. Un sistema que opere por computadora es necesariamente inflexible. La flexibilidad que se le pueda proporcionar deberá estar comprendida dentro de rangos específicos y se obtendrá a costa de un esfuerzo significativo de programación y de un mayor consumo de recursos (capacidad de memoria, tiempo de procesador, etc.).

Esto propicia, por un lado, que el trabajo se realice en forma más ordenada y sistemática, y que se obtengan resultados más consistentes. Es-

ta sola consideración podría ser suficiente para decidir el uso de la computadora, especialmente en un medio como el de la construcción en Méx-co. Por otro lado, las singularidades, excepciones, y el trabajo desordenado que llegue a producirse a pesar de todo, causan serios problemas al sistema y en un caso dado pueden volverlo completamente ineficiente.

2. El empleo de computadora puede producir descontento entre las personas, bien sea porque piensan que ésta tiende a desplazarlas, o porque sienten que una máquina no tiene que decirles a ellos como hacer su trabajo. Todo esto puede provocar que intenten sabotear el sistema. En estos casos es especialmente importante la motivación que se haga para introducir el sistema, apoyada por la participación del usuario desde el diseño del sistema y un buen programa de reubicación del personal, en su caso, asignándole tareas más creativas y de mayor responsabilidad, y dejando las tareas rutinarias a la máquina.

3. El empleo de la computadora resulta en general eficiente para realizar operaciones repetitivas sobre grandes volúmenes de datos. Por lo tanto no será conveniente utilizarla en sistemas que utilicen poca información y muy esporádicamente.

En general podrá compararse la fuerza de trabajo requerida para operar el sistema manualmente con la que sería necesaria para desarrollarlo y operar lo por medio de la computadora, tomando en cuenta otros factores como confiabilidad del equipo, etc.



4. La computadora tiende a producir el deseo de obtener mucha información, la cual puede ser innecesaria y hasta obstaculizar el proceso de - decisiones. El evitar este riesgo o ver la forma de canalizarlo debería ser, a mi juicio, otro factor importante a considerar.

**4. CONTROL DE OBRAS**

**4.1 CONTROL DE COSTOS**

**4.2 CONTROL DE PROGRAMA**

**4.3 CONTROL DE CALIDAD**

**4.4 CONTROL FINANCIERO**

**4.5 EL CONTROL INTEGRADO**

#### 4. CONTROL DE OBRAS.

En este capítulo hablaremos ya del control específicamente de obra. Se analizará en cuanto a cuatro aspectos fundamentales, que ya han sido mencionados con anterioridad.

- Control de Costo
- Control de Programa
- Control de Calidad
- Control Financiero

No puede menospreciarse la importancia de ninguno de estos aspectos, ya que se hayan muy estrechamente relacionados, de manera que alteraciones en las variables de uno afectan generalmente a todos los demás.

Por ejemplo, una falla en el control de calidad que obligue a la demolición de un elemento, causará retrasos en el programa e incremento de los costos. De la misma forma un retraso general en el programa repercutirá directamente en los costos indirectos y en los costos de financiamiento, y probablemente en la revolvencia de efectivo.

Por otro lado el control de obra presenta dificultades particulares que deben ser consideradas. La principal de estas dificultades es la obtención o levantamiento de la información.

Dada la complejidad y el componente dinámico de toda obra, se requiere-

de una excelente organización para poder obtener la información que alimente al sistema de control. Este problema se ve agravado debido al empleo restringido generalizado de recursos humanos para la administración de la obra, y muchas veces por la poca eficiencia en su trabajo.

Pienso que el levantamiento de la información para control debe realizarse a todos los niveles y que es un trabajo que debe estar incluido entre las labores normales de cada puesto, de tal manera que no represente una carga extra de trabajo, pero sí mayor responsabilidad en cada una de las personas que laboran en la obra, a todos los niveles. Así por ejemplo, el almacénista debe elaborar sus vales de almacén con estricto apego a la realidad y anotando el destino de los distintos materiales en la obra, información que debe proporcionar el maestro que firma el vale. El checador de tiempo debe incluir en sus listas el tipo de actividad a la que se dedica cada trabajador. El residente debe elaborar sus números generadores y obtener volúmenes de obra ejecutada con la periodicidad establecida, y así sucesivamente.

En el momento que alguna de estas personas realice irresponsablemente su trabajo, el sistema arrojará valores disparados, por los cuales deberá responder el superintendente o encargado general de la obra. Al rastrear el origen de estas inconsistencias se podrá determinar que persona o personas no están cumpliendo bien con su trabajo.

Es fundamental, para lo anterior, que la organización de la obra se encuentre perfectamente establecida, que haya sido planeada delimitando deta - -

lladamente funciones y responsabilidades, y que exista un buen conocimiento general de esta organización a todos los niveles. Es especialmente conveniente que se tenga un organigrama y las funciones y responsabilidades asentadas por escrito, y que se mantengan actualizados en el caso de modificaciones.

Estamos demasiado autoconvencidos de ciertas imágenes negativas en cuanto a la personalidad de nuestro pueblo. Por que no darnos a nosotros mismos la oportunidad de afrontar responsabilidades y cumplir compromisos. -- Abandonemos las actitudes paternalistas y promovamos la capacitación a -- todos los niveles. Confiemos un poco más en nuestra gente, que es quien realiza auténticamente la actividad de la construcción.

#### 4.1 CONTROL DE COSTOS.

El control de los costos reviste especial importancia para la empresa constructora, ya que generalmente sus utilidades dependen directamente de este control. Por otro lado es el que mayores dificultades presenta para su aplicación, al no poder levantar la información a tiempo y no tener un criterio adecuado para cargar estos costos a los distintos conceptos de obra.

El grado o nivel de detalle con que se lleva este control debe estudiarse para lograr el equilibrio óptimo entre trabajo invertido en el sistema y resultados obtenidos, los cuales deben medirse siempre en función de información relevante y oportuna para la toma de decisiones.

Suele ocurrir en la actualidad que en algunas obras este control se lleve a nivel de detalle cero, es decir en forma global para el total de la obra, y con oportunidad de después de terminada ésta, con lo cual nos permite diferenciar entre éxito o fracaso (a nivel utilidades), sin poder haber hecho nada para modificar esta situación y sin saber las causas de una u otra condición.

