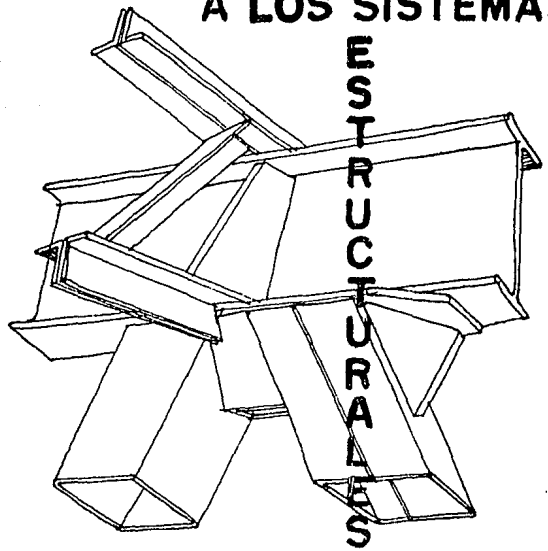


1ej. 2

**FUNDAMENTOS
TEORICOS PARA
LA TOMA DE
DECISIONES
REFERENTE
A LOS SISTEMAS**



EN ARQUITECTURA

00164
1984

**TESIS DE MAESTRIA
ENRIQUE HERNANDEZ NAMBO ARQ**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

INDICE

Páginas

Introducción.....	2
CAPITULO I.Panorama de la Construcción en México,Propósitos y alcances de esta tesis.....	4
CAPITULO II.El Método Científico.....	8
CAPITULO III.La Ingeniería de Sistemas.....	13
CAPITULO IV.Los Sistemas en Arquitectura.....	17
CAPITULO V.El Subsistema Estructural,1a Parte.....	26
CAPITULO VI.El Subsistema Estructural,2da Parte.....	31
CAPITULO VII.Fundamentación de la Toma de Decisiones.....	40
CAPITULO VIII.Formulación de Objetivos.....	44
CAPITULO IX.Formulación de los Requerimientos.....	50
CAPITULO X.Análisis de Recursos.....	61
CAPITULO XI.Diseño de los Modelos.....	66
CAPITULO XII.Verificación y Decisión.....	72
CAPITULO XIII.Conclusiones y Limitaciones.....	81
Bibliografía.....	85

INTRODUCCION

Es un hecho observable en un gran número de países el profundo desequili
brio que en materia económica conduce a cada uno de ellos a crisis cada vez
más profundas, crisis a las que nuestro país no es ajeno y que nos afectan ca
da vez más con mayor violencia poniendo en jaque a la estructura misma de nues
tra sociedad.

En las postrimerías del siglo en que vivimos y como resultado de la últi
ma conflagración mundial, se han generado las condiciones actuales de división
del mundo en las que los países altamente industrializados tratan de alcanzar
el predominio mundial alcanzando para sí el usufructo de los satisfactores
que el mundo ofrece, cada vez mejores y el alcance de pocos, lo que genera la ca
rrera armamentista a fin de asegurar los modos particulares de la posesión de
esos satisfactores, en cuyo logro, ha tenido que ver el desarrollo de esta impor
tante actividad humana que llamamos tecnología, la cual con base en los conoci
mientos científicos trata de precisar los caminos para la obtención de algunos
de esos satisfactores.

En este panorama y colocando a nuestro país en la otra vertiente, la de los
países subdesarrollados, es indudable que el nuestro trata de alcanzar los nive
les de los países ricos, a costa de no pocos sacrificios para lo cual pretende
encontrar un camino diferente al que siguieron los países industrializados. Es
to deberá ser así por razones fundamentales tales como: Las condiciones históri
cas que son completamente distintas, además del hecho de que en el binomio Nor
te-Sur estos países han alcanzado una posición de predominio tal, que no están
como hemos dicho, dispuestos a compartir con nadie sus logros, poseedores ellos
de una alta tecnología, su fin principal radica en exportarla y explotarla al
máximo sin tener en cuenta que pueda o no resolver los problemas del país a
donde se dirige.

Es de vital importancia tener presente que la situación del mundo que actualmente vivimos en esta occidental vertiente del planeta, fue configurada por dos hechos fundamentales: La Ilustración y la Revolución Industrial, hechos éstos que han imprimido un peculiar aspecto a los acontecimientos de nuestros días, sin poder encauzarlos debidamente, dejando paso a concepciones derivadas de la razón y de la ciencia en un panorama en donde el hombre no ha aprendido a acogerse a sí mismo como ser racional e irracional al mismo tiempo.

Derivados de la Ilustración, el concepto de racionalidad del hombre, destruyó la antigua estructura mágico religiosa, atribuyéndole al individuo caracteres superiores que la misma historia se ha negado a confirmar y a descubrir como parte de esta misma secuencia los principios científicos que le permiten estudiar algunos de los procesos en que nos encontramos involucrados, se fundamentó así lo que hoy conocemos como ciencia y que viene a convertirse en una nueva fuente de poder que sustituye el que en la sociedad tribal tenía el brujo primero y el sacerdote después dueños ellos de todos los secretos del universo. Estos nuevos secretos han cambiado de dueño pero siguen usándose para los mismos fines, de ahí la importancia que tiene en nuestros días esa aplicación o manera de usar la ciencia para cosas concretas de eso que nosotros llamamos Tecnología la que deberá de convertirse en nuestras manos en una auténtica fuente para la resolución de nuestros propios problemas que nos permitan superar el estado crítico en que vivimos. De esta manera podremos enseguida situar el trabajo que pretendemos desarrollar en el contexto de un país al que no le son extraños los procesos que tienen allí su resonancia proveniente de la última relación que guardan en la actualidad los países todos y en especial los situados en esta occidental ladera del planeta.

CAPITULO I

BREVE PANORAMA DE LA CONSTRUCCION EN MEXICO, PROPOSITOS Y ALCANCES DE ESTA TESIS.

En el campo de la Arquitectura la crisis actual no ha pasado desapercibida ya que ha producido el encarecimiento desorbitante del espacio arquitectónico, haciéndolo inaccesible a un número cada vez mayor de usuarios, por lo que es indispensable revisar las políticas que en este género se han seguido, a fin de encontrar soluciones que satisfagan las condiciones que la nueva época impone.

Esto hace pensar que en las esferas todas del quehacer arquitectónico, hebre que hacer una revisión a fondo, a fin de operar soluciones más concretas que las que hasta ahora se han venido usando ya que la rapidez de los acontecimientos convierten en obsoletos rápidamente a las actuales. Es innegable que el campo de la arquitectura no es como quisieramos una insula, sino lo que aquí sucede tiene una liga muy fuerte con los acontecimientos que de toda índole se dan en un país tan vasto como el nuestro, el cual a su vez resiente fuertemente los acontecimientos mundiales que lo obligan, queriendo o no, a tratar al menos de establecer nuevos cauces dentro de los cuales se pueden efectuar las políticas que el partido en el poder considere las más adecuadas.

Es por esto necesario en este mundo en proceso de transformación indudable, aún cuando el sentido de ella no sea tan conciso y relevante, que los profesionales de las distintas ramas que nos sentimos involucrados dentro de él, tratemos de buscar soluciones, que aún cuando sean modestas como lo puedan ser las que trataremos de abordar en el presente trabajo, esperemos que sumando esfuerzos podamos contribuir de alguna manera a modificar las condiciones en que actualmente vivimos procurando que éstas se tornen menos adversas de lo que son a la fecha.

Es de advertir que el punto de interés particular que aquí se trata y que corresponde con el propósito de esta tesis es colaborar en la solución del gigantesco problema del espacio arquitectónico, en algunos de sus aspectos cuando

menos, ya que estoy consciente que este problema es de tal magnitud que requiere para su solución la convergencia de todos los elementos que en este país tienen capacidad de tomar decisiones a los más altos niveles y por lo tanto las soluciones que aquí se proponen abarcarán sólo el ámbito estrictamente profesional del quehacer arquitectónico, en el cual espero pueda tener repercusiones, aún cuando éstas sean limitadas.

Sin embargo será en el marco de la formación del nuevo profesional del espacio arquitectónico donde se puedan alcanzar quizá los mejores logros, ya que a través de mi experiencia en la labor docente me he encontrado con el enorme problema que significa para el joven estudiante establecer juicios de valor con algún fundamento, no sólo en el campo del diseño estructural sino en el campo mismo del diseño arquitectónico o del diseño urbano, en donde creo que este trabajo puede ser de mayor utilidad, sobre todo teniendo muy presente al alumno del Taller Integral, que frecuentemente tiene que ejercitarse en esta clase de juicios (de valor) ya que se le pide que los haga sin tener en ocasiones las bases teóricas que los fundamentan.

Colocándonos dentro del panorama actual en México de la construcción, la que en general atraviesa por un largo período en que todo se resuelve por la vía empírico-experimental, en donde, aún cuando ha sido un país de recursos considerables, éstos nunca han estado al alcance de las mayorías, lo mismo puede decirse hoy a pesar de los esfuerzos de los gobiernos revolucionarios quienes tratando de terminar la violenta situación creada inauguraron una nueva etapa de la que hoy no salimos del todo y que contempla desde luego la ejecución de obras materiales, pero más con un criterio de valor o utilidad en la obra misma y los beneficios personales que ésta acarree, teniendo como marginales los que el país produce, es por esto que sólo tardamente se contemplarán estos intentos de formulación de planes globales de desarrollo en condiciones de presiones externas tales que los harán seguramente inoperables.

Aquí es donde yo creo que es de gran utilidad la preparación de los profesionales mexicanos abiertos a las corrientes universales en el campo del saber y del conocer científico ya que como nunca antes en la historia del hombre se han desarrollado estos campos. Si bien es cierto que este desarrollo ha tenido lugar en los países altamente industrializados y con los fines que ya hemos mencionado, esto no obsta para que el profesional consciente y estudiante de los problemas de su tiempo y de su sociedad pueda alcanzar verdaderas dimensiones traduciendo y adaptando, por así decirlo, los logros alcanzados en otras latitudes para ponerlos con fines prácticos al servicio de la solución de los problemas no pequeños que aquí contemplamos. Esto de alguna manera podrá permitirnos salir de ese estado en que la construcción, salvo contadas excepciones, guarda tratando de alcanzar métodos que racionalicen tanto el uso de los materiales como los procesos humanos de transformación de ellos, ya que cualquiera que visite, incluso las grandes obras que se realizan en México, podrá constatar que estos procesos de optimización de sistemas evitando recorridos y usos innecesarios de materiales y equipo, así como los estudios de alternativas para la selección de los sistemas apropiados no son de uso común debido probablemente al desconocimiento de los principios en que esto se basa.

Es prudente aclarar que el tema que abordamos tiene facetas que se antojan insuperables y con alcances diversos, según he experimentado en su puesta en práctica en el campo de la docencia, encontrando resultados que a simple vista parecían demasiado personales dependiendo éste de la forma de interpretación de determinados postulados, por lo que he tratado de concretarme en ahondar sobre la formulación teórica en que se pueden fundamentar dichos postulados tocando sólo marginalmente la forma de aplicación de ellos, ya que no pretendo configurar un recetario o manual de aplicación que se concrete a llenar casilleros con números que carecen de significación, sino hacer comprender a quien quiera aplicar este principio fundamental o último en que se basa la toma de decisiones para que, comprendiéndolo en su cabal significado, lo interprete sin perder de vista su origen.

7

Cree que fijando así el propósito y alcance de esta tesis, podrá juzgarse si cumple o no con lo que propuse.

CAPITULO II

EL METODO CIENTIFICO.

Importancia, Fundamentos, Postulados y Aplicaciones.

Es de capital importancia dejar asentado el papel preponderante que este método ha tenido en el mundo en que vivimos contribuyendo de manera destacada a configurarla y darle la fisonomía que hoy nos asemeja por lo que conviene remontarse un poco a sus orígenes. Vale la pena aclarar, que según mi propio entender, esta manera de ver las cosas comienza en tiempos en que la especie humana se pregunta por primera vez acerca de lo que es, y este momento a mi juicio, no puede ser otro que aquel del nacimiento del filosofar, hecho que tiene lugar en la antigua Grecia con los pensadores tan relevantes como el legendario Tales originario de Mileto, ya que es él el primero que se atreve a responder con una ingenuidad que hoy nos admiraría y sin el rigor que habrá de caracterizar por ejemplo a un Parménides, acerca de lo que existe, dando comienzo a ese continuo refutarse de uno a otro filósofo y de una a otra escuela para construir los grandes sistemas de pensamiento de los que hoy nos sentimos orgullosos.

Paralelo a este discurso se generan en la época helenística las primeras aplicaciones del raciocinio aplicando al filosofar en campos más concretos dando lugar a los primeros descubrimientos propiamente científicos protagonizados éstos por hombres de verdadero genio como Eratóstenes, Arquímedes, Aristarco, Hiparco, Euclides, etc., quienes lograron poner los fundamentos en sus distintos campos de lo que hoy podemos llamar el conocimiento científico el cual ciertamente se verá rezagado en el pensamiento medieval, que retardará según muchos pensadores el desarrollo científico, lo que a mi juicio es inexacto, ya que en primer lugar la historia humana no puede construirse en conjeturas sino conviene más al estudiarla, el pensar por qué se produjeron los hechos reales y no los que

nosotros hubiéramos querido que sucedieran; este respecto yo pienso, aunque esta opinión no sea compartida por varios pensadores ilustres, que no se habrían dado las condiciones de desarrollo en los campos de la ética y la moral ya que éstos no marchaban paralelos sino que se mostraban menos avanzados que el conocimiento científico de esa época, por lo que, ante tal disyuntiva, el camino a seguir fue el que conocemos y no dió por fortuna el desarrollo que hubiera puesto en manos medievales armas como las que hoy nos aterrorizan, pensemos por un momento en que las disputas religiosas de la Edad Media, que hoy contemplamos como luchas estériles, se hubieran resuelto ya no por el camino de las armas nucleares sino con la posesión de armas convencionales usadas por ejemplo en la Primera Guerra Mundial. Vistas así las cosas, el desarrollo científico hubo de esperar algunos siglos hasta poder evolucionar la humanidad entera en otros campos que le permitieran tener conciencia de su identidad, proceso que aún no termina del todo y de cuyo avance depende hoy día su supervivencia. En esta espera, hemos de ver pasar de la alquimia medieval, tan lejana del conocimiento actual, a los planteamientos renacentistas de todo el saber de su época que tomarán cuerpo de dogmas y un gran auge con el advenimiento de la Ilustración, época de interesantes formulaciones que desahocarán en la edad contemporánea, la que le imprimirá nueva significación al aplicarle todo el rigor derivado de la observación de los fenómenos, la comprobación rigurosa de las hipótesis y de otros elementos que lo han venido a caracterizar hasta convertirlo en ese formidable instrumento del que difícilmente podemos prescindir en nuestros días y al que se debe en gran parte el avance espectacular que hoy contemplamos.