#### Presupuestos y Estimados

Ya hemos establecido que el principio de todo control es determinar las bases y estándares para comparación de lo ejecutado, y en el caso de control de costo estas bases están constituidas por los presupuestos y estimados de costo. Comentaremos brevemente las técnicas más comunmente - -

usadas para su obtención.

- **Estimados preliminares:** Se pueden utilizar coeficientes o relaciones, como serían costos por m<sup>2</sup> de construcción, costos por m<sup>3</sup>, etc.; costos unitarios y volúmenes de obra aproximados, o costos unitarios proyectados de obras anteriores, indirectos por porcentaje, etc.
- **Presupuesto Definitivo:** Sirve para el contrato de obra, y se elabora en base a cotizaciones definitivas, ofertas de subcontratistas, costos de mano de obra y equipo en función a rendimientos, cubicaciones de planos detallados, indirectos por desglose.
- **Revisión de estimado:** Se realiza basado en el Presupuesto Definitivo, bien sea por desglose, recotizando y recalculando cada concepto, bien por coeficientes y relaciones basadas principalmente en índices de precios publicados por la iniciativa pública y privada. Estos estimados sirven tanto para la aplicación de cláusula escalatoria como para obtener proyecciones del costo final durante la ejecución de la obra.
- **Estimado a costos significativos:** Puede obtenerse para el control de ciertas obras, analizando los conceptos en forma desglosada, es decir haciendo el análisis de costos unitarios, pero considerando solo aquellos elementos que sean más significativos. Por ejemplo, en el caso de un cierto edificio para estacionamiento de automóviles, podrían considerarse significativos los elementos concreto, acero, cimbra y mano de obra, y obtener los cos -

tos de los conceptos sin tomar en cuenta otros elementos.

### Contabilidad de Costos.

Podríamos definir informalmente a la palabra Contabilidad como el llevar las cuentas de una empresa o entidad económica, de acuerdo a ciertas reglas determinadas. Según el enfoque que se le dé, existirán varios tipos de contabilidades.

La Contabilidad de Costos pretende obtener los Costos de Producción, y ha venido empleándose ampliamente y con éxito en medios industriales. Su aplicación al medio de la construcción ha sido más limitada y menos afortunada, sin que por este motivo debe descartarse la posibilidad de implantarla.

Considero que la evolución de la Industria de la Construcción hacia patrones cada vez más estandarizados (por ejemplo la reciente adopción del módulo estandar para vivienda a nivel nacional, el uso de tabuladores de costos por distintas entidades, los elementos prefabricados, etc.), -- irá haciendo cada vez más viable la alternativa de utilizar la Contabilidad de Costos.

Existen diferentes opiniones sobre si la Contabilidad de Costos debe encontrarse integrada a la Contabilidad General de la Empresa, o funcionar por separado llevándose de hecho dos procesos contables. Si bien en forma integrada se tiene mayor control, la dificultad práctica de aplicación



y otros factores pueden a veces hacerla inoperante, por lo que debe analizarse en el caso de cada empresa particular la forma como será usada. Sin embargo la opción de doble contabilidad debe considerarse siempre -- con mucho recelo.

Para operar este tipo de contabilidad deberá tenerse un catálogo de cuentas, con los niveles necesarios, y que comprenda los procesos constructivos. Por ejemplo:

Cuenta	—	Construcción Edificios
Sub Cuenta	—	Albañilería
S.S.Cuenta	—	Muros de tabique rojo 14 cms.

Tradicionalmente se divide a la Contabilidad de Costos en dos tipos: Por Proceso y por Producto. El ejemplo señalado corresponde al primer tipo, -- mientras el segundo tipo sería en el caso de llevar las cuentas separadas por obra:

Cuenta	—	Obra Edificio "X"
Sub Cuenta	—	Albañilería
S.S.Cuenta	—	Muros de tabique rojo 14 cms.

Si en cualquiera de los dos casos se trata de una contabilidad integrada -- el nivel que hemos llamado Cuenta sería en realidad una subcuenta del -- rubro "Costo de Obras".

Basicamente la Contabilidad de Costos sigue los mismos lineamientos de -- cualquier contabilidad:

- a) Se basa en el principio fundamental de la Partida Doble.
- b) Se respetan los principios de:

Unidad Monetaria - Los registros muestran solamente hechos que puedan - - ser expresados en términos monetarios.

Entidad Económica - Las cuentas se llevan para los entes económicos, y - - no para las personas relacionadas con ellos.

Costo - El costo constituye una evidencia objetiva para el registro de las - operaciones.

Utilidad - Se mide por la diferencia entre ingresos y egresos.

Conservatismo - Los ingresos se reconocen cuando se realizan.

Finalmente comentaremos que el diseño de una contabilidad de costos para - una cierta empresa requiere del trabajo de un equipo interdisciplinario forma- do principalmente con elementos de contabilidad y elementos de ingeniería - (construcción), y de la inversión de una cantidad considerable de tiempo por - parte de este equipo.

#### Otras Alternativas para el Control de Costos.

Ciertamente la Contabilidad de Costos constituye la manera más formal de - controlar costos, ya que nos proporciona una estructura con la cual compro- bar o "amarrar" los valores manejados, gracias al principio de Partida Do- ble, por medio de balanzas de comprobación. Sin embargo, no necesaria -

mente es el medio óptimo, dadas las complicaciones que puede llegar a provocar.

La alternativa para nosotros, es el diseño de sistemas que registren de alguna manera los costos incurridos, y nos permitan compararlos con los esperados. Este tipo de sistemas son conocidos también como controles internos ya que los datos que proporcionan no tienen valor externo (fines, legales, impositivos, etc.)

En nuestro sistema de control interno podemos limitarnos, según nuestra capacidad y necesidades, a Gastos Directos, a la parte más significativa de éstos, o a unos cuantos conceptos. O bien, podemos diseñar un sistema modular para implantarse en forma progresiva, en la medida en que se desarrolle nuestra capacidad para levantar y manejar información.

Así por ejemplo, en una empresa dedicada a edificación, podríamos considerar las siguientes etapas de implantación de un sistema interno de control de costos:

- a) Control de unos cuantos conceptos y dentro de estos solamente los cargos por mano de obra, ya que se consideran que éstos son los costos que pueden tener variaciones más significativas. Los conceptos podrían ser por ejemplo:

Excavaciones, habilitado de acero, cimbra, colados de concreto y albañilería general.

- b) Control de todos los cargos por mano de obra, y su aplicación a cada uno de los conceptos de costo.
- c) Control de todos los cargos por mano de obra, como en el punto b) y además de los cargos por maquinaria y materiales en los conceptos - acero, cimbra, excavaciones y colados de concreto.
- d) Control de todos los cargos por materiales, mano de obra, y equipo es decir costo directo, en todos los conceptos de la obra.
- e) Control de costo directo en todos los conceptos (igual que d) y además prorrateso de los cargos indirectos de obra.

En todos los casos deberemos buscar que el sistema proporcione los medios para comprobar de alguna manera los valores manejados. Un buen recurso -- para lograr esto es establecer ligas con la parte operativa de la empresa. -- Así podremos, por ejemplo, comparar nuestros costos de mano de obra con -- los reportados en las listas de raya, o aún mejor, integrar el sistema de listas de raya con el control de costos, para que la información con la cual se elaboran éstas alimente también a los costos.

#### Variaciones y Acción Correctiva.

Sea cual fuere el tipo de control adoptado, éste debe proporcionar información para la toma de decisiones. Esta información estará contenida normalmente en reportes que con mayor o menor detalle, y con una cierta periodicidad, estarán dirigidos a los distintos niveles de la organización.

Los costos incurridos pueden afectarse por el avance correspondiente, para --

ser comparados con los costos unitarios estandar, o llevarse en forma acumulativa, para compararlos con el presupuesto global, o algún tipo de presupuesto calendarizado. En muchas ocasiones una combinación de estos dos criterios puede ser lo más acertado.

Debemos estar bien conscientes de que esta información irá dirigida al constructor tanto como al administrador, y que debe permitir evaluar alternativas tan diversas como una búsqueda en el mercado de adquisición de materiales, un cambio en un proceso constructivo, o el pagar la mano de obra a destajo en lugar de por jornal.

Es importante valorar las variaciones de costo en función de la inflación existente, y será conveniente que el propio sistema haga esta consideración en alguna forma. El mantener un banco de información con los costos actualizados de los distintos recursos puede ser un medio efectivo pero muchas veces fuera del alcance de una compañía mediana o chica. El uso de índices de precios para convertir los costos a valores constantes o corrientes es otra alternativa.

Determinar la acción correctiva más conveniente en el caso de variaciones de costo excesivas constituye en sí un proceso de toma de decisiones, el cual requiere de gran inventiva al plantear alternativas, ya que muchas veces el problema puede atacarse desde puntos de vista muy diversos, tanto constructivos como administrativos.

#### 4.2 CONTROL DE PROGRAMA.

El control de programa o control de avance es probablemente la rama del control de obra que más ha sido estudiada, al punto que algunas personas no consideran más allá de este concepto al hablar de control de obra. Esto se debe probablemente a que es el aspecto que más se presta a ser tratado mediante una metodología rigurosa y estandarizada.

La introducción de los métodos de programación mediante ruta crítica, relativamente reciente pues data en México de apenas unos 20 años, ha estimulado la imaginación de los teóricos al proporcionar una estructura que permite determinar al detalle cuál debe ser el desarrollo de una obra. La aplicación práctica de estos conceptos ha sido por desgracia bastante limitada. No se pretende aquí sostener que estas estructuras teóricas estén reñidas con la obra real, sino que debe estudiarse para cada obra -- hasta que punto y detalle será posible implantar un control práctico, y -- utilizar la teoría en función de esto. En todos los casos, el conocimiento profundo de las técnicas a utilizar permite su implantación más efectiva.

#### Programación de Actividades.

Constituye la base para el control, el estandar contra el cual comparar los resultados de nuestra actividad. Puede realizarse sin embargo con mayor o menor soporte teórico, y con mayor o menor detalle según sea necesario.

El primer paso es siempre elaborar la lista de actividades y es en este punto cuando se determina el grado de detalle con que se habrá de trabajar, - - ya que pueden definirse actividades desde muy gruesas hasta muy desglosadas. Será conveniente en general tener grados de detalle uniformes en todas las actividades. Lo importante es tener en mente que esta decisión - - afecta a la carga de trabajo para operar el control durante todo el desarrollo de la obra, y tal vez otros factores como la oportunidad de la información, etc.

La selección de las actividades no necesariamente debe basarse en los conceptos de obra del presupuesto, si bien es conveniente que exista relación entre ellos para así poder establecer la liga programa-costos, como se verá más adelante.

Una vez listadas las actividades debe establecerse la lógica o secuencia de éstas, y su duración normal. Se requiere aquí de amplia experiencia y conocimientos en construcción, así como del proyecto específico y de la disponibilidad de recursos.

La lógica de actividades puede ser a nivel de una simple secuencia, a nivel de subordinación terminación-inicio, o con distintos tipos de subordinación: inicio-inicio, inicio-terminación y terminación-terminación. El tipo de lógica depende de la técnica usada en cada caso, a saber: diagrama de Gantt, CPM ó PERT, método de precedencias. En los dos últimos casos el uso de matrices de subordinación ordena el trabajo.

El diagrama de barras o de Gantt es la representación más simple, más fácil de entender en la obra, y por ende más ampliamente utilizada. Puede elaborarse a partir de la simple secuencia de actividades, con lo cual proporciona información restringida, o ser un resultado de alguno de los otros métodos. CPM y PERT proporcionan mucha más información mediante el cálculo de la red de actividades. CPM es un método determinista en el cual se suponen conocidas las duraciones de las actividades. PERT es un método probabilista, que utiliza duraciones medias, optimistas y pesimistas, lo cual complica (innecesariamente para los fines de la construcción) su manejo. El método de precedencias no es sino una revisión de CPM, en la cual se ha sustituido la notación de flechas por la de nodos, introduciendo además nuevas relaciones de subordinación, con lo cual se eliminan las actividades ficticias simplificando notablemente la red.

El concepto de duración normal se encuentra muy ligado al de costos, ya que se considera que la duración de una actividad puede hacerse variar en función de los recursos asignados a ella. Los gradientes de eficiencia que se provocan de esta forma inciden sobre los costos como se muestra en la figura en forma idealizada. Se define la duración normal de la actividad como aquella para la cual el costo unitario es mínimo.