Mucho podríamos hablar del método científico, pero para el desarrollo de la presente tesis conviene conocer y saber a grandes rasgos, cuáles son sus fundamentos, por lo que tomaremos como punto de referencia lo que para Mario Bunge es este método y que consiste a grandes líneas lo siguiente: (1)

(1) Mario Bunge.
La Ciencia, su método su filosofía.
Editorial Siglo Veinti.

1) Planteo del problema.

- 1.1 Reconocimiento de los hechos.-examen del grupo de hechos, clasificación preliminar y selección de los que probablemente sean relevantes en algún respecto.
- 1.2 Descubrimiento del problema.-hallazgo de la laguna o incoherencia en el cuerpo del saber.
- 1.3 Formulación del problema.-planteo de una pregunta que tiene probabilidad de ser correcta, esto es, reducción del problema a su núcleo significativo probablemente soluble y probablemente fructífero con ayuda del conocimiento disponible.

2) Construcción de un modelo teórico.

- 2.1 Selección de los factores pertinentes, invención de las suposiciones plausibles relativas a las variables que probablemente son pertinentes.
- 2.2 Invención de las hipótesis centrales y de las suposiciones auxiliares, propuesta de un conjunto de suposiciones concernientes a los nexos entre las variables, por ejemplo: formulación de enunciados de ley que se espera puedan amoldarse a los hechos observados.
- 2.3 Traducción Matemática cuando sea posible, traducción de las hipótesis o de parte de ellas a alguno de los lenguajes matemáticos.

3) Deducción de consecuencias particulares.

- 3.1 Búsqueda de soportes empíricos.-elaboración de predicciones o retrodicciones sobre la base del modelo teórico y de datos empíricos teniendo en vista técnicas de verificación disponibles o concebibles.

4) Prueba de Hipótesis.

- 4.1 Diseño de la prueba, planteamiento de los medios para poner a prueba las predicciones, diseño de observaciones, mediciones, experimentos y demás operaciones instrumentales.
- 4.2 Ejecución de la prueba, realización de las operaciones y recolección de datos.

- 4.3 Elaboración de los datos, clasificación, análisis, evaluación, reducción, etc, de los datos empíricos.
- 4.4 Inferencia de la conclusión, interpretación de los datos elaborados a la luz del modelo teórico.
- 5) Introducción de las conclusiones en la teoría.
 - 5.1 Comparación de las conclusiones con las predicciones, contrastes de los resultados de la prueba con las consecuencias del modelo teórico, precisando en que medida ésta puede considerarse confirmado o disconfirmado, (inferencia probable).
 - 5.2 Reajuste del modelo eventual, corrección o aún remplazo del modelo.
 - 5.3 Sugerencias acerca del trabajo ulterior, búsqueda de lagunas o errores en la teoría y/o los procedimientos empíricos si el modelo ha sido disconfirmado, si ha sido confirmado, exámen de las posibles extensiones y de posibles consecuencias en otros departamentos del saber.

Como se podrá ver al analizar el esquema anterior, notaremos que todas las proposiciones que contiene están avaladas por un razonamiento lógico, ya que el autor considera que cuando menos en la formulación del presente esquema, los aspectos no lógicos del saber que preocuparon por ejemplo a pensadores como Arturo Rosenblueth (1), no tienen una relevancia en el presente cuadro por lo que es de inferirse que debe procurarse, hasta donde esto sea posible, el no hacer interpelaciones intuitivas, fenómeno este último que es muy frecuente entre los hacedores de arquitectura y que no tenemos porque rechazarlo siempre y cuando los resultados obtenidos por este camino, seamos capaces de tamizarlos por medio de los procedimientos señalados y no invirtamos los términos del problema como frecuentemente sucede tratando de acomodar o manipular los datos para hacerlos coincidir con una solución "prepensada" en vez de encontrar és

(1) Véase los aspectos no lógicos de la ciencia en el "Metodo Científico" Arturo Rosenblueth, CONACYT, México.

ta a partir de la formulación de datos y la prueba de las hipótesis, etc, tal como nos propone el Método Científico.

Creo que con la breve explicación de este procedimiento podemos, a partir de él y auxiliándonos de la Ingeniería de Sistemas proponer las bases de los fundamentos técnicos que andamos buscando.

CAPITULO III

LA INGENIERIA DE SISTEMAS.

Fundamentos, Antecedentes y Aplicaciones,
Los Sistemas en General.

Desde hace más de quince años como una derivación del Método Científico, la Ingeniería de Sistemas ha sentado sus reales y ha venido a modificar muchos conceptos, ha introducido novedades en el campo de la producción, de la administración y de la Ingeniería en general, encontrando nuevos enfoques no exentos de novedad que han permitido mejorar sobre todo la eficiencia en numerosas empresas. Esta nueva rama de la Ingeniería pretende estudiar en forma dinámica una serie de fenómenos (casi todos) encuadrándolos dentro de modelos conceptuales que permiten, al aplicarles los postulados del método científico y la teoría general de solución de problemas, encontrar o pronosticar un comportamiento particular a partir de la observación de estados iniciales e intermedios.

Es muy amplia la literatura que en los últimos años se ha producido en este campo y en cierta manera resulta difícil hacer la historia de como se han venido enriqueciendo los conocimientos y aportes que en la materia se han sucedido, hasta conformar en nuestros días un panorama que ha logrado, desarrollando conceptos básicos, implementar una nueva manera de resolver los problemas. Quizá la novedad específica en este campo consiste en el estudio no sólo de los elementos del sistema, sino del conocimiento profundo de los mecanismos que los regulan o enlazan conocidos como interacciones, lo que permite su comprensión por medio del manejo de un modelo más aproximado al verdadero. De este modo se facilita el entendimiento de los mecanismos de la realidad y se postulan patrones de medición complejos que han sido aportados por los avances de las ciencias matemáticas ligando a establecer modelos muy diferentes a los que antes se habían construido, modelos que comparados con los que ahora maneja la Ingeniería de Sistemas, nos parecen burdos y toscos e incapaces de poder con ellos interpretar la realidad compleja a la que ahora nos enfrentamos.

El enfoque de sistemas se originó en dos vertientes, una de ellas fue el campo de las comunicaciones actuales, en donde surgieron los primeros ingenieros de sistemas quienes trataban de aplicar a este campo el progreso científico y tecnológico logrado. La otra vertiente se dió en el campo militar, que generó la Segunda Guerra Mundial, ya que se trataba sobre todo de optimizar el uso de los elementos tácticos a fin de lograr un mejor aprovechamiento de ellos creando así una metodología que se vió altamente favorecida con el descubrimiento en 1947 de la programación lineal primero y más tarde con la introducción de la computadora, se permitió así aumentar considerablemente el número de variables a resolver en los problemas.

No es objeto de esta tesis el mostrar detenidamente los avances que se fueron logrando al aplicar la nueva tecnología en los distintos campos, sino más bien mostrar que los problemas que padecían un enorme grado de indeterminación, fueron, debido a estos avances, colocándose en la mira de los ingenieros de sistemas quienes pudieron, gracias al desarrollo de esta herramienta, plantear métodos y modelos no carentes de originalidad de los que se valen para construir modelos de operaciones complicadas que representen las realidades contemporáneas de los esquemas en que vivimos y cuya complejidad se ha podido representar con un alto grado de semejanza operándolos para obtener así resultados que están destinados a pronosticar una conducta observable así como los puntos en que esta conducta se ve alterada por los llamados "cuellos de botella" que pretende cualquier procedimiento de optimización hacer desaparecer logrando, por medio de técnicas tanto de conteo como de representación topológica (esquemas de barras y flechas), representar esa realidad tan compleja a que nos hemos referido.

Por lo anterior podemos ver que el campo en que se mueve la Ingeniería de Sistemas es tan amplio que pretende ser casi una nueva filosofía de la vida a la que poco de la realidad que nos involucra puede escapársele. Es desde luego en el campo más preocupante, en el de la producción en el que ha logrado sus frutos más espectaculares, ya que al trabajar con especialistas multidisciplinarios, se han podido controlar los distintos aspectos de un problema obteniendo resulta

dos no sólo en el aumento de la producción sino en el control de insumos, control de inventarios, optimización de procedimientos, formulación de pronósticos, obtención de resultados a partir de conceptos probabilísticos, rangos de incertidumbre y en fin se ha podido penetrar profundo en una serie de problemas que antes era difícil su abordaje, si a ésto agregamos el auxilio de la computadora que permite manejar un número muy considerable de datos e información procesable para obtener los resultados mencionados, nos daremos cuenta que con el uso de estas herramientas los arquitectos habremos de acostumbrarnos a formular nuestros problemas a la luz de estos conocimientos.

Los Sistemas en General.

Así pues vemos en primer término como han definido el Sistema varios autores para Neville & Stafford: "un Sistema se puede caracterizar de manera satisfactoria como la inclusión de cualquiera compleja y grande combinación de elementos"(1); ésto mismo es el concepto de Robert A. Magowan quien lo define así: "un Sistema, tal como yo lo observo, es una serie de funciones, pasos o movimientos encaminados a obtener el resultado que se desea"(2).

Para los fines de esta tesis podemos aceptar la primera versión dada por el Sr. Arq. Alvaro Sánchez para quien el sistema es: "un conjunto de componentes que interactúan para cumplir actividades bien definidas, en función de objetivos concretos en un nivel de eficiencia determinado cuantitativamente"(3).

Posteriormente esta versión, como veremos adelante, fue modificada aunque no substancialmente por lo que podemos adoptarla.

(1) Richard de Neville and Joseph H Stafford.
Systems Analysis for Engineers and Managers.
Mc Graw Hill.

(2) Victor Lázaro.
Del Prólogo a Sistemas y Procedimientos.
Editorial Diana México.

(3) Introducción a la Teoría de los Sistemas para profesores del Departamento de Construcción.
Conferencia Arq. Alvaro Sánchez.
1971

Tengamos presente además que operar un sistema es más que una rutina, una actitud mental que tiende a tener una visión total y no fragmentaria de un problema específico valiéndose de métodos lógicos y matemáticos para obtener resultados que permitan ampliar nuestra capacidad para comprender problemas de naturaleza compleja.

Cuando operamos el concepto de sistema conviene hacer explícitos los requerimientos que deben satisfacer los elementos del sistema así como las interacciones que se establezcan entre los requerimientos a cumplir y las restricciones a observar adecuando todo ésto a los recursos disponibles de tal modo que podamos evaluar el funcionamiento actual del sistema o pronosticar su desarrollo futuro; todo esto será posible en vista de que tenemos la convicción firme de que es posible plantear racionalmente problemas complejos aún cuando en ellos intervengan variables difíciles de evaluar como son aquellas que intervienen en los problemas sociales. Todo lo anterior es una explicación del Método Científico-Heurístico o experimental de aproximación sucesiva a la realidad apoyando en la experiencia adquirida al observar otros sistemas.

La planeación de todo sistema aspira a prever a corto y largo plazo las posibles trayectorias del sistema que se estudia a partir de un estado dado, haciendo el mejor uso posible de los recursos, dando las pautas para el control, desarrollo y operación del propio sistema. Todo ésto sólo puede desarrollarse en etapas sucesivas, siendo cada una de ellas el resultado de aplicaciones retrospectivas de las anteriores, para de esta manera poder, actualizando continuamente las bases lógicas de las decisiones por tomar ya sean tomadas éstas en condiciones de certidumbre o en términos de probabilidades de riesgo, estimar los costos y beneficios obtenidos tanto para los cursos de acción a corto plazo, como para las estrategias que a largo plazo se definen.

CAPITULO IV

LOS SISTEMAS EN ARQUITECTURA.

La Concepción Sistémica del Edificio, Funciones Predominantes y Funciones Secundarias, Intersección de Funciones, Los Elementos Polifuncionales.

Es de hacer n6tar que debido a los estudios que en esta materia ha hecho el M en Arq. Alvaro S6nchez, tenemos como objeto de estudio la concepci6n del edificio como sistema o Concepci6n Sistémica del Edificio, constituyendo esto, a mi manera de ver, una gran aportaci6n al estudio de los problemas que en arquitectura y urbanismo hemos contemplado sin poder encontrar un camino que nos permita resolver f6cilmente tales problemas, por lo que esta concepci6n constituye un paso importante para intentar nuevas soluciones.

Este mismo trabajo pretende ser un aporte que a partir de tales modelos, permitir6, as6 lo espero, en el campo de la ensefianza aclarar algunos conceptos que en la actualidad permanecen oscuros y sin soluci6n f6cil, como es aquello de exigir al alumno que escoja un sistema constructivo sin conocer las bases sobre las cuales descansa el hecho de poder establecer un juicio de valor, que se fundamente en argumentos claros, sencillos y s6lidos que permitan al futuro arquitecto formarse un buen criterio al respecto.

Para el M en Arq. Alvaro S6nchez un sistema es: "un conjunto de elementos que interactúan (se relacionan entre sí) para cumplir objetivos definidos a un nivel de eficiencia previamente establecido"(1); y un "Sistema Edificio en general es un conjunto de componentes que interactúan para realizar objetivos precisos a un nivel de eficiencia dado"(2). Adem6s la concepci6n sistémica que él hace comprende cinco subsistemas b6sicos que son a saber:

(1) Alvaro S6nchez.
Sistemas Arquitect6nicos y Urbanos.
P6g. 46

(2) IDEM. P6g. 35.

- 1) S.S.-Estructural.
- 2) S.S.-Acabados.
- 3) S.S.-Instalaciones.
- 4) S.S.-Complementos.
- 5) S.S.-Organización⁽¹⁾.

Esta clasificación, desde mi particular punto de vista, presenta ciertos inconvenientes, consistiendo el primero de ellos en el hecho de que algunos sub-sistemas, especialmente el de complementos, no cumplen una función específica, ya que en él se agrupan elementos tan disímiles como cancelas, muebles y áreas exteriores, los cuales en la clasificación que yo propongo, sería sobre la base de formar los subsistemas en relación a la función que cumplen dentro del sistema edificio.

Tampoco me parece clara la función o desempeño del S.S Organización, ya que ésta, desde mi punto de vista, parece ser un elemento que aunque tiene mucha importancia, la pierde en el momento en que este hecho se ha consumado; para éste habría que plantear la diferencia, más adelante lo haremos, entre Sistema y Proyectante.

La concepción sistémica que yo propongo sería aquella basada en la función e actividad que cada elemento, componente y S.S realizan dentro del sistema edificio teniendo en cuenta, por supuesto, ciertas limitantes además de considerar que esta concepción sistémica no excluiría aquella otra basada por ejemplo en la clase de material de que está compuesto cada elemento o componente y S.S. De esta manera habría que pensar que cada S.S cumple con determinadas funciones e actividades, pero observar también que existen elementos que cumplen al mismo tiempo dos o más funciones, por lo que habría que considerar que el agrupamiento de los subsistemas deberá efectuarse más bien en el hecho observable de que ca

(1) Alvarez Sánchez.
Sistemas Arquitectónicos y Urbanos, pag 56

de uno de ellos, aunque cumpla diversas funciones, alguna de ellas será la predominante y servirá de base para el agrupamiento de los S.S. de acuerdo con la función predominante que éstos S.S. realizan.

Por lo que propongo la siguiente clasificación sistémica del edificio:

- 1) S.S.-Soportante.
- 2) S.S.-Divisorio del espacio externo.
- 3) S.S.-Divisorio del espacio interno.
- 4) S.S.-Comunicatorio.
- 5) S.S.-Productor de comodidades.
- 6) S.S.-Acabados.

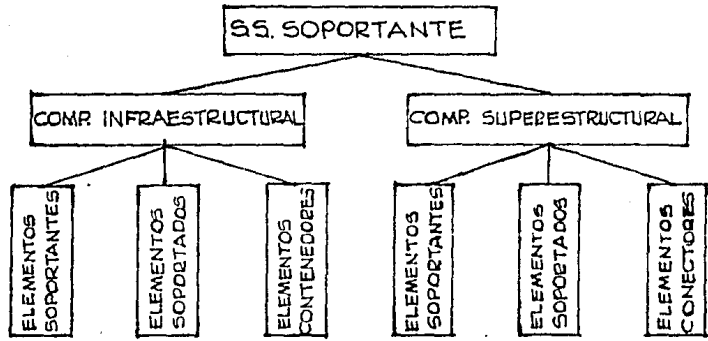
Se puede aquí observar que el S.S. soportante o estructural, cumple primordialmente la función de soportar, pero puede al mismo tiempo, cuando se trata por ejemplo de un muro de carga o de una barda, cumplir también las funciones secundarias de ser divisorio del espacio externo y del interno. Igual acontece cuando empleamos una estructura metálica soportante que a la vez forma parte de la manguetería la cual a su vez forma parte del S.S. divisorio del espacio externo, al que se le puede dar el nombre de fachada o filtro ambiental.

Habría aquí también que plantear interrogantes tales como aquella de que: si el S.S. divisorio del espacio externo no contribuye de alguna manera a proporcionar confort, que sería la función predominante del S.S. que hemos llamado productor de confort o de instalaciones, problemas como los anteriores podemos resolverlos basándonos en la teoría de conjuntos recordando que existe la intersección de dos o más conjuntos, lo que nos ayudaría a comprender desde el punto de vista gráfico que nuestro sistema edificio está formado por subeig

temas que se intersectan dando ésto origen a lo que yo llamaría los elementos polifuncionales, elementos éstos que a mi juicio, han tomado en los últimos años una gran importancia ya que su uso es la respuesta de un proceso de optimización. Si pensemos por ejemplo en el caso de una empresa, éstos son los empleados que puedan reunir la rara característica de poder hacer todo, fenómeno que dada la tendencia actual a las especializaciones, se ha ido perdiendo pero que en ambientes tales como en el de la medicina, se marcha actualmente en el camino inverso. Esto también sucede en el campo de la optimización de los elementos arquitectónicos, ya que sería deseable que nosotros pudiésemos resolver el sistema edificio con unos cuantos elementos bien diseñados que cumplieran todas las funciones que son necesarias dentro de tal sistema. Imaginémonos por ejemplo y de momento un sistema soportante que al mismo tiempo fuera aislante del espacio externo e interno (resolviendo los problemas de flexibilidad) y este elemento llevara a la manera de circuitos impresos el S.S para proporcionar confort y tuviera un acabado tal, que no tuviéramos que agregarle nada absolutamente, estaríamos resolviendo con este solo elemento todo el sistema edificio y por lo tanto haciendo óptimo su aprovechamiento,

Es conveniente anotar que la concepción sistémica que aquí se propone incluye solamente lo que en la terminología de Villagrán se podría llamar el espacio edificado o delimitante. (1). Ya que creo que de esta manera se puede concebir la resolución del problema de elección del Sistema Constructivo como veremos más adelante; por consiguiente, la concepción sistémica que yo propongo sería la siguiente:

(1) José Villagrán García.
Introducción a una Morfología Arquitectónica.
 Ed. El Colegio Nacional pag 101.



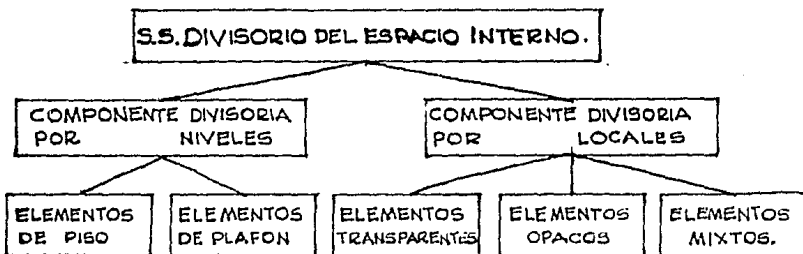
1.-S.S. Soportante.

Estaría formado por las dos componentes tradicionales de supra e infra estructura, la primera estaría formada por elementos apoyantes, columnas por ejemplo y elementos apoyados, traveses y losas, o trabas, obsérvese que cada elemento puede ser al mismo tiempo apoyante y apoyado, ejemplo trabe que se apoya en la columna y sirve al mismo tiempo de apoyo a la losa. En el caso de la infra estructura se repite el mismo proceso, aún cuando se trate de una cimentación profunda ya que el pilote (apoyante) sirve de apoyo en la zapata o losa de cimentación (que puede ser doble en el caso de la losa tapa) y ésta a su vez sirve a la contratrabe, además aquí aparece un elemento adicional que tiene una función distinta y que son los elementos contenedores del medio en que se encuentra sumergida la cimentación: tierra o agua.



2.-S.S. Divisorio del espacio externo.

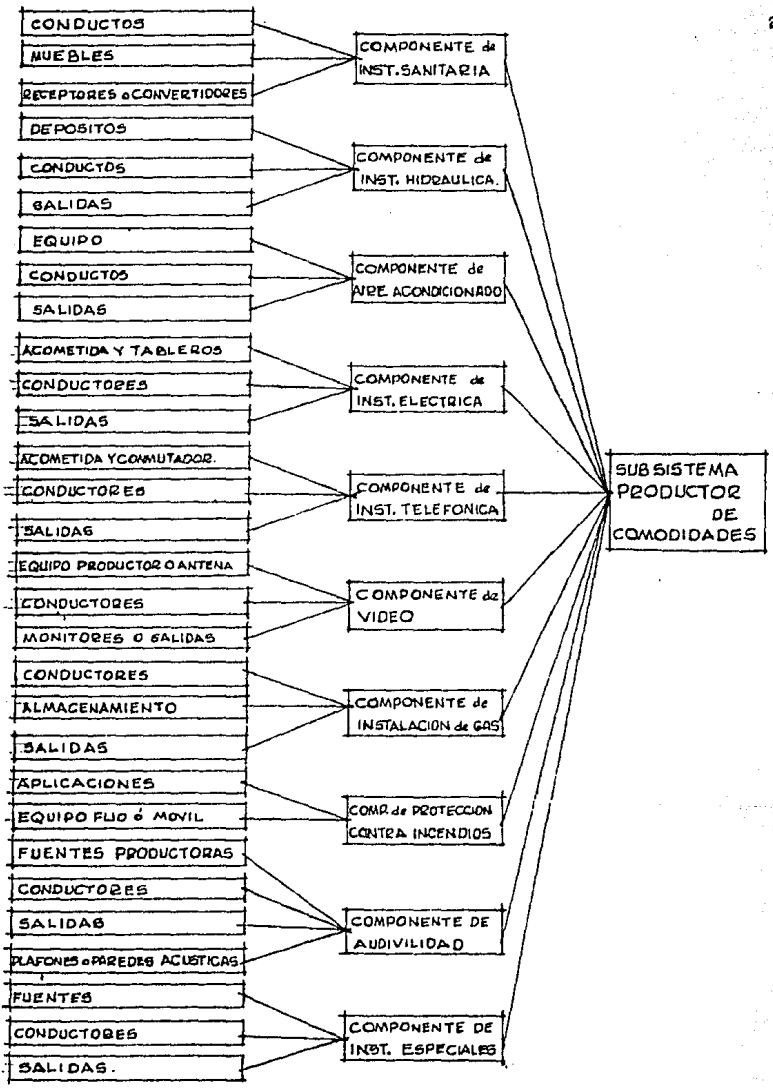
Consta de dos componentes opacos, que pueden por su posición ser horizontales, verticales o inclinados y sirven para aislarse de los elementos naturales como son ruido, temperatura, lluvia y viento. La otra componente es la complementaria de ésta por medio de elementos transparentes o semitransparentes que permiten el paso de la luz, el viento, cierta cantidad de ruido y lluvia, y estaría constituida dicha componente por lo que hoy llamamos ventanas o domos, los que a su vez tienen elementos fijos y móviles.



3.-S.S. Divisorio del espacio interno.

Como se ve, este subsistema se ocupa de dividir internamente el espacio y es de hacer notar que contiene elementos polifuncionales como pueden ser los entrepisos que cumplen la función específica de sostenerse a sí mismos formando por este hecho parte del S.S. soportante, además reciben y participan del S.S. Acabados cuando reciben un acabado especial para adecuarlos de esta manera como un nuevo espacio habitable en el nivel superior, y en el nivel inferior pueden recibir plafones acústicos o luminosos por lo que pertenecen al S.S. que proporciona confort.

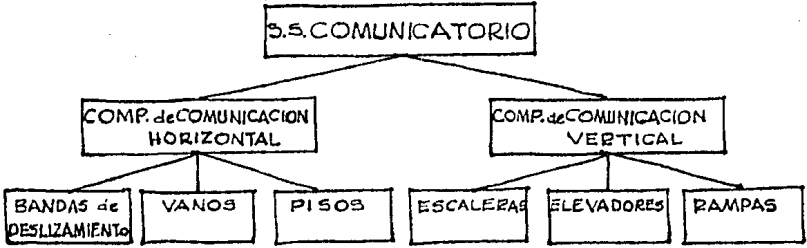
Cosa parecida sucede con la componente divisoria por locales, que cuando es de muros de carga, se constituyen en elementos polifuncionales ya que participan tanto del S.S. Soportante como del S.S. divisorio del espacio interno.



En cambio cuando los muros son divisorios pertenecen junto con la cancelería, cortinas, etc, que cumplan esta función, al S.S divisorio del espacio interno

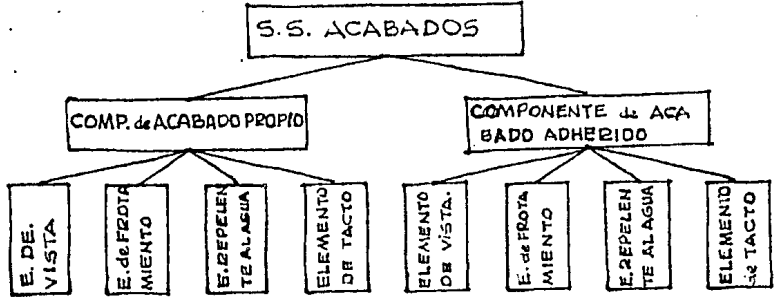
4.-S.S Productor de comodidades.

Esta S.S es quizás el que realiza un trabajo más específico y cada día más complejo, ya que día a día tiende a extenderse más por lo que deberá ser cuidadosamente diseñado tomando en cuenta su relación con los demás.



5.-S.S. Comunicatorio.

Este, al igual que el anterior, consta de elementos que cumplen claramente funciones específicas teniendo pocos elementos polifuncionales por lo que constituye un S.S muy concreto, ya que está formado por componentes que comunican ya sea horizontal o verticalmente los locales y por elementos que en el caso de la componente horizontal, pueden ser bandas deslizantes que se desliza horizontalmente comunicando así distintos locales o simplemente vanos de puertas que cumplen la misma función;



6.-S.S. Acabados.

Consta este S.S de dos componentes con varios elementos, pero fundamentalmente hay que hacer notar que puede presentarse en componentes que ya tienen su acabado propio o como algo que se añade para formarlo.

Visto de este modo el sistema edificatorio, podremos de alguna manera comprender cualquier elemento que forma parte del sistema y clasificarlo dentro de la función específica que realiza dentro del sistema.

Desde luego hay otras maneras de clasificación del sistema, pero creo que el clasificar los elementos por la función que realizan tiene la ventaja que al mencionarlos estamos estableciendo cuando menos su objetivo principal, esto es, que cumpla la función o funciones a que está destinado. Tendría esta concepción sistémica también la ventaja de que usando métodos iterativos podríamos plantear la búsqueda de S.S que obedecieran a requerimientos previamente formulados y que aplicando el método que pretendemos fundamentar, podemos optimizar uno o varios S.S a partir de otros que se considerarían como datos o premisas fijas a considerar. Es importante observar que en esta concepción sistémica se ha omitido toda la parte relativa a mobiliario y a organización del sistema ya que éstas partes formarían parte de un proceso de diseño cuantitativo del sistema edificio, lo cual estamos conscientes de que representa un grado distinto de dificultad muy alejado a los objetivos de esta tesis.