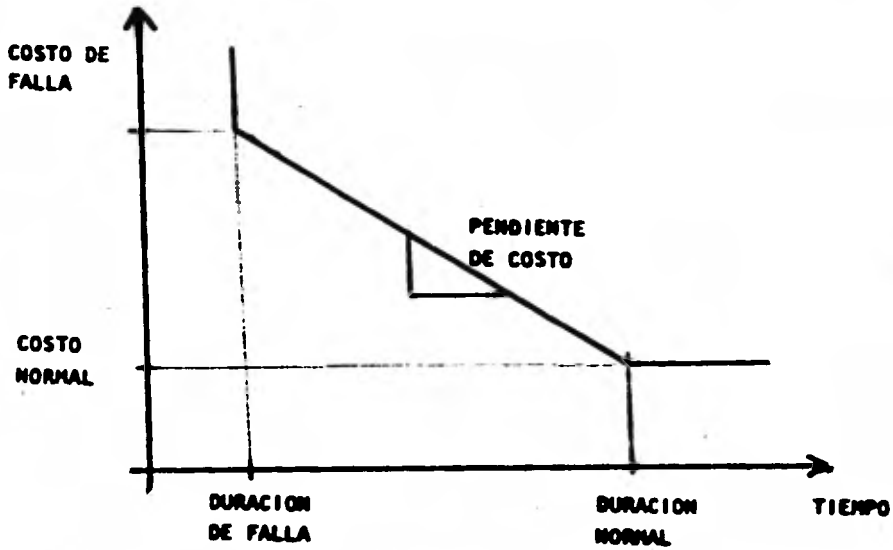
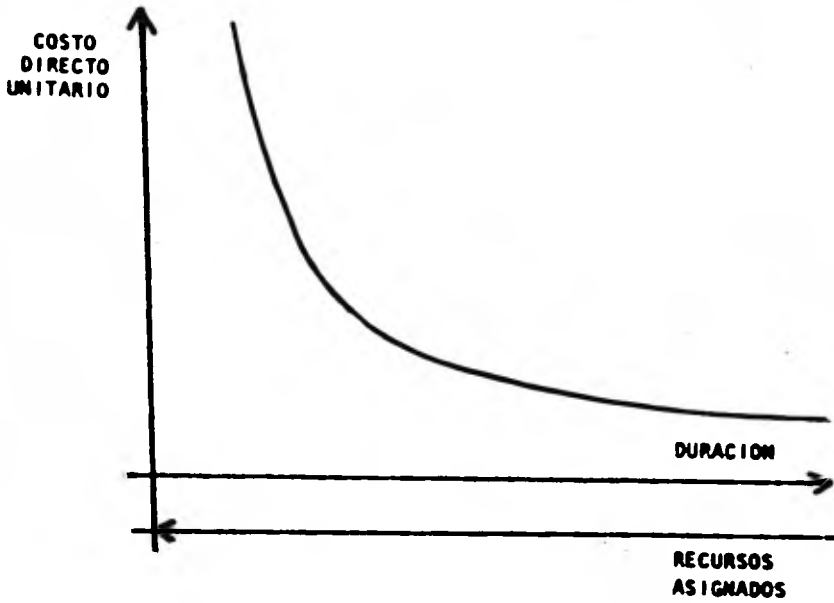
#### Asignación de Recursos y Construcción de Redes.

Son éstas, técnicas de mayor complejidad cuyo uso puede justificarse sin embargo en muchos casos.

La Asignación de Recursos pretende lograr una distribución adecuada en el-



INFLUENCIA DE LA ASIGNACION DE RECURSOS  
EN LOS COSTOS Y DURACION DE UNA ACTIVIDAD.



APLICACION PRACTICA.

tiempo de los recursos necesarios para la obra. Con el fin de lograr esto - se realizan una serie de tanteos desplazando a las distintas actividades dentro de sus holguras. El utilizar las holguras libres no afecta a la red, pero si se utiliza la holgura con interferencia, alguna rama no-crítica de la red puede llegar a convertirse en crítica.

Una vez hecha la asignación se obtienen los programas colaterales que son de suma utilidad en la previsión de los recursos necesarios. Se pueden obtener así programas de utilización de Mano de Obra, de Utilización de Equipos, de Compras y Suministros, de Erogaciones, etc.

La Compresión de Redes es principalmente una técnica de reprogramación, -- y el resultado es un programa nuevo cuando se ha determinado que el vigente ya no es utilizable. Consiste en ir disminuyendo la duración de las actividades críticas con menor pendiente de costo hasta lograr la fecha de terminación de la obra deseada. El procedimiento es iterativo e implica ir recalculando la red por lo que puede volverse muy laborioso.

Los conceptos básicos de Compresión de Redes son sumamente útiles para la toma de decisiones, pues permiten determinar en que actividades se deben invertir recursos para conservar el costo a un nivel mínimo, y evitar desperdiciar recursos en actividades cuyo acortamiento no resulta significativo.

#### Revisiones y Acción Correctiva.

Pasemos ahora a hablar del control ya durante la ejecución de la obra.

La única entrada que requiere nuestro sistema para llevar este control, una vez alimentado con los datos del programa, son los avances registrados. La información sobre como se ha ido realizando la actividad (fecha de inicio, - interrupciones, etc.) es también necesaria al momento de hacer el análisis. Estos avances pueden darse bien como unidades de volumen de obra o como porcentajes de realización de cada actividad.

Las revisiones deben ser estrictamente periódicas y los reportes de variaciones indicarán tanto aquellas actividades que se encuentren atrasadas como adelantadas. En el caso de controles simples será suficiente con esto, - y para controles más completos podrá indicarse si la actividad es crítica o no, si está consumiendo su holgura libre o su holgura con interferencia, si puede considerarse como subcrítica (a punto de convertirse en crítica), o - si ya se ha convertido en crítica. Obtener las fechas probables de terminación de las actividades, por algún método de interpolación adecuado, - permite revisiones más objetivas del programa.

A partir de estos reportes se genera el proceso de decisión para determinar las acciones correctivas a tomar.

Los factores principales que afectan al cumplimiento de un programa son:

Volúmenes de Obra

Recursos

Imprevistos

Si los volúmenes de obra han sufrido variaciones respecto a lo proyectado, será generalmente necesario reprogramar la red.

Si el problema está en la disponibilidad de recursos habrá que estudiar al ternativas tales como:

- Cambio de proveedores
- Trabajar tiempo extra
- Aumentar el número de trabajadores
- Aumentar el número de turnos
- Adquirir o rentar más equipo
- Conseguir mayor financiamiento
- Agilizar los cobros,
- etc.