CAPITULO V

EL SUBSISTEMA ESTRUCTURAL (S.S.E) LA PARTE.

El Elemento Estructural dentro del Sistema Estructural (o S.S.E), su comprensión y estudio de las variables que lo condicionan.

Trataremos en esta primera parte de comprender el papel que juega el elemento estructural dentro del S.S.E, para lo cual conviene señalar en primer término lo que es una estructura y ver en que medida podemos identificar este concepto con el S.S.E, por lo que analizaremos las connotaciones que tal palabra tiene.

Esta tiene un complejo significado según la multiplicidad de enfoques que se le quiera dar, es una de esas ideas con una variedad de interpretaciones, veamos algunas de ellas:

En un sentido amplio y lógico se afirma que estructura es "el croquis o el plano de una relación, de manera que se dice que dos relaciones tienen la misma estructura cuando el mismo plano vale para ambas, o sea cuando una es análoga a la otra; como un mapa es análogo al país que representa, en este sentido la estructura es el número relación y es un concepto muy general que equivale a plano, construcción, constitución, etc."(1). Por otro lado se dice que estructura es: "Un conjunto de elementos constructivos destinado a soportar un determinado sistema de cargas fijas"(2). Además Torroja afirma: "Aclarando que el decir tipo estructural se hace referencia a un conjunto de elementos resistentes, capaces de mantener sus formas y cualidades a lo largo del tiempo bajo la acción de las cargas y agentes exteriores a que ha de estar sometida, es decir, a la parte de la construcción que garantiza la función estática antes citada y que a falta de otra palabra mejor se la llama estructura"(3).

(1) Abagnano, Diccionario de Filosofía. F.C.C. tomado de Introducción to Mathematical Philosophy. B. Russell.

(2) Enciclopedia de la Técnica y la Mecánica. Editorial Neuta. Barcelona.

(3) Razón y Ser de los tipos estructurales. A. Torroja. Artes Gráficas. R.A.G.

Como se podrá ver por estas tres definiciones, las cuales no dejan de tener validez, ya que la primera establece que la estructura es lo fundamental, lo que no cambia o permanece o es analógico con respecto a algo, de tal manera que puede decirse que dos cosas tienen la misma estructura cuando se da esta relación analógica, la segunda en cambio nos habla más claro y nos dice que en cuanto a la estructura abarca el campo de lo construible, es el conjunto de elementos sometidos a una serie de solicitaciones con lo cual podríamos acercarnos un poco más a lo que andamos buscando y que Torroja traduce como la parte de la construcción que garantiza la función de permanencia.

Desde mi particular punto de vista, y buscando definiciones en libros que tratan de ellas, no he encontrado algo que sea lo suficientemente claro a fin de que se puede visualizar este concepto, pero para salvar tal diferencia he recurrido a atomizar el sistema estructural pensando en que éste está constituido por elementos que interactúan entre ellos para cumplir funciones de permanencia, pero aquí nos encontramos con la dificultad de definir el elemento estructural para lo cual yo propongo definirlo como lo siguiente: "es el conjunto de solicitaciones y apoyos que actúan en un medio determinado y que producen un resultado o respuesta específica". Esta definición nos permite, combinándola con la idea de Torroja definir el S.S.E (o sistema) diciendo: "El subsistema estructural es el conjunto de elementos estructurales que cumplen con la función predominante de permanencia dentro del sistema edificio.

Estas definiciones, aunque son muy generales, permiten visualizar claramente lo que sucede dentro de la clase de estructuras con las que el Arquitecto trabaja.

Diferenciando el elemento estructural del sistema estructural se puede identificar claramente a las variables que entran en juego para comprender a éste primero y al mismo tiempo hacer pensar en estructuras no conocidas a la fecha, ya que al hablar de un medio cualquiera podemos comprender que variando este medio o el tipo de solicitaciones nos da como resultado una respuesta o reacción estructural desconocida, ya que es ella la única que está condicionada a las dos primeras, como son las solicitaciones y el medio.

Esta identificación de las variables que entran en juego en el elemento estructural, puedan ser la base del conocimiento de nuevas estructuras y es muy importante para la formación del arquitecto que así lo entienda, pues él puede ser el indicado para manipular las que son manipulables y producir así, respuestas o formas estructurales de acuerdo con todo lo que su gran imaginación le permita. Este punto me parece de gran utilidad para poder proyectar estructuras, ya que en la base de ello está la comprensión cabal del fundamento, es por lo tanto importante percatarse que se cuenta con un arsenal o repertorio de medios para producir elementos estructurales, y aunque este punto lo trataremos con mayor amplitud al hablar de los recursos como repertorio, para la solución de los problemas estructurales, es de vital interés enseñar comprendiendo los mecanismos más sutiles para que de esta forma, y creo que es la única válida, se pueda estimular la libertad creadora del Arquitecto ya que poniendo en sus manos las leyes o fundamentos que rigen los fundamentos a que se enfrenta, podrá ya no dedicarse a copiar sin comprender las formas, sino a ser un verdadero creador que entienda lo que está haciendo, ya que posee la visión y el conocimiento para lanzarse a la aventura siempre grata de descifrar lo ignorado y penetrar en el mundo apasionante de las formas cuyo fundamento conoce puesto que ya se le ha dado, sin tenerlo que robar, el fuego por el que Prometeo, al entregarlo a los hombres, hubo de pagar un elevado precio.

Es pues necesario detenerse un poco en la comprensión a través de las tres variables del elemento estructural que serían el resultado de la definición que hemos dado de elemento estructural. Estas variables podríamos agruparlas de la siguiente manera:

1.- Variable del medio en que se desarrolla o de que está formado el elemento estructural, éste sería el campo de batalla en el que tiene lugar el proceso estructural que va a resultar de la aplicación de las sollicitaciones y apoyos diseñados de alguna manera para producir el objetivo del sistema que no es

otra cosa que el equilibrio o la permanencia en un sentido más amplio. Este medio puede ser como veremos más adelante, cualquier cosa, sin tener que limitarse a ser precisamente un "material" ya que aquí estaríamos metidos en la gran problemática de la física contemporánea acerca de lo que es un material y sus diferencias con la energía, ya que parece que para el nuevo físico, estas dos concepciones son más bien las manifestaciones de un mismo fenómeno puesto que dentro de lo que tradicionalmente llamamos material existen procesos de producción de energía latente o no desencadenada, como ha venido a quedar demostrado en la construcción de las bombas atómicas contemporáneas.

2.-Variable de las sollicitaciones. Esta variable estaría formada por los sistemas de fuerzas externas, que serían desde luego aquellas fuerzas que sollicitan de algún modo al medio, tanto como aquellas que reaccionan con las sollicitaciones que nosotros llamamos precisamente reacciones o apoyos, por lo que aquí quedarían implicados dentro de esta segunda variable todo un sistema de fuerzas cuyo conocimiento le confiara tanto a las leyes de la estática como a la de las hiperestáticas cuando las condiciones de apoyo son indeterminadas y necesitan plantear su equilibrio haciendo uso de ecuaciones en donde estén involucradas no sólo las fuerzas sino también deformaciones. Dentro del elemento estructural concebido como sistema, podrían caer los dos subsistemas de fuerzas que sobre el medio actúan y que serían el subsistema sollicitatorio y el subsistema reactivo o de apoyos. Estos dos subsistemas puedan encontrar una gama muy variada de condiciones en donde, variando alguno de ellos, el subsistema sollicitatorio por ejemplo pueda, cumpliendo siempre el objetivo de ambas que es, estar en equilibrio, encontrarse también una gama de soluciones, ciertamente no todas iguales debido a que el subsistema reactivo responde también con otra gama de soluciones por lo que el problema a resolver es casi siempre un problema de interrelación de múltiples variables por lo tanto de soluciones posibles y variadas.

3.-Variable de la Respuesta Estructural. Por lo que se refiere a la tercera variable, ésta estaría representada en el caso del elemento estructural, por la respuesta del medio a los sistemas externos de sollicitación y apoyo, y ca-
 be aquí observar que este sistema de respuestas está condicionado por la se-
 gunda variable, y que obedece a leyes específicas que en caso de los medios
 materiales serían estudiadas por la Resistencia de Materiales, precisamente,
 es curioso observar aquí, que mientras en el caso de la segunda variable exis-
 ten caminos distintos que conllevan a una misma solución o cumplimiento del
 objetivo: lograr el equilibrio, y éste da margen a cierto grado de libertad en
 la selección de los subsistemas que aquí intervienen.

En el caso de la tercera variable esto no es así, sino que aquí se cum-
 plen leyes de tipo determinístico por lo que es indispensable su conocimien-
 to, ya que aquí no se trata de un problema de selección, sino del conocimiento
 de las leyes que rigen esta interrelación. Es muy importante darse cuenta de
 ello puesto que aquí ya no podemos manipular las variables para obtener un
 fin determinado, como se pueda hasta cierto punto lograr en el caso de la se-
 gunda variable, sino de darse cuenta que esta tercera variable está intimamen-
 te relacionada con lo que podríamos llamar el ser y el parecer del elemento
 estructural, de tal manera que guarda, como veremos más adelante, una relación
 con la morfología del medio, por lo que es preciso observar con cuidado el com-
 portamiento de esta variable, pues ello nos llevará a comprender al elemento
 estructural primero y los conjuntos o sistemas de ellos que constituyen el a-
 pasionante mundo de las formas y los universos estructurales.

CAPITULO VI

EL SUBSISTEMA ESTRUCTURAL (S.S.E) 2ª PARTE.

La concatenación de los elementos estructurales en sistemas, el procedimiento constructivo, su diferencia con el sistema estructural, los problemas para su clasificación.

Hemos definido en el capítulo anterior al elemento estructural, nos propusimos ahora hacer algunas reflexiones acerca de lo que sucede cuando se concatenan varios elementos para constituir sistemas estructurales. Aquí habría que considerar que no se trata de sumar elementos, sino de darse cuenta que un elemento solo se comporta de una manera, y de una forma muy distinta cuando se relaciona o concatena con otro para constituir un sistema. Pongamos un ejemplo: es de la viga simplemente apoyada, sabemos muy bien que su capacidad portante puede aumentarse al cambiar las condiciones de apoyo, esto es, que al empotrarse la misma viga va a aumentar su capacidad portante al aparecer los momentos de empotramiento que contribuyen a disminuir el momento flexionante positivo. Este mismo fenómeno amplificado, lo podemos observar con respecto a las cargas accidentales que actúan sobre un sistema viga-poste que estuviera solamente articulado, el cual tiene una capacidad muy baja para tomar toda clase de esfuerzos, capacidad que se eleva a un alto grado de eficiencia en cuanto se establece algún tipo de conexión o interacción entre los elementos poste-viga, siendo este aumento de eficiencia proporcional al grado de relación que exista entre los dos elementos ya que alcanza su máximo valor cuando los dos piezas pueden empotrarse una en la otra formando una conexión rígida que estará en mejores condiciones de absorber momento que una conexión débil la cual no permitirá este trasiego de esfuerzos que hace tan eficaces para determinado tipo de solicitaciones al marco rígido.

Esta manera de ligar los elementos tiene una importancia tal que su conocimiento ha sido advertido no sólo en elementos útiles para salvar claros

pequeños sino aún en aquellos elementos necesarios para salvar los grandes claros, si observamos con cuidado por ejemplo la obra de F. Candela, veremos que existe una trayectoria muy definida desde que empieza a construir pequeños elementos de diversas geometrías, conoides, trabelosas, bóvedas de cañón corrido, elementos en fin en donde es fácil darse cuenta donde comienza uno y donde termina el otro, y de allí pasará a combinar elementos más complejos cuyas formas de apoyo y concatenación representan mayor grado de dificultad. Obsérvese cuidadosamente que quizás lo más adelantado de su teoría es cuando se encuentra con el paraboloides hiperbólico con el cual verdaderamente hace un juego de artificio, manejándolo y combinándolo de las más diversas maneras de modo a que conoce precisamente la forma de apoyar uno en el otro llegando de esta manera a su particular creación que son las estructuras de borde libre, las que descubre y maneja de manera extraordinaria, esto como vemos lo puede hacer con una facilidad asombrosa aún cuando él mismo confiesa: "El significado real de las condiciones de borde nunca claramente explicado en la mayoría de los textos, se hizo al fin claro en mí, yo trataba entonces sin éxito de igualar las fuerzas normales hacia las aristas pero el plano de la membrana no era completamente simétrico. A pesar del tiempo gastado en cálculos, estaba equivocado en algunos detalles, esto no era tan importante porque el diseño era completamente lógico y tenía varios caminos para resistir cargas inesperadas". (1). Así vemos que no es fácil lograr esta concatenación de elementos ya que es muy necesario comprender, atomizar una estructura, analizarla para saber de cuántos elementos consta y como están entrelazados, cual es el grado de interacción que se da entre ellos y esto está íntimamente relacionado con la forma en que apoyamos la estructura ya que hay que comprender que de esto dependerá finalmente la respuesta estructural en la que si, ya no tenemos

(1) Colin Faber.
The Shell Builder.
 Reinhold Publishin Corp. N.Y.

la libertad de elegir como en el caso de los apoyos o las solicitudes a las que podemos hacer variar hasta el infinito, no así la respuesta estructural a la que están ligados los esfuerzos internos que se desarrollan en toda estructura.

Para aclarar un poco lo anterior, veamos lo que al respecto nos vuelve a decir Cendala: "Condiciones de borde. Esta propiedad nos permite un cierto grado de libertad al elegir las condiciones de borde, o lo que es lo mismo, la manera de apoyar la estructura. Se trata en definitiva, de un problema in determinado del mismo tipo de los que estamos acostumbrados a tratar al estu diar cualquier estructura hiperestática o redundante que tenga más condi ciones de apoyo y por consiguiente de equilibrio que las que requieren las con diciones de la Estática. Es necesario en éstas, determinar previamente las reag ciones de apoyo para poder estudiar los esfuerzos en el interior de la estruc tura".(1).

Como podemos darnos cuenta, el sistema estructural no es sino el conj to de los elementos estructurales que interactúan para cumplir una función de permanencia y cada elemento así como cada sistema consta de solicita ciones, medios en los que se realizan y por los que se transforman estas solic taciones o fuerzas externas en esfuerzos internos o respuestas estructurales y esto es válido para cualquier sistema sea de compresión como los que usa Cendala o los traccionados tan caros a Frei Otto.

Aquí cabe el comenzar a reflexionar el hecho de que, así las cosas, un sis tema constructivo habla de la manera de ser el mismo a diferencia del proc edimiento constructivo, que sería el método o camino para lograr el ser del sistema; por lo anterior pienso que diferenciando claramente estas dos co sas estamos en posibilidad de comprenderlas a ambas, ya que mientras en el sistema constructivo se desarrollan funciones específicas por medio de ele mentos concatenados, el procedimiento constructivo nos va a presentar al "pla

(1) Manual del constructor.
 Compilado por los Redactores de Ingeniería Internacional, Construcción.
 Mc Graw Hill Internacional Corp N.Y.

no" de como armar el sistema y creo que estableciendo sus diferencias nos podemos dar cuenta que en el caso de este último su problemática está, no en la comprensión de esos elementos sino en la concatenación de eventos cuya secuencia establecida por los actuales conocimientos que en materia de Redes, Barras o Flechas tenemos, nos ayudará a comprender que un mismo sistema estructural pueda ser construido con distintos procedimientos constructivos. Dicho de otra manera, la organización del sistema para emplear la terminología de A. Sánchez no forma parte del sistema puesto que ésta responde a otro tipo de objetivos que aunque involucran al sistema no pueden ser los mismos, y en ocasiones son diametralmente opuestos por lo que al plantear el problema de los fundamentos teóricos para elección del sistema constructivo, debamos tener muy presente lo anterior para diferenciar claramente estos dos puntos de vista, el del sistema propiamente dicho y el de su organización o manera de llevarlo a cabo que llamemos tradicionalmente procedimiento pero que desde luego podría estar de acuerdo que forma parte de un nuevo sistema que cumple funciones específicas pero que por cuestiones didácticas que más tarde fundamentaremos al hablar de la teoría del valor es necesario concebirlos separadamente.

Separados así sistema del procedimiento, queda el problema de la clasificación de los sistemas, más fácilmente abordable al identificar de acuerdo con las definiciones preestablecidas las variables que incidan en todo sistema estructural para que conociéndolos y manejándolos adecuadamente, podamos formar un repertorio estructural de indiscutible utilidad quizás únicamente para el arquitecto, y que dada la complejidad de los conocimientos que en los últimos años se han venido observando en el campo de los sistemas estructurales, resulta prácticamente imposible que tales conocimientos se den con un nivel de profundidad vasto en un sólo individuo por lo que es necesario entresacar los aspectos más característicos y esenciales de cada una de las disciplinas que constituyen el árbol, cada vez más frondoso, de los sistemas estructurales para que comprendiéndolos puedan ser usados de acuerdo con esos principios fundamentales por los profesionales de la arquitectura, y pue

dan en un momento dado seleccionar el tipo de asesor que necesita para desarrollar con profundidad el tipo de sistema estructural en el que está interesado. Si por el contrario se trata de personas con visiones unilaterales de este enorme árbol, siempre sus soluciones estarán constreñidas como sucede con los profesionales de las Ingenierías a los campos que sólo relativamente conocen, de aquí la preocupación por el presente trabajo que pretende mostrar al futuro arquitecto una panorámica de los sistemas estructurales para lo cual es indispensable vanir hilvanando la serie de conceptos que aquí se han demostrado.

Para finalizar el presente capítulo hagamos unas reflexiones sobre los problemas que existen para la clasificación de los sistemas estructurales y que sería deseable encontrar un marco de referencia en donde estuvieran contenidos todos ellos e la manera de como clasificó los elementos el genial Dmitri Ivanovich Mendeleiev. Es indiscutible que para lograr lo anterior, el punto de partida debe ser el número de variables que intervienen en el problema, el cual es entorpecedor enorme. Por mencionar algunas, pensemos por ejemplo en sus dimensiones, en sus cargas, en su forma, en su manera de apoyarse, en el número de vías en que se desarrollan los esfuerzos, en el procedimiento con que están contruidos, en los materiales y las combinaciones de ellos que pueden presentarse en un sistema dado, etc; así, precisamente, vemos que por cada una de las condiciones anteriormente mencionadas, existirían varias maneras de presentarlas, y combinando unas con otras, existiría un número bastante considerable de ellas, lo que hace del problema un problema de difícil solución. Así lo han comprendido personas como Frei Otto, quien ha pretendido hacer una clasificación de los sistemas estructurales, clasificación que desde el particular punto de vista, resulta oscura y difícil de manejar; todo esto se puede simplificar si admitimos la separación que aquí hemos hecho de sistema y procedimiento a la vez que aceptamos el hecho de que un sistema está compuesto de elementos estructurales en último grado de los cuales, si lo intentamos podemos identificar las variables que intervienen en ellos, y de acuerdo con la definición

que hemos dado de elemento estructural, propongo después de ciertas reflexiones reducirlas a tres en las que queden contenidas todas las demás que hemos mencionado. Veamos:

- 1.-Variable del Medio.
- 2.-Variable del Tipo de sollicitación y la forma de apoyo.
- 3.-Variable de la Geometría y el régimen interno.

La primera variable quizá sea la más fácil de comprender, ya que nos da mos cuenta fácilmente que existen varios medios en los que puede darse el elemento estructural, aquí cabría pensar desde luego en medios materiales e inma teriales, con lo que de una buena vez tendríamos elementos estructurales que abarcarían una gama gigantesca de posibilidades de las cuales mencionaremos algunas; en el campo de lo material tendremos todos aquellos materiales cono cidos y desconocidos, los cuales no acabaríamos de mencionarlos siquiera, dando nos cuenta que al hablar de medio dejamos abierta la posibilidad de construir elementos estructurales no sólo en medios materiales sino por ejemplo en cam pos gravitatorios o magnéticos o simplemente de aire, como sucede con las es tructuras neumáticas, las que podrían ser clasificadas como una concatenación de dos elementos estructurales: el contenido y el continente, en los cuales se dan por separado los principios de que hemos hablado. Aquí cabría mencionar que cuando hablemos del sistema estructural puede, al combinarse varios ele mentos, darse una estructura no homóloga como lo pretende el primer principio de Saint Venant, fenómeno éste que se repite con mucha frecuencia en la Arqui tectura Contemporánea, al combinar por ejemplo postes metálicos o arriostramien tos con talas o plásticos por ejemplo, ya que parece ser que la tendencia a la homología del sistema ha dejado de tener validez, procurando más bien en contrar los medios adecuados al tipo de sollicitaciones que éste tiene.

En cuanto a la segunda variable habría que considerar que se refiere a las distintas maneras en que se presentan tanto la forma de apoyarse como los tipos de sollicitación a que están sometidas; desde el primer punto de vista, la forma de apoyarse puede ser apoyada simplemente o con algún grado de empotr

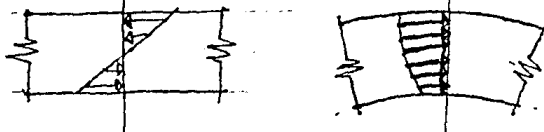
miento, en cuanto al segundo punto de vista, los tipos de solicitaciones que interesan a los elementos estructurales son de dos tipos fundamentalmente: gravitacionales y accidentales, los cuales pueden conceptualizarse en un mo delo abstracto referente a cargas en varios planos o sentidos y concentradas o repartidas, siendo ésto más bien una conceptualización abstracta de la realidad que permite construir modelos que se aproximan a ella lo más posible, aquí cabría observar que algunos sistemas constructivos consisten precisamente en la manipulación de las solicitaciones con el fin determinado de inducir determinadas respuestas estructurales favorables, caso ésto el del llamado concreto de preesfuerzo, así como de todas las membranas o sistemas de cables pretensados usados en estructuras a tensión por Frei Otto.

En cuanto a la tercera variable, quizá sea ésta la más controvertida, la que confieso me ha sido más difícil de comprender pues aquí se plantea la cues tión de que si el régimen interno de los esfuerzos es la causa o consecuencia de la geometría o si es al revés este fenómeno y aquí entran desde luego mú ltiples consideraciones, una de ellas es la aportación a mi juicio más importan te que ha hecho Candela en el conocimiento de las estructuras de cascarón, y es la que se refiere a la definición de lo que es un esfuerzo simple o de mem brana: "Llamense esfuerzos de membrana a aquellos que se reparten de manera u niforme en el espesor de la lámina y actúan paralelamente al plano tangente de la superficie de la misma"(1).

Como se verá de lo que se trata es de proscribir los esfuerzos mixtos o de flexión, ya que es obvio que estos esfuerzos son antieconómicos pues bag te observar dentro del diagrama de ellos para constatar que solo las fibras más alejadas de la línea neutra trabajan al máximo esfuerzo, lo que no sucede con

(1) F. Candela.
 Cascarones de Hormigón armado, publicado en manual del Constructor.
 compilado por los redactores de Ingeniería Internacional Construcción.
 Mc Graw Hill Int. N.Y.

aquellas estructuras de esfuerzo simple (de tracción o de compresión) en donde la distribución de esfuerzos obedece a un diagrama de tipo más uniforme.



La observación de este fenómeno, así como la demostración intuitiva que hace acerca de como se deforman las superficies de doble curvatura dentro del régimen elástico, lo llevan a concluir que: "Una superficie de doble curvatura completamente flexible pero inextensible, tiene una forma inmutable bajo la acción de cargas cualquiera" (1); y abundando sobre lo anterior dice en otra parte: "Así como un arco que es una estructura lineal solamente puede trabajar con esfuerzos directos o de membrana sin flexiones cuando su forma coincide con el funicular de las cargas, una estructura superficial de doble curvatura desarrolla esfuerzos de membrana exclusivamente bajo cualquier sistema de cargas" (2).

De lo anterior podemos concluir que hay una relación inegable entre geometría y esfuerzo interno, y que siempre que hablemos de una de ellas, estamos automáticamente involucrando a la otra, con lo cual podríamos darnos cuenta que esta tercera variable lleva implícitas tanto a la geometría del elemento como la respuesta estructural que tiene lugar debido a esa geometría y que esto sucede bajo cualquier tipo de sollicitación o de forma de apoyo, siempre y cuando haya equilibrio que es la condición fundamental de la permanencia del

(1) F. Candela
 Cascarones de Hormigón armado, publicado en manual del constructor,
 compilado por los redactores de Ingeniería Internacional Construcción,
 Mc Graw Hill Int., N.Y.

(2) IDEM.

sistema, no sucede lo mismo con el sadio o material al cual, según lo anterior, se le pide que no exceda el límite elástico. Sería conveniente añadir que el estudio de esta tercera variable nos va a llevar irremediablemente a establecer una jerarquía, que si bien lo podemos hacer con las otras dos anteriores, sobre todo en el caso de los maderos y materiales, ya que sabemos que algunos muy eficientes y otros malos para llevar determinada clase de esfuerzos, en el caso de esta tercera variable, se infiere que la eficiencia de un elemento estructural está en el hecho de obedecer a un régimen interno simple, lo que significa que para lograrlo sólo podrá hacerlo aportando una geometría determinada de la cual nos llevaría al siguiente enunciado: Independientemente del material, de las condiciones de apoyo y del tipo de sollicitación a que está sometido un elemento estructural, éste será más eficiente si aparecen en él una respuesta estructural a base de esfuerzos de membrana, por lo tanto podemos hacer nuestra esta brillante clasificación que de la tercera variable hace Candela de las estructuras cuando las agrupa en orden progresivo de eficiencia de la siguiente manera: (1).

- A.- Losas planas horizontales (Esfuerzos de Flexión exclusivamente).
- B.- Bóvedas Cilíndricas, Cónicas y Superficies desarrollables en general.
(Régimen mixto de esfuerzos de membrana y flexión con tendencia al predominio de los primeros).
- C.- Bóvedas Cilíndricas, Cónicas y Superficies desarrollables en general
(Régimen mixto de esfuerzos de membrana y flexión con tendencia al predominio de los primeros).
- D.- Superficies de doble curvatura. (Esfuerzos de membrana solamente siempre que la disposición de la estructura y sus apoyos sea la correcta y los valores de los esfuerzos no excedan a los límites admisibles).

(1) F. Candela.

Casos de Hormigón armado.
Manual del constructor. Ing. Internacional.
Mc Graw Hill Int. N.Y.

CAPITULO VII

FUNDAMENTACION A PARTIR DEL METODO CIENTIFICO Y DE LA INGENIERIA DE SISTEMAS DE LA TOMA DE DECISIONES REFERENTES A LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES EN ARQUITECTURA.

Es a partir de abril de 1969 en que Hall III A.D publica su "Three Dimensional Morphology of Systems Engineering" donde tomando como base el método científico establece los pasos, fases y materias con que se puede analizar cualquier sistema, sistema que retomado por Gerez Grijalva (1) puede resumirse de la siguiente manera: Se sugiere que cualquier sistema o su planeación atraviese desde el punto de vista temporal por diferentes estadios que son los siguientes:

- 1.-Planeación del Programa.
- 2.-Planeación del proyecto.
- 3.-Desarrollo del sistema.
- 4.-Producción o construcción del mismo.
- 5.-Distribución o puesta en servicio.
- 6.-Operación o Consumo.
- 7.-Retiro.