Todas éstas y otras alternativas similares repercuten naturalmente sobre -- los costos.

Finalmente entre los imprevistos podemos listar:

- Accidentes
- Factores Climáticos
- Proyecto (falta de planos, etc.).
- Legales (licencias, etc.)
- Laborales (escasez de personal, huelgas).
- Sustitución de destajistas,
- etc.

Podemos representar lo anteriormente dicho por medio de una ecuación funcional como la siguiente:

$$\Delta \text{ tiempo} = f \left( \frac{\Delta \text{ Volumen de Obra}}{\Delta \left[ \begin{array}{l} \text{M\u00e1xima posible} \\ \text{M\u00ednimo requerido} \end{array} \right]} + \Delta \text{ Imprevistos} \right)$$

Recursos

Como un \u00faltimo comentario recordemos que es m\u00e1s importante aplicar los controles, que establecer programas muy sofisticados, y generalmente -- las dificultades no se presentan al elaborar el modelo te\u00f3rico, sino al manejarlo en la pr\u00e1ctica.

### 4.3 CONTROL DE CALIDAD,

#### Estandares de Calidad.

La base de comparación para el control de calidad se encuentra en los planos, normas y especificaciones del proyecto, los cuales constituyen para cada obra los estandares de calidad.

Existen basicamente 3 formas de especificar la calidad deseada para los -- elementos constitutivos de una obra:

La primera consiste en indicar la marca y tipo del producto. En este caso no existe practicamente responsabilidad para el constructor, ya que éste -- la transfiere al fabricante y por lo tanto el control requerido es mínimo.

La segunda manera es referirse a normas establecidas por ciertos organis -- mos, que tengan amplia aceptación y difusión. Tal es el caso de las -- normas ASTM, por ejemplo. Se puede también recurrir a las especifica -- ciones de algún organismo público. (SAHOP, SARH, etc.)

La tercer forma y la que más se presta a conflictos, es el establecimien -- to de especificaciones particulares para una cierta obra. Estas especifi -- caciones debe elaborarse con sumo cuidado para evitar embiguedades e in -- congruencias.

En los dos últimos casos existe la posibilidad de traspasar la responsabilidad en cuanto a calidad, si el producto se va a comprar a algún fabricante y

se le exige a éste el cumplimiento de la norma o especificación. Tal es el caso, por ejemplo, de los concretos premezclados. Para este tipo de productos comienza a ser necesaria la aplicación de controles por parte del constructor, si bien su responsabilidad es limitada.

Si el producto va a ser elaborado en la obra, el control de calidad se vuelve indispensable ya que el constructor asume la responsabilidad total sobre el cumplimiento de lo especificado. En estos casos es importante exigir se aclaren las ambigüedades, traduciendo frases como: " de acuerdo con las mejores prácticas de la Ingeniería", a tolerancias definidas y datos específicos. Los criterios de aceptación o rechazo deberán estar, siempre que sea posible, claramente definidos. En estos casos es sumamente útil el conocimiento de las técnicas estadísticas para muestreo e interpretación de resultados, evaluando parámetros como media, desviación estandar, etc. Siempre que sea posible se indicará, por lo tanto, el tipo de pruebas a realizar y las características del muestreo. En general será preferible que las especificaciones permitan al constructor diseñar el proceso constructivo, señalando únicamente las características del producto terminado, lo cual propicia el adecuamiento a las circunstancias, la inventiva y la creatividad.

#### Planeación del Control de Calidad.

El primer punto que debe observarse es ¿Quién va a llevar este control?

Por una parte al promotor le interesa asegurar que se cumplan las especi

ficaciones del proyecto, y por otro lado el constructor no quisiera que se le imputaran faltas de calidad sin haberlas comprobado por sí mismo. El que cada una de estas entidades maneje controles separados paralelos, - además de constituir una duplicación de esfuerzos, se presta a discrepancias y conflictos por el carácter aleatorio del muestreo que se realiza en - muchos casos. Un acuerdo para que una de las partes lleve el control, - bajo la supervisión del otro, parece ser la solución más acertada. El empleo de una tercera entidad, el laboratorio especializado, puede ser también un recurso si bien los costos se verán incrementados.

Esto nos lleva a otro punto importante: El sistema de control debe planearse con un criterio económico, evaluando los probables costos y beneficios. Así el costo de un control detallado, que consuma recursos humanos y materiales (especialmente en pruebas destructivas) puede no justificarse si el costo de retirar un elemento y volverlo a ejecutar es bajo. (Debe considerarse este último costo en su aspecto temporal, incluyendo costos de premura, etc.)

Respecto al tipo de datos y de reportes que debe proporcionar el sistema, se procurará que estos permitan apreciar las causas de las desviaciones, los responsables de las mismas, las posibles consecuencias, y evaluar las medidas que puedan adoptarse.

#### Tipos de Control de Calidad.

Existen 2 variantes básicas, cuya diferenciación asume gran importancia -



al hablar de Control de Calidad. Estas son: Control Preventivo, y Control Correctivo.

En la medida en que el control tienda hacia la prevención serán mejores sus resultados. El hacerlo preventivo implica un control descentralizado, llevado en la obra, oportuno, y acorde con las ideas de autocontrol como motivación positiva.

Ejemplos de control preventivo serían:

Controlar la calidad de los materiales antes de su colocación (concretos, morteros, tabiques, tubería, etc.)

Controlar la calidad de la Mano de Obra (Calificación de Obreros, Programas de Capacitación, etc.)

Controlar los trazos, medidas, niveles, plomos, etc., para que en su caso sean corregidos a tiempo.

Controles de tipo correctivo son todos aquellos que obliguen a reparar o rehacer un elemento. Por ejemplo, la prueba de cilindros a compresión a los 28 días.

No se pretende aquí decir que los controles correctivos no deban aplicarse, sino que en todos los casos en que sea económicamente factible, se procure detectar los errores en forma preventiva.

#### Oportunidad de la Decisión y Acción Correctiva.

El control de calidad nos puede servir para ejemplificar como se compor -

tan los costos de la decisión atrasada, bien sea por no haber detectado el problema a tiempo, o por el proceso de decidir en sí.

Supongamos que se presenta un defecto en la planta de concreto al dosificar las cantidades de cemento. El problema debiera ser detectado rápidamente al hacer las pruebas de revenimiento. Veamos lo que sucede si la decisión de reparar la planta se retrasa:

Si el defecto consiste en exceso de cemento, se tiene un costo extra por metro cúbico producido. Este costo se acumula en el tiempo en forma -- aproximadamente lineal.

Si por el contrario, el problema consiste en una dosificación de cemento -- menor a la especificada, que ponga en entredicho la resistencia del concreto, el costo acumulado aumentará progresivamente con el tiempo al aumentar el número de elementos colados y la resistencia de éstos.

Otro ejemplo sería el decidir si debe ordenarse la demolición de un elemento, después de la prueba a compresión de un cilindro a los tres días, cuya resistencia resultó excesivamente baja, o esperar a que se prueben otros cilindros a los 7, 14 ó 28 días.

Finalmente, el tipo de acciones correctivas a tomar será, por citar algunos ejemplos:

Modificación de algún proceso constructivo,

Cambio de proceso constructivo,

Retirar un material de la obra,

**Contratar personal calificado,**  
**Demoler una parte inadecuada,**  
**Reforzar una pieza defectuosa,**  
**Reparar una instalación,**  
**Etc.**

#### 4.4 CONTROL FINANCIERO.

Este tipo de control no puede ser considerado estrictamente como un control de obra, ya que su aplicación es más bien a nivel empresa. Se ha incluido en este trabajo por la estrecha relación que guarda con los controles de costo y programa, tanto durante la etapa de planeación como en su aplicación.

Por otra parte, la raíz de los fenómenos financieros que se dan en la empresa se encuentra en las obras, y se procurará resaltar la importancia de controlarlos a partir de la integración de lo que sucede en cada una de éstas, y la operación de las oficinas centrales.

En épocas de inflación el costo del dinero se multiplica, lo cual nos obliga a mantener al mínimo nuestros excedentes de efectivo y balancear nuestros activos y pasivos monetarios y no monetarios, así como las necesidades de capital externo. Esto provoca un estado de equilibrio muy sensible a alteraciones respecto a lo planeado, que de no ser detectadas prontamente, provocan las crisis de liquidez y con ellas la necesidad de conseguir dinero caro, además del invaluable deterioro en el prestigio de la empresa. Otros factores complican esta situación tales como las pérdidas por inflación disfrazadas de utilidades, las reservas necesarias para reposición de activos, etc. A pesar de estas complicaciones, un control financiero estricto y con alta sensibilidad puede ser una herramienta muy útil para evitar y prevenir este tipo de crisis.

### Origen del Financiamiento,

Se delinearán un panorama general de las fuentes de financiamiento para una empresa constructora, en forma muy breve.

Existen dos tipos principales de financiamiento: a corto plazo, generalmente considerado como el que abarca un periodo menor a un año, y a largo plazo.

Las fuentes varían en cada caso y las podemos agrupar dentro de financiamiento interno, o externo.

El financiamiento interno está constituido por el capital social, la recapitalización de utilidades, los incrementos de capital, las reservas y provisiones.

El financiamiento externo puede ser operacional, por ejemplo el proporcionado por los proveedores, que muchas veces es gratuito, puede provenir del cliente por medio de anticipos que repercuten en economía tanto para él como para el constructor, o puede ser de tipo bancario, considerando en éste los préstamos a corto y largo plazo, otros tipos de préstamos, bonos y obligaciones, etc. Un tipo de financiamiento bancario es también el fideicomiso del contrato de obra, por medio del cual se pueden conseguir anticipo y preestimaciones, especialmente en el caso de obra pública.

### El Programa de Ingresos-Egresos,

El programa de Ingresos y Egresos o Flujo de Caja es la herramienta más-

utilizada para planear el aspecto financiero. Se elabora primero para cada obra y a partir de estos programas particulares, el global de la empresa.

Para construirlo se requiere tener de antemano el programa de obra, y los laterales de costo, de adquisiciones, de necesidades de efectivo, y de cobros. En este último aspecto se incluyen los anticipos, estimaciones y pre-estimaciones, descontados los impuestos, fondos de garantía, amortizaciones de anticipo, etc.

El flujo de Caja puede presentarse en forma gráfica o tabular, siendo más adecuada la primera para mostrar las tendencias generales y la segunda para el control. Puede elaborarse también, en ambos formatos, con valores acumulados.

Existe la creencia entre algunas personas de que minimizando el momento estático de las erogaciones respecto a la fecha de terminación de la obra se minimiza el financiamiento. Esto se lograría bien sea desplazando a las actividades dentro de las holguras hasta sus últimas fechas, lo cual las vuelve críticas con las consecuencias que ésto implica, o en forma menos premeditada retrasando la obra si el programa no es muy estricto. Esto puede ser un error en muchos casos y se deberá estudiar en cada situación específica, por ejemplo para aprovechar un precio de oportunidad en un material. Por otro lado el financiamiento de operación y un programa de recuperaciones estricto y adecuado pueden volver completamente falsa la hipótesis anterior.

### Control Financiero en la Obra.

Hemos dicho que el control financiero debe tener su raíz en las obras. --  
Veamos los fundamentos de esta aseveración.

Son dos los aspectos a cuidar en cuanto a control financiero: Ingresos y -  
Egresos.

Los egresos están determinados principalmente por el programa de obra, y -  
si éste se desarrolla de acuerdo a lo planeado y los costos se mantienen -  
dentro de lo presupuestado, será poco lo que tengamos que preocuparnos --  
por su control. Por otro lado generalmente existe dentro de la empresa una  
entidad dedicada a las compras de materiales, y muchas veces otra que con-  
trola la maquinaria, con lo cual estos aspectos no dependen exclusivamente  
de la obra y se encuentran controlados desde dos puntos de vista.

Los ingresos por su parte, sí dependen en la mayoría de los casos del per-  
sonal de campo, por lo menos en lo que toca a su aceptación por parte --  
del cliente. Me refiero obviamente a la elaboración de las estimaciones -  
de obra. El personal que trabaja en la obra debe mantenerse informado del  
programa de recuperaciones y la forma como se desarrolla. Esto puede ser  
difícil si se tiene en cuenta la gran cantidad de problemas que tiene que  
atender diariamente y que requieren de inmediata solución, por lo cual re-  
quiere que el sistema de control lo mantenga informado sobre el aspecto -  
recuperaciones. Debe existir en todo momento la conciencia de que es -  
tan importante producir, como cobrar lo que se produce. Detectar las si-

tuaciones en que esto no ocurre de acuerdo a lo planeado, para permitir -- una decisión sobre las acciones correctivas a tomar, es función del sistema de control financiero.