Si pensamos en el edificio como un sistema, veremos que son precisamente estas fases por las que atraviesa cualquier proyecto de los que desarrollamos, constatando que el arquitecto desarrolla cada una de estas fases a su debido tiempo, desde la planificación del programa hasta la puesta en marcha u operación del edificio; que quizás sólo en la fase que no pensamos sea la de Retiro, que en nuestro caso significaría no precisamente el retiro ya que tratándose del sistema edificio podría ésto significar no la demolición sino quizás la remodelación o el cambio de destino con lo cual se iniciaría el ciclo de re

(1) El Enfoque de sistemas.
Gerez Grijalva.
Ed. Limusa.
1978.

troalimentación, el que convertiría el presente diagrama en un circuito cerrado. Estas fases según la misma interpretación de Gerez Grijalva, deberán atravesar por una secuencia lógica que consistiría para cada una de las fases anteriores de los pasos, que enumeraremos a continuación, que correspondería también : una Metodología y que pueden resumirse así:

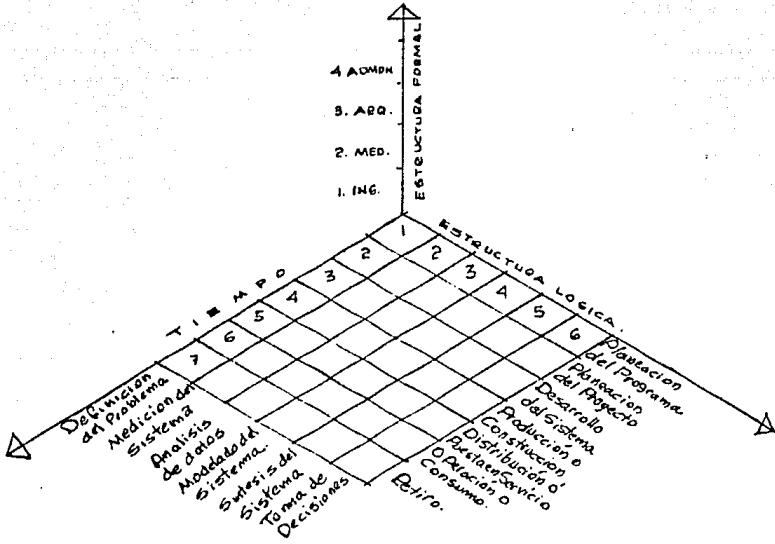
Pasos.

- 1.-Definición del problema.
- 2.-Medición del Sistema.
- 3.-Análisis de Datos.
- 4.-Modelado de Sistemas.
- 5.-Síntesis de Sistemas.
- 6.-Toma de decisiones.

Metodología.

- 1.-Descripción del sistema.
- 2.-Jerarquización (teoría del valor).
- 3.-Procesamiento de Información.
- 4.-Construcción de Modelos
- 5.-Simulación y Optimización.
- 6.-Teoría del valor y teoría de las decisiones.

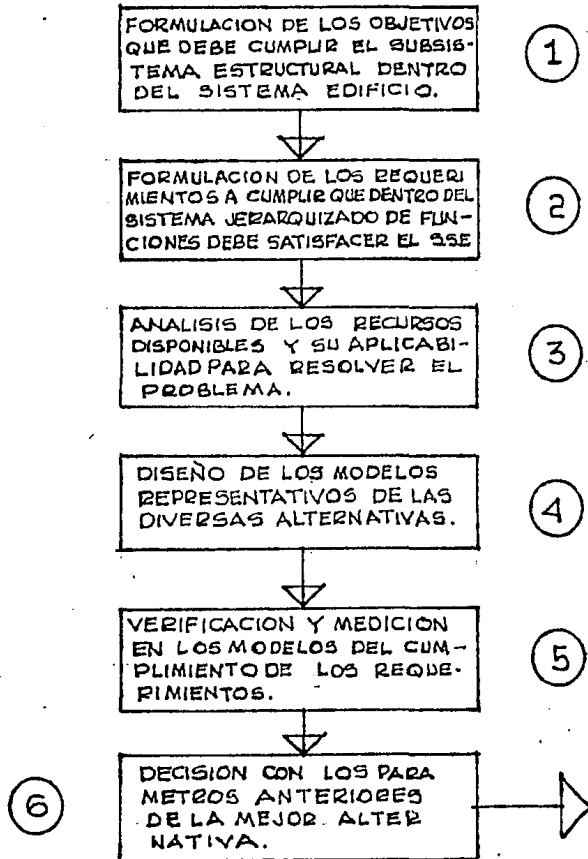
Para completar la estructura tridimensional de los sistemas, el autor establece como tercera dimensión del sistema la estructura formal de la profesión entre la que pueden encontrarse los distintos sistemas según pertenezcan a la Ingeniería, Arquitectura, Administración, etc, con lo que construye el siguiente diagrama:



Ahora bien a partir de lo anterior necesitamos concebir un método teórico que, basado en lo dicho nos establezca un camino para fundamentar la toma de decisiones referente a los sistemas estructurales, que como hemos visto forman parte del sistema edificio, del que ya hemos analizado en capítulos anteriores su concepción sistémica, el método que proponemos consiste precisamente en que partiendo de la base de que el edificio es un sistema, partiremos de la suposición de que éste ha pasado ya por las fases de planeación del programa, planeación del proyecto y se encuentra en la fase de desarrollo para lanzarse a la fase de la construcción que es la que aquí analizaremos.

Es pertinente aclarar que la proposición nuestra en ningún momento pretende ser un método de diseño del sistema edificio ya que contempla que éste ha sido, o está en vías de diseño y se pretende a partir de ciertas premisas o datos, encontrar respuestas que satisfagan las suposi-

ciones preestablecidas, para que así, por medio de un proceso iterativo de simulaciones, se nos presenten las condiciones objetivas sobre las cuales podamos aplicar la teoría de decisiones para lo que proponemos el siguiente algoritmo:



CAPITULO VIIIFORMULACION DE OBJETIVOS.

Objetivos que debe cumplir el subsistema estructural dentro del sistema edificio.

El primer paso a dar en el esquema que proponemos, es definir los objetivos que debe cumplir el sistema, que en este caso se trata del subsistema estructural, para lo cual debemos recordar que un objetivo es una meta a cumplir, podemos identificar este punto con la descripción del problema y la formulación de éste en forma de objetivo, para esto habrá que precisar que se trata de un sistema bien definido sin problemas de frontera y que la formulación de su objetivo radica en la comprensión en primer término de la función predominante que debe cumplir con respecto a sí mismo, en segundo término estaría todo aquello derivado de las consecuencias que al interactuar con los demás componentes del sistema se originan y por último lo referente a la relación que entre él y el medio físico se genera. Cabe aquí aclarar que el subsistema estructural como hemos visto tiene dos componentes: la supra y la infra estructural y que las dos cumplan funciones análogas pero que se encuentren en distintos medios por lo que es conveniente que en el momento de la aplicación de este procedimiento, su ejecución se haga por separado, esto es, que los mismos pasos a efectuar se ejecuten en forma independiente tanto para la componente infra como para la supra estructural, ya que al formular objetivos con respecto al medio éstos serán distintos ya se trate de una u otra componente.

Al introducir una nueva variable, el tiempo, se podrían formular una serie de objetivos al encontrar las interrelaciones entre el subsistema estructural y su temporalidad, tanto en su duración total, como en la duración de su factura, en el primer caso es factible el establecimiento de tal tipo de objetivos ya que van en relación con la función principal que hemos visto que cumple el subsistema estructural, esto es, asegurar la permanencia no solo del propio subsis

tema sino ser el apoyo fundamental del sistema completo del edificio, por lo que podríamos asegurar que el principal objetivo del subsistema estructural es realizar durante un lapso determinado de tiempo la función de permanencia del propio subsistema. En cuanto a la segunda posibilidad de relación entre función y su tiempo de factura, podrían formularse objetivos, pero tal clase de objetivos estarían más bien relacionados con el procedimiento de construcción del sistema y no con el sistema propiamente dicho por lo que el análisis debería ser posterior al planteamiento del sistema ya que hemos visto claramente en un capítulo anterior que una cosa es sistema constructivo y otra muy diferente su procedimiento de construcción, aún cuando éste pueda estar involucrado como condición específica a cumplir dentro de un objetivo determinado. De esta manera podemos precisar tres grupos de objetivos:

- 1) Los que determinan el comportamiento del sistema con respecto a ellos mismos.
 - 2) Los que lo hacen con respecto a los demás subsistemas.
 - 3) Los que se refieren al medio en que se encuentre la componente analizada.
- Puesto que éstas son las posibles interacciones por lo que se analizará cada una de ellas y se definirá el comportamiento que deseamos en cada caso. Así por ejemplo en el caso de la interacción del subsistema consigo mismo habría que analizar todo lo relativo al comportamiento de él con su función predominante así como el cumplimiento de interacciones que pudieran establecerse en caso de que quisiéramos optar por lo que hemos llamado los elementos polifuncionales, ésto es, de aquellos elementos que cumplen varias funciones al mismo tiempo, recordemos aquí que un muro, por ejemplo de carga puede ser también componente del subsistema divisorio del espacio interno o externo así como formar al mismo tiempo parte del subsistema de acabados y finalmente podría llevar huecos o circuitos impresos que lo hicieran formar parte del subsistema encargado de proporcionar confort. Por lo tanto al formular esta clase de objetivos habría de revisarse cuidadosamente y formularlo así que el subsistema (sus componentes) deberán asegurar en primer término la función de permanencia en el rango que nos

tros le asignemos y paralelo a ésto el subsistema (sus componentes) podría ejecutar funciones de otro subsistema aún cuando éstas no fueran las predominantes. Aquí tenemos toda una gama de objetivos que fijarían el comportamiento del subsistema (sus componentes) y la función o funciones que él cumple dentro del Sistema Edificio. La segunda gama de objetivos que podría formularse serían aquellos que relacionarían el comportamiento del subsistema estructural con respecto a los demás subsistemas, para ésto habría que analizar las interacciones entre él y cada uno de los subsistemas con lo cual estaríamos estableciendo el o los objetivos que normarían su comportamiento (del subsistema estructural o sus componentes) con todos los demás subsistemas. Aquí por ejemplo podríamos fijar la clase de relación que deseamos establecer entre dicho subsistema y los demás, al hablar de requerimientos veremos en este capítulo como podemos traducir cada uno de estos objetivos a medidas de eficiencia a cumplir. Finalmente el tercer grupo de objetivos que podemos formular con respecto al subsistema estructural sería aquel que estableciera el comportamiento deseable entre él y el medio en que se encuentra, aquí cabe hacer una aclaración, que al hablar del medio, aún cuando sabemos que existen varias clases de ellos, debemos tener presente que para el subsistema estructural el único medio que a éste le interesa es el medio físico en que se desarrolla y que éste, hemos dicho, es distinto para el supra e infra estructurales. Recordemos aquí que por ejemplo en el caso del techo o último entrepiso de un edificio alto, éste forma parte del subsistema divisorio del espacio externo y que por lo tanto tendrá que cumplir con el o los objetivos del primer grupo, ésto es, asegurar la permanencia de él y del sistema edificio a la vez que cumplir con los objetivos de este tercer grupo que establecen la interacción entre él y el espacio físico (exterior). Al hablar de la componente infraestructural, nos estamos refiriendo a que ésta (piso o losa de cimentación por ejemplo) deberá cumplir funciones específicas que regulan su comportamiento entre ella y el medio ambiente (suelo), y en el caso de la componente supra no es el suelo lo que se relaciona con ella sino el espacio externo.

Con estas consideraciones quedarían abarcadas todas las posibles clases de objetivos que pudiéramos mencionar con respecto al subsistema estructural al menos desde un punto de vista concreto aún cuando estemos dispuestos a aceptar que desde el punto de vista de la subjetividad, podrían establecerse otros, pero éstos al analizarlos, como después veremos en su contexto de requerimientos nos sería difícil encontrar la medida de eficiencia para poder calibrar su importancia, y por lo tanto aún cuando podamos establecer coeficientes de ponderación, lo que sería válido, tendríamos que recurrir a un criterio evaluativo de dichos coeficientes el cual no estaría del todo excluido de cierto grado de subjetividad que en el caso de la toma de decisiones debemos evitar en lo posible, comprendiendo naturalmente que este problema, cuando se trata del diseño del sistema edificio en general, no puede evitarse aún a riesgo de poner en peligro seriamente los fundamentos mismos del quehacer arquitectónico.

Para aclarar todo lo anterior vayamos a un ejemplo. Supongamos que en la fase del proyecto definitivo hemos diseñado por cualquier procedimiento de diseño un edificio de varios niveles en el cual queremos aplicar los fundamentos para la optimización de su subsistema estructural del que poseemos un modelo cuyos objetivos y requerimientos vamos a formular, lo primero que tendríamos que hacer es separar la componente supra de la infra estructural puesto que actúan en medios distintos como ya vimos, analicemos en primer término la componente supra de la cual podemos fijar en el caso del primer grupo de objetivos, éste es, los que consideran la relación consigo mismo de cada elemento del sistema en función de su función predominante y podríamos decir:

- 1.1 Que la componente supra (o el subsistema) asegure la permanencia de todo el sistema por un número determinado de años (fijarlo).
- 1.2 Que soporte todas las cargas gravitacionales que ocurran durante ese período.
- 1.3 Que soporte todas las cargas accidentales que ocurran durante ese período.
- 1.4 Que esté compuesta por elementos homogéneos.

1.5 Que esté compuesta por elementos no homogéneos.

Tetándose de las interacciones con los demás subsistemas del sistema podríamos mencionar las siguientes gamas de objetivos.

- 2.1 Que la componente supra (o el sistema) forme parte (o no forme) (o que unos elementos lo hagan y otros no, mencionar cuales) del subsistema divisorio del espacio externo.
- 2.2 Que forme parte (o no forme) (que unos elementos lo hagan y otros no, mencionar cuales) del subsistema divisorio del espacio interno.
- 2.3 Que aloje (o no aloje), que forme parte (o no forme parte) (que algunos elementos lo hagan y otros no, mencionar cuales) del subsistema productor de comodidades.
- 2.4 Que formen (o no formen parte) (que algunos elementos lo hagan y otros no, mencionar cuales) del subsistema comunicatorio.
- 2.5 Que contengan o estén capacitados (unos elementos si, otros no, mencionar cuales) para recibir al subsistema de acabados.