Por otro lado, y dependiendo de las políticas de la empresa, se considera una medida sana el tener el financiamiento resuelto para cada obra por separado, procurando evitar una crisis general por problemas en una sola de las obras.

En cuanto al control en Oficinas Centrales, puede considerarse que se vuelve casi automático al integrar el de las distintas obras. Solamente habrá que tomar en cuenta algunos aspectos extra como serían: el control de los egresos (que en alguna forma se carga a las obras como indirectos), el -- control sobre los periodos de cobro de estimaciones, la tramitación de los créditos, etc.



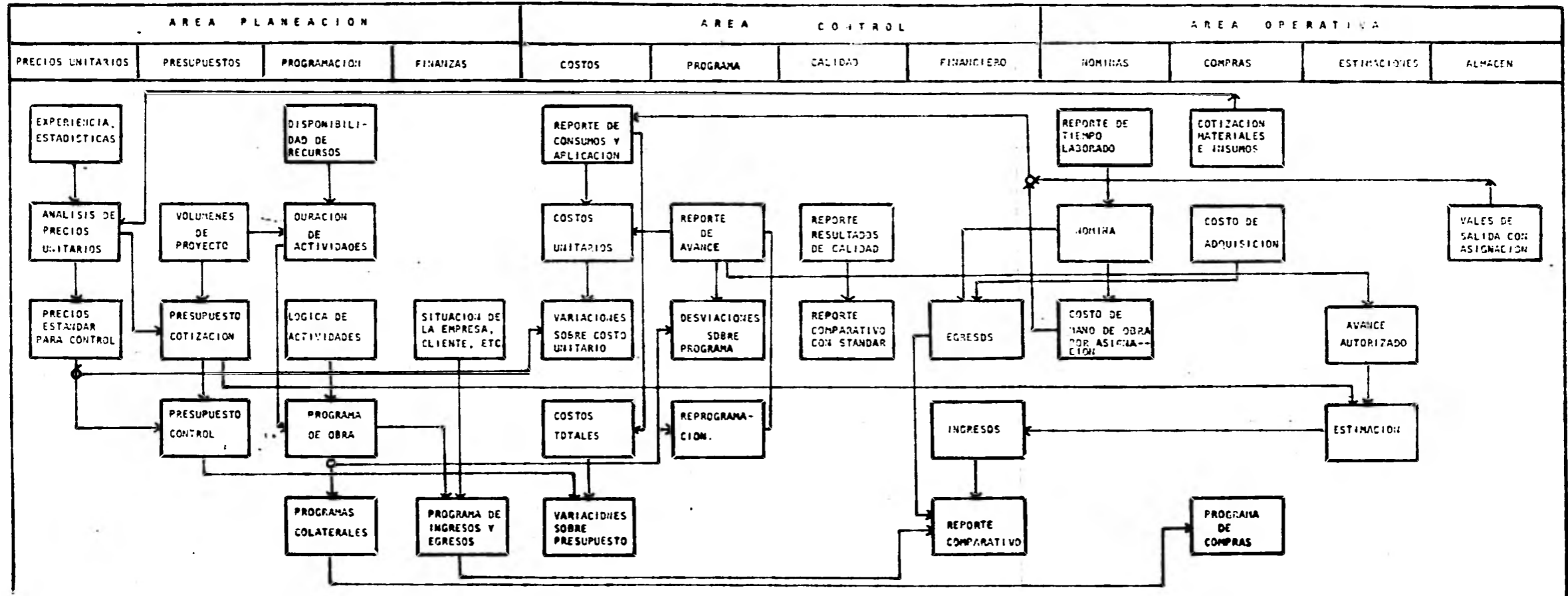
#### 4.5 EL CONTROL INTEGRADO.

Hasta aquí se ha hablado por separado de algunos aspectos particulares del control que fueron seleccionados para tratar en este trabajo. No quiere esto decir que se considere que operan independientemente. Por el contrario es necesario enfatizar que interaccionan continuamente, y que es indispensable considerar las interrelaciones existentes entre ellos al hacer el diseño de lo que podríamos llamar Sistema de Control Integrado.

Este sistema tendría como componentes a una serie de subsistemas para atender a cada aspecto particular.

El diseño de este Sistema Integrado no necesariamente debe hacerse en un solo paso, si bien es conveniente realizar un análisis preliminar que abarque a los distintos subsistemas, para determinar las relaciones existentes y conexiones necesarias, con lo cual podremos diseñar una serie de módulos que puedan implantarse progresivamente.

A continuación se incluye un diagrama del tipo utilizado anteriormente para representar un Sistema Empresa. En este caso se ha considerado a un cierto Sistema Integrado de Control como base del diagrama, teniendo como columnas algunos de los subsistemas que podrían componerlo. Recuerde que las flechas representan flujos de información.



## 5. CONCLUSIONES.

La construcción es una de las actividades industriales en las que interviene mayor número de variables, y generalmente una de las de más alto riesgo; son muchas las empresas constructoras que van a la quiebra todos los años. De aquí, que se justifique la inversión de tiempo y recursos relativamente considerables para diseñar e implantar herramientas que nos permiten controlar esta actividad. Siendo la obra la raíz y fundamento de la empresa constructora, destaca en primer término el control de obra como punto fundamental.

El controlar una obra se vuelve sin embargo cada vez más difícil, a medida que éstas son cada día más complejas y el medio económico-social más estricto. En la actualidad, se requiere para ello del auxilio de nuevas técnicas y conocimientos, algunos de los cuales no se encuentran tradicionalmente en la formación del Ingeniero Civil. A pesar de ello, sigue siendo este profesionalista el más indicado para diseñar los controles aplicables. Es indispensable, por lo tanto, que estudie y complemente su formación escolar para lograr los máximos resultados.

Se ha expuesto en el presente trabajo un marco general para ubicar al control dentro de la teoría de sistemas, se han comentado metodologías específicas para el diseño de estos sistemas, y como podrían aplicarse estas técnicas al caso específico del control de obra. Se habló después de la empresa constructora en general y del control de obra dentro de ella, involu-

crando aspectos de tipo humano y organizacional. Finalmente se comentaron generalidades sobre los distintos tipos de control de obra y las técnicas -- aplicables en cada caso.