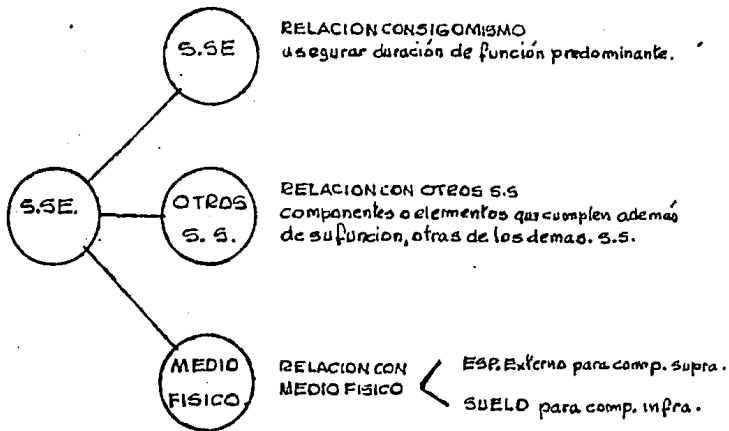
Finalmente con respecto a la interacción entre el subsistema estructural y el medio físico podríamos annumerar los siguientes objetivos en el caso como estamos viendo de la componente supra estructural.

- 3.1 Que la componente supra (o el subsistema) aisle (o no aisle) que algunos elementos lo hagan (otros no mencionar cuales) del Régimen Térmico.
- 3.2 Que aisle (o no aisle) que algunos elementos lo hagan (otros no, mencionar cuales) del Régimen Pluviométrico.
- 3.3 Que aisle (o no aisle) que algunos elementos lo hagan (otros no, mencionar cuales) del medio acústico.

Estos tres objetivos en el caso de la componente infraestructural podrían substituirse por el siguiente:

4.1 Que la componente infra asegure un aislamiento completo entre el suelo en que está sumergida y ella misma.

Dentro de esta serie de objetivos estaríamos en posibilidad de establecer los principales para fijarle de esta manera un objetivo general a cumplir al subsistema estructural dentro del sistema edificio, podríamos también establecer los objetivos de la duración del procedimiento a seguir para construir el propio subsistema estructural, pero esto, como veremos al tratar de la teoría de decisiones constituiría una hipótesis más a verificar que podría adecuarse o no al subsistema, pero no formaría parte de él, por lo que habría que analizarlo dentro de, o poniendo en juego, los elementos de que actualmente disponemos para analizar procedimientos tales como los sistemas de redes dentro de los cuales uno de los más importantes sería el de la Ruta crítica, pero por lo pronto asentaremos que esto no forma parte de lo que es el valor intrínseco del subsistema, del que hablaremos posteriormente al tratar la teoría del valor.



LAS 3 CLASES DE OBJETIVOS GENERADAS POR LAS POSIBLES INTERACCIONES

CAPITULO IXFORMULACION DE LOS REQUERIMIENTOS.

Requerimientos a considerar dentro del sistema jerarquizado de funciones que debe cumplir el S.S.E.

Entendemos por requerimiento, el establecimiento de una restricción, necesidad o condición que debe cumplirse a fin de poder alcanzar una meta u objetivo deseado. Como se podrá ver, aquí existe una relación muy estrecha entre objetivo y requerimiento que es necesario entender a fin de poder establecer o deducir unos de otros, que del planteamiento correcto de los objetivos podemos a partir de ellos traducir los objetivos a requerimiento cuando establecamos el patrón de rendimiento o cantidad necesaria para formular el nivel que debe alcanzarse el requerimiento. De todo esto se induce que las categorías de los requerimientos pueden ser deducidas de las de los objetivos, siguiendo al planteamiento anterior podemos establecer, como en el caso de los objetivos, tres direcciones hacia las cuales obtener los requerimientos necesarios tales que cumplan los objetivos señalados. Cabe aquí observar que para el Man Arq. Alvaro Sánchez establece cinco clases de requerimientos que son(1):

- 1.-de ubicación.
- 2.-de servicios a prestar.
- 3.-de Sistemas constructivos admisibles.
- 4.-de Efectos psicológicos a estimular.
- 5.-Y de etapas de construcción y posibilidades de cambio.

(1) Sistemas Arquitectónicos y Urbanos.
Alvaro Sánchez.
Ed. Trillas.

Esta clasificación, cuando se trata del edificio como sistema arquitectónico me parece muy aceptable, pero en el caso que nosotros tratamos de analizar debemos formular nuestros propios puntos de vista, ya que no podemos ni siquiera adaptar dicha modelidad a nuestro problema, que son los fundamentos teóricos en que está basada la decisión o elección de sistemas estructurales, para lo cual hemos hecho varias consideraciones que consisten desde luego en admitir que el edificio es un sistema, la siguiente sería que ese sistema lo hemos definido el menos en uno de sus estados instantáneos por medio de cualquiera de los procedimientos a nuestro alcance que puede ser desde un procedimiento de caja negra, hasta un procedimiento cuantitativo de diseño, pero es necesario constatar que este estado instantáneo se ha definido previamente de alguna manera y lo que nosotros pretendemos es situar esta fase instantánea del sistema en algunas de las fases que hemos venido estudiando. Otra consideración importante es el planteamiento de que el subsistema estructural es, diremos, la incógnita a resolver dentro de este estado instantáneo del sistema para lo cual los problemas del medio adquieren una simplificación relevante ya que el subsistema estructural se limita a interactuar sólo con el medio físico, lo que no sucede cuando consideramos el sistema edificio en su totalidad el cual tiene relación o interactúa con un medio más complejo ya que involucra no sólo lo físico sino lo social, lo político, lo económico, lo cultural, etc., y por lo tanto establece variables que desde luego son más difíciles de considerar. En nuestro caso, al considerar el subsistema estructural como el vértice de la solución, esto hace más sencillo de resolver el problema, puesto que las interacciones de este subsistema se resuelven en la triple vertiente de que hemos hablado anteriormente, esto es, interacción entre sí mismo, interacción con los demás subsistemas e interacción con el medio en este caso el físico (espacio externo en el caso de la componente superior y suelo en el caso de la componente infra). Planteadas así las cosas, los requerimientos deberán buscarse de la misma forma como se plantean los objetivos en la triple vertiente de que hemos hablado con la única condición de que en

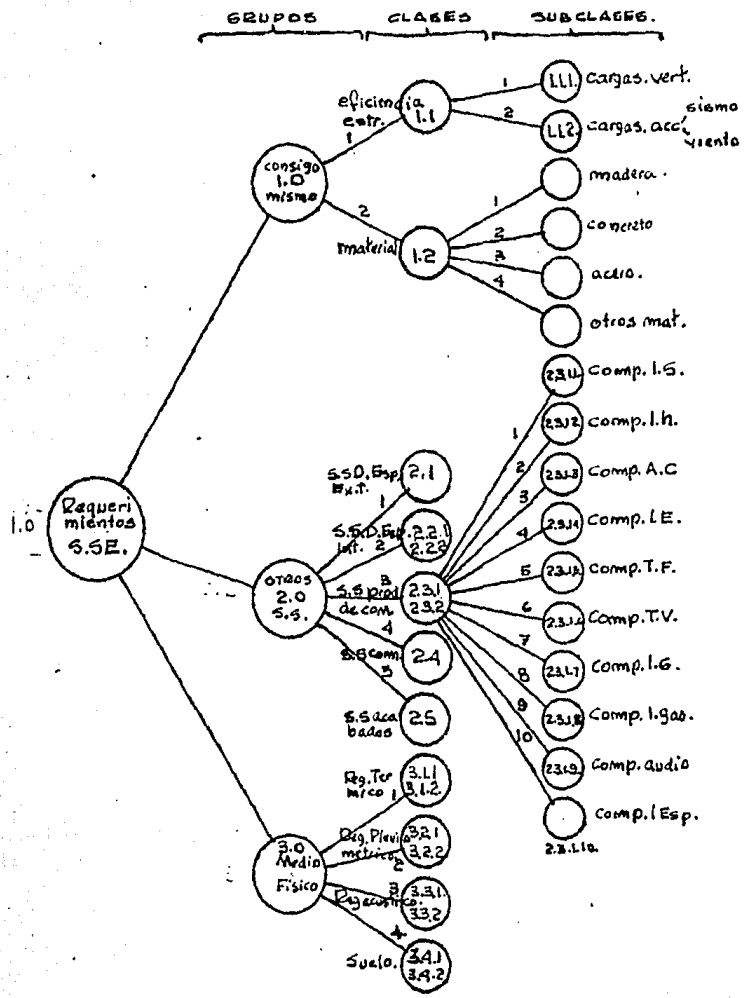
este caso debemos establecer el patrón de la medida de eficiencia que debe cumplir cada una de estas tres clases de requerimientos o sea que debemos establecer una escala por medio de la cual seamos capaces de comparar diversos estados instantáneos que produciríamos al establecer el proceso de simulación del modelo previamente construido y por medio de estas escalas verificar que se cumple o se supere ese patrón de rendimiento de alguna forma para que observando las cantidades finales del sistema podamos aplicar la teoría de las decisiones comparando los distintos modelos que representan los estados sucesivos que puede tomar el sistema y así tomar una decisión cuantitativamente aceptable.

Hemos establecido que los requerimientos podrían ser deducidos a los objetivos en cuanto fijemos una medida de eficiencia que debe cumplirse para alcanzarlos, por lo que como en el caso de los objetivos podemos establecer para los requerimientos tres grandes grupos de ellos que después subdividiríamos en clases y subclases. Ver diagrama de árbol jerarquizado de requerimientos.

El primer grupo sería aquel que considerara la relación consigo mismo y podrían dividirse en dos clases, la primera de ellas contemplaría la eficiencia estructural y la segunda la duración del subsistema estructural condicionada a la clase de material usado, ellos podrían enunciarse de la siguiente manera:

- 1.0 Requerimientos del primer grupo. Estos son aquellos que consideran la relación consigo mismos.
 - 1.1.1 Que las componentes del subsistema estructural (mencionar cuales) resistan las siguientes cargas gravitacionales (Consultar el reglamento de Construcción para el lugar en que se esté trabajando).
 - 1.1.2. Que las componentes del subsistema estructural (mencionar cuales) resistan las siguientes cargas accidentales, (Consultar el reglamento de Construcciones para el lugar en que se esté trabajando).
- 1.2 Que las componentes del subsistema estructural (mencionar cuales) sean de determinado material que asegure su duración por tal número de años. En este punto habría que aclarar varias cosas, una de ellas sería la considera

ARBOL JERARQUIZADO DE REQUERIMIENTOS



ción primera de que el material del subsistema estructural fuese tratado como una incógnita a resolver o sea suponer, para establecer por comparación diversos sistemas estructurales de diversos materiales que queramos comparar o ponderar.

Por otro lado habría que hacer algunas consideraciones para tratar de situar lo anterior dentro del contexto de los conceptos que hemos venido mencionando, ya que aquí nos encontramos con ciertos criterios que pretenden que los sistemas estructurales sean de un mismo material o como lo preconiza Saint Venant en su primer postulado tan caro a arquitectos tan connotados en el campo de las estructuras como lo es el Arq. Bernardo Calderón, ya que en el primero de sus cuatro postulados establece que: "Las estructuras deban ser homogéneas", y esto según el diccionario significa, que sean del mismo género o naturaleza, lo cual con la aparición del concreto armado viene a crear cierta confusión ya que el concreto armado no es un material homogéneo, puesto que está compuesto por dos materiales de distinta naturaleza que pueden juntarse dentro de un sólo componente gracias a que poseen un coeficiente de dilatación muy semejante, esto quiere decir que en todo elemento estructural (componente según la terminología del M en Arq. Alvaro Sánchez) definida en los términos del Capítulo III coexisten o pueden coexistir varias clases de esfuerzos predominantes que inclusive pueden tener signos opuestos como en el caso de los elementos (componentes) sujetos a flexión, los que producen respuestas estructurales a través de medios (materiales o inmateriales) distintos originando así varios materiales en un mismo elemento estructural (componente) esto se hace cada vez más obvio al contemplar las modernas estructuras de acero de alta resistencia combinado con plásticos, ya se usan en elementos a flexión o de esfuerzo combinado como son los concretos polimerizados pre o postensados o en elementos de esfuerzos simples como los sistemas de barras traccionadas con telas de plástico tan extensamente usadas por Frei Otto.

Como veremos por todo lo anterior, la cuestión del material homogéneo pasa a segundo término, ya que lo que verdaderamente importa según mi criterio, es que se usen materiales adecuados a los esfuerzos que soportan, lo que nos

lleva, como ya hemos apuntado, a hacer notar que lo importante de una estructura es no sólo la magnitud de esfuerzo predominante sino más bien la clase de este esfuerzo, ya que si le conocemos podremos determinar los medios (materiales o inmateriales) en que éstos se encuentran así como la respuesta estructural adecuada, llevándonos de esta manera a una inmensa gama de sistemas estructurales que comienzan a ser desarrollados y que tendrán que ser si no inventados por los arquitectos, al menos conocidos por ellos.

El segundo grupo sería el que contemple la relación entre el subsistema estructural y los demás subsistemas.

Como vemos el subsistema estructural tiene cinco formas de relacionarse con los demás subsistemas o sea que puede establecer cinco interacciones que corresponden por lo tanto a cinco clases de requerimientos, con respecto a la primera clase podríamos afirmar que se da cuando el subsistema soportante forma parte del sistema divisorio del espacio externo al cual corresponde al Medio Físico en el caso de la componente supra estructural por lo tanto puede incluirse en el tercer grupo de Requerimientos, del cual hablaremos posteriormente, por lo que respecta a la segunda clase de Requerimientos podríamos establecer a manera de ejemplo lo siguiente:

- 2.2.1 En el caso de estar formada la componente supra estructural por elementos apoyantes (formados por muros de carga que forman parte del sistema divisorio del espacio interno) establecer el coeficiente de transmisión de sonido de un local a otro.
- 2.2.2 En el caso de estar formada la componente supra estructural por elementos apoyados (entrepisos que forman parte del subsistema divisorio del espacio interno) establecer el coeficiente de transmisión de sonido de un local a otro.