Logicamente el nivel de profundidad logrado en un tema tan amplio ha sido poco. Se espera sin embargo, que las personas que lean este trabajo se sientan motivadas a profundizar más en el tema, por lo cuál se incluyen -- en la bibliografía títulos que abarcan todos los puntos tratados.

Con deliberada intención se han omitido los ejemplos a lo largo del texto, -- salvo en casos en que fueron indispensables para explicar un concepto, por considerarse que cada empresa y cada circunstancia particular requieren de una solución específica. El uso de ejemplos podría limitar la creatividad, -- imaginación e inventiva del diseñador, como ha ocurrido muchas veces, en una actividad que requiere al máximo de estas características.

Cuantas veces hemos visto, que en cursos y seminarios se dan formas y -- procedimientos para controlar distintos aspectos de obra, los cuales se -- adaptaron perfectamente a las necesidades del expositor en un momento da do, pero que resultan inaplicables en la circunstancia de cada uno de -- los participantes. Esto trae como consecuencia un desperdicio de recursos al intentar implantar esos sistemas, o partes de sistemas, inadecuados.

Se habló también del uso que se puede dar a la computadora como auxi -- liar en la operación de estos sistemas, si bien se hizo énfasis en que la generalidad de los procedimientos y técnicas descritas pueden implantarse

en forma manual, por lo que resultan adecuados tanto para empresas grandes como medianas y pequeñas.

Con todo ésto se ha pretendido lograr los siguientes objetivos:

- a) Enfatizar la importancia que tiene el control de obra.
- b) Despertar inquietudes por buscar formas más adecuadas de diseñar estos controles.
- c) Explicar algunas de las técnicas de diseño de sistemas que pueden aplicarse en este caso.
- d) Situar al control de obra dentro de un medio ambiente que resulta complejo.
- e) Exponer el estado del arte en cuanto a técnicas de control, en forma muy general.

Espero que el lector considere que se han cumplido estos objetivos, y que este trabajo le sea de utilidad en su práctica profesional.

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

1. EL ENFOQUE DE SISTEMAS.  
Churchman, West.  
Ed. Diana.  
México, 1979.
2. EL ENFOQUE DE SISTEMAS.  
Gerez, Victor y Grijalba, Manuel.  
Ed. Limusa.  
México, 1978.
3. LA DIRECCION POR SISTEMAS.  
Del Pozo Navarro, Fernando.  
Ed. Limusa.  
México, 1979.
4. ADMINISTRACION DE UN PROYECTO DE  
PROGRAMACION.  
Metzger, Philip W.  
Ed. Trillas.  
México, 1978.
5. SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS.  
Lázaro, Victor.  
Ed. Diana.  
México, 1979.
6. ANALISIS Y DISEÑO DE FORMAS.  
Moore Business Forms.  
México, 1976.
7. SISTEMAS DE INFORMACION BASADOS EN  
COMPUTADORAS PARA LA ADMINISTRACION  
MODERNA.  
Murdick, Robert y Ross, Joel.  
Ed. Diana.  
México, 1974.

8. **ADMINISTRACION DE EMPRESAS.**  
Reyes Ponce, Agustín.  
Ed. Limusa.  
México, 1979.
  
9. **ADMINISTRACION DE LA CONSTRUCCION.**  
Apuntes del curso del mismo nombre.  
Autores Varios.  
División de Educación Continua, Facultad  
de Ingeniería, UNAM.  
México, 1980.
  
10. **APUNTES DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS  
DE INGENIERIA.**  
Facultad de Ingeniería, Sección de  
Construcción, UNAM.  
México, 1980.
  
11. **ADMINISTRACION DE EMPRESAS DE EDIFICACION.**  
Suarez Salazar, Carlos.  
Ed. Limusa.  
México, 1978.
  
12. **LA COORDINACION PROFESIONAL DE OBRAS.**  
Serna, Fco. Javier.  
Revista. Construcción Mexicana Nos. 251 - 252.  
México, 1980.
  
13. **NORMAS Y PROCEDIMIENTOS EN LA INDUSTRIA DE  
LA CONSTRUCCION.**  
Volpe, Peter.  
Ed. Limusa.  
México, 1978.
  
14. **ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS DE  
CONSTRUCCION.**  
Cabecut, Jorge A.  
Revista. Ingeniería de Costos No. 2.  
México, 1970.

15. **METODO PRACTICO PARA LA CONTABILIDAD DE COSTOS DE CONSTRUCCION.**  
Villegas Mora, Xavier.  
Ed. CECSA.  
México, 1975.
  
16. **CONTROL DE COSTOS DE OBRA EN COMPUTO ELECTRONICO.**  
Rivera Fernández y Suárez Reynoso.  
Revista. Ingeniería Civil No. 185.
  
17. **CONTROL ELECTRONICO DE COSTOS.**  
Guzmán Domínguez y Díaz Leal.  
Revista. Ingeniería Civil No. 194.  
México, 1976.
  
18. **COST CONTROL IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY.**  
Gobourne, J.  
Newnes - Butter Norths.  
London, 1973.
  
19. **LOS COSTOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.**  
Autores Varios.  
Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.  
México, 1971.
  
20. **COST CONTROL CPM IN CONSTRUCTION A MANUAL FOR GENERAL CONTRACTORS.**  
Associated General Contractors y América.  
Washington, 1968.



21. **PLANEACION Y CONTROL DE AVANCE DE OBRA.**  
Castro Orvañanos, José.  
Universidad Autónoma Metropolitana.  
México, 1977.
  
22. **IMPLEMENTATION OF THE CRITICAL PATH METHOD.**  
Mc Lean, Robert.  
Technical Report No. 44.  
Department of Civil Engineering.  
Stanford University.  
USA, 1964.
  
23. **REPCO: PROGRAMA PARA TOMA DE DECISIONES EN CONTROL DE OBRA.**  
Morales Najer, Victor M.  
Instituto de Ingeniería, UNAM.  
Reporte No. 353.  
México, 1975.
  
24. **LA IMPORTANCIA DEL CONTROL DE CALIDAD.**  
González Prado, Fco.  
Revista Construcción Mexicana.  
México, Diciembre de 1978.