Por lo que respecta a la tercera clase de Requerimientos, ésta es quizás la más amplia y la más importante ya que el subsistema productor de comodidades es cada día más complejo y requiere de una relación adecuada que debe establecerse con anterioridad y que podría plantearse a manera de ejemplo como sigue, cabe aquí mencionar que consideramos los requerimientos con los compo

nentes más importantes pero que en el caso de un edificio complejo (hospitales, fábricas, laboratorios, observatorios, centros de lanzamiento de vehículos espaciales, etc.) esto puede llegar a ser un verdadero y complicado sistema de interacciones por lo que habrá que establecer la relación conveniente entre cada componente del subsistema productor de comodidades y el subsistema soportante (tanto supra como infra estructural). Toda esta clase de requerimientos podría enunciarse con sus divisiones en subclases de la siguiente manera:

2.3.1 Que el elemento apoyado (cubierta o entrapiso) del subsistema estructural (componente supra) se resuelva en un paralele máximo y posición de X centímetros para alojar:

- 2.3.1.1 La Componente I.S.
- 2.3.1.2 La Componente I.H.
- 2.3.1.3 La Componente A.C.
- 2.3.1.4 La Componente I.E.
- 2.3.1.5 La Componente T.F.
- 2.3.1.6 La Componente T.V.
- 2.3.1.7 La Componente Gas.
- 2.3.1.8 La Componente Incendio.
- 2.3.1.9 La Componente Audio.
- 2.3.1.10 La Componente I.Especiales.

2.3.2 Que los elementos apoyantes (columnas o muros) del subsistema estructural (componente supra) se resuelvan en un espesor o diámetro y posición de X centímetros para alojar:

- 2.3.2.1 La Componente I.S.
- 2.3.2.2 La Componente I.H.
- 2.3.2.3 La Componente A.C.
- 2.3.2.4 La Componente I.E.
- 2.3.2.5 La Componente T.F.
- 2.3.2.6 La Componente T.V.
- 2.3.2.7 La Componente Gas.

2.3.2.8 La Componente Incendio.

2.3.2.9 La Componente Audio.

2.3.2.10 La Componente I.Especiales.

En este punto conviene aclarar que para determinar los espacios requeridos por cada uno de los componentes, lo mejor es recurrir a planos o modelos de cada componente, ya que recordemos que en este caso partimos de la base que cada una de las componentes del subsistema productor de comodidades forma parte de los datos o hipótesis que suponemos conocidos y que por tanto éstas nos demandan requerimientos de espacio que debemos considerar en el diseño del subsistema soportante el cual deberá responder a dichas exigencias o requerimientos:

La clase cuatro de requerimientos entre el subsistema soportante y el sistema comunicatorio podría establecerse en el caso en que algunos elementos del subsistema soportante formen parte de escaleras, cubos de elevadores, o rampas y podría también formularse indicando las dimensiones, posiciones o entresijos que deberán cumplir con esta condición.

Finalmente a la quinta clase de Requerimientos deberá establecer la posibilidad de que el subsistema soportante quede como acabado final (o aparente) o pueda recibir un acabado especial.

En cuanto al tercer grupo de Requerimientos, éste es, los que controlan la relación entre el subsistema soportante y el medio físico (espacio externo) podrían formularse de tal modo que puedan agruparse a su vez en cuatro clases que relacionaran el Régimen Térmico, el Régimen Pluviométrico, el Régimen Edíco y el medio acústico con el subsistema soportante. Estos requerimientos podrían formularse tomando en cuenta la división de las componentes del subsistema estructural en elementos apoyantes y apoyados de la siguiente manera:

3.1.1 Que el elemento soportado del subsistema estructural (cubierta de la componente supra) tenga la capacidad de aislar térmicamente según el coeficiente con valor límite de transmisión de calor.

que deberá tener la solución propuesta.

3.1.2 Que el elemento soportante del subsistema estructural (muros exteriores de la componente supra) tenga la capacidad de aislar térmicamente según el coeficiente con valor límite de transmisión de calor $K \leq X$.

Es conveniente aclarar aquí que posiblemente debido a nuestro clima benigno en comparación con otros, así como a la hegemonía de los sistemas tradicionales de construcción, no nos hemos preocupado por tener materiales no convencionales que cumplan esta clase de requerimientos, y que es difícil encontrar siquiera los datos de los coeficientes K de transmisión de calor de dichos materiales cuando éstos existen y que las cosas se complican cuando diseñamos sistemas de cubiertas o muros mixtos donde intervienen varios materiales cuyos coeficientes debemos conocer ya que en este nuevo material mixto su coeficiente no es la suma de los coeficientes de cada uno de los materiales empleados (1).

En cuanto a la segunda clase de requerimientos, éste es, aquellas que concierne al régimen pluviométrico del medio físico, nos vamos a encontrar con que no tenemos un patrón de rendimiento confiable como en el caso anterior para poder implantarlo aún cuando fuera con dificultad, ya que no contamos con una norma precisa que nos diga que cantidad de lluvia puede resistir una cubierta, por ejemplo aún cuando podamos medir el grado de humedad que puede absorber un material debido a que todos éstos datos son objeto de conocimiento empírico, por lo que habría, de no haberla, crearla para que se pudiera, cuando se nos en el campo teórico ya que en la práctica es otra cosa, llenar este vacío, de cualquier manera este grupo de requerimientos podría formularse de esta manera:

3.2.1 Que el elemento soportado del subsistema estructural (cubierta de la componente supra) sea capaz de resistir un aguacero con una duración de X horas, con X número de mm medidas con un pluviómetro.

3.2.2 Que el elemento soportante del subsistema estructural (muros exteriores de la componente supra) no tengan la capacidad de absorber una cantidad determinada previamente de agua procedente de cualquier fuente.

(1) Asistencia Técnica y Académica.
 Miguel Payá.
 Ediciones Coac, Barcelona España.

En cuanto a la tercera clase de requerimientos o sea los referentes al Régimen Sísmico existen normas precisas en el Reglamento de Construcciones, a las que deberá someterse todo el subsistema soportante y podrían fijarse de esta manera: (este requerimiento puede quedar incluido dentro del primer grupo ya que en el Reglamento de Construcciones se precisa con claridad).

Por último con respecto a la cuarta clase de requerimientos, tercera si suprimimos la anterior, aquellos que relacionan al subsistema estructural con el Medio Acústico, habría que determinar el grado de disminución auditiva que queremos lograr entre el medio físico y el espacio interno en el caso de que el elemento soportante (muros de carga de la componente supra) forme parte no sólo del subsistema estructural sino que forme parte además del subsistema divisorio del espacio externo y por supuesto también del subsistema de acabados. Habría que precisar si tal grado de disminución auditiva podría lograrse con el mismo material del subsistema soportante o si este puede o debe recibir o estar preparado para recibir un material adicional perteneciente al subsistema de acabados para poder cumplir el requerimiento prefijado. Algo parecido sucede cuando el elemento soportante o soportado (muros de carga y entrepisos o cubierta de la componente supra) forman parte del subsistema divisorio del espacio interno, es el caso por ejemplo de una sala de conciertos o una fábrica que produzca ruidos que se desea que no pasen al exterior sino que sean absorbidos de alguna manera para producir determinado efecto por paredes, techos o plafones. Como se ve este es un caso particular, pero que podría dar lugar a fijar requerimientos importantes que tendrían que ser tomados en cuenta al fundamentar el subsistema soportante.

Hasta aquí hemos fundamentado las bases de solución del problema, es decir, estamos ante los datos o cantidades fijas constantes que se toman en cuenta para la formulación de lo que podríamos llamar la hipótesis del problema y que habrá que verificarse posteriormente. Es muy importante hacer notar este aspecto ya que en la práctica solemos invertir los términos de solución del problema, ésto es, inventamos o soñamos las "soluciones" y nuestro mecanismo ra

cional se encarga de elaborar justificantes ingeniosos en ocasiones muchos de ellos pero que dejan ver que el problema no ha sido expuesto en toda la profundidad que éste tiene, creo que en el momento de que seamos capaces de plantear sin prejuicios el problema llegaremos a esas soluciones originales que tanto hemos buscado por un camino diferente, las que además de su originalidad estarán perfectamente fundamentadas sobre bases y argumentos sólidos difícilmente rebatibles.

CAPITULO X

ANALISIS DE LOS RECURSOS COMO REPERTORIO.

Su disponibilidad, importancia y aplicabilidad en la Arquitectura.

Esta parte de la fundamentación teórica, es aquella que consiste en analizar todos los medios de que nos podemos valer para resolver el problema, es decir, todos los medios los llamamos recursos y es oportuno distinguir entre recurso simple y recurso disponible ya que éste nos lleva a un planteamiento teórico del problema que aunque interesante en el campo de la práctica puede no ser operable; tendremos siempre que plantear la disponibilidad del recurso ya que si éste no existe por alguna causa, nosotros no podemos echar mano a ese recurso y por lo tanto las posibilidades que éste tiene de resolver el problema son nulas, ya que aunque tal recurso exista, si no está disponible en el momento en que lo necesitamos, éste equivale a que no podemos contar con él y por lo tanto, aún cuando fuera quizás el óptimo, nosotros no podríamos resolver el problema por medio de él debido a su indisponibilidad, y esto es realmente lo que importa ya que la causa de esa disponibilidad puede ser cualquiera desde el punto de vista que nosotros analicemos el problema. No es aquí el lugar ni el momento de conocer las causas por las cuales determinados recursos no son posibles emplear en un momento dado, ya que estas causas pueden tener distintos orígenes lo único que queremos dejar claro es que en la práctica suele ocurrir que una vez que hemos hecho un estudio teórico brillante de los recursos, resulta que ese recurso, que es el que nosotros necesitamos, no está disponible por lo que es conveniente al hacer nuestro estudio que previamente nos cercioremos de la disponibilidad de los recursos que analizamos.

Este campo de los recursos es un campo donde creo que al estudiante y aún al profesional de la arquitectura le queda mucho por hacer, ya que es un campo

cesario contar cada día con mayor información acerca de los recursos disponibles, información que debe darse en una doble vertiente, esto es, es necesario establecer un intercambio entre los fabricantes de los recursos y los arquitectos de tal modo que no sólo el profesional de la arquitectura esté informado de los recursos que el fabricante pone a su disposición sino que el fabricante debe producir aquellos recursos que responden a la solución de los problemas que el arquitecto plantea, esto quiere decir que el fabricante debe estar atento para producir precisamente esos productos que vengán a resolver las cuestiones fundamentales que aquí estamos planteando para que no suceda lo que sucede actualmente con determinados recursos que son frecuentemente usados para un destino distinto al que se pensó cuando ellos fueron creados, lo cual limita desde luego su uso. Es conveniente hacer ver que desde luego un arquitecto deberá manejar un repertorio considerable de recursos para poder usarlos en su oportunidad y que mientras más recursos conozca, podrá enfrentar con mayor éxito el problema que se propone resolver. Es aquí donde nace la necesidad de contar con ese Banco de Datos que la Informática contemporánea ha aprendido a manejar con tanto éxito por medio de la información programada y es indiscutible que en los años por venir veremos, si no resuelto este problema por medio de las máquinas, si al menos reconocemos que ellas están siendo un valioso auxiliar en la compilación de estos datos que queremos saber acerca de los recursos que nos permitirán alcanzar soluciones satisfactorias a nuestros problemas.

Por lo tanto debemos insistir en que todo el progreso de la Informática contemporánea sea puesto al servicio de aquellos que tienen ingerencia en el campo de la fundamentación de los sistemas, ya que éste es un paso que tarde o temprano tendrá que darse en nuestro campo como ha sucedido ya en otros campos, quizás más urgidos que el nuestro, de contar con un sistema de información confiable y al día de lo que acontece cuando menos en nuestro país, el cual a su

vez tiene que ponerse en consonancia con todo lo que ocurre en el mundo. Quisiéramos dejar asentado en este breve capítulo que precisamente lo que necesitamos es encontrar la otra mitad que traemos perdida o sea quien nos responda diciendo que lo que está fabricando corresponde precisamente a los requerimientos que estamos planteando, éste y no otro sería el fundamento de la elaboración de un Banco de Datos, éste es que nos pudiera informar confiablemente acerca de los requerimientos de permanencia, eficiencia estructural, pesos, resistencia al fuego, a la humedad, etc, según los requerimientos que hemos planteado. Esperamos que estos procesos pronto sean una cuestión de rutina al menos en los grandes centros de decisión de estos problemas y no sólo eso, sino que estén al alcance de cualquier diseñador que los necesite.

El papel que los recursos juegan en la resolución del problema de la fundamentación de los sistemas estructurales, podría compararse al problema del almacén de una industria, en el cual, como sabemos, su principal dificultad es triba en su ordenamiento ya que de nada nos sirve tener un almacén en el cual por el desorden allí imperante no podemos conocer con precisión lo que se guarda, esto nos lleva al problema de la clasificación de los sistemas estructurales haciéndonos ver que lo importante de los recursos además de su disponibilidad es su ordenamiento jerárquico en razón de los requerimientos exigidos. Esto quiere decir que el armazón o casillero de este almacén de recursos debe constituir una verdadera clasificación de los elementos estructurales para que pueda ser operado con facilidad y que es tarea continua del arquitecto al trabajar no sólo enriqueciendo el almacén mencionado sino en el perfeccionamiento continuo de ese armazón en el que deberán tener cabida todos los sistemas estructurales conocidos y desconocidos (éstos últimos serían recursos no disponibles por lo pronto, pero podrían estar en vías o en proceso de convertirse en realidad pasando así en un determinado período a constituirse como recursos disponibles), con lo cual tendríamos acceso a un universo de soluciones, las que, clasificadas convenientemente, podrán estar en aptitud de resolver cualquier

problema estructural que se nos presenta. Pensamos por un momento la enorme ventaja que representaría el tener los recursos clasificados de acuerdo por ejemplo a una escala de eficiencias estructurales (que es el patrón de medida que usaremos para calibrar la función predominante del S.S.E y que será definida posteriormente) ya que con un ordenamiento semejante de los requerimientos estaríamos en aptitud de encontrar para cada uno de estos últimos el recurso disponible, verificando así objetivamente su correspondencia, con lo que se pondría a nuestro alcance una cantidad enorme de recursos que podrían todos ellos responder a los requerimientos planteados previamente enriqueciendo de esta manera el universo estructural y proporcionando además una serie de soluciones alternativas que permitirían, aplicando la teoría de decisiones escoger la mejor, lo que en la práctica raras veces sucede. Por lo anterior vemos la enorme ventaja que representa este ordenamiento de los recursos o elementos estructurales, para el diseñador de sistemas importantes ya que los introduce, haciéndole claro lo que de otra manera se antoja confuso, el conocimiento y buen uso de dichos elementos.

Conviene insistir sobre la importancia que tiene esta relación entre requerimiento y recurso ya que nos permite encontrar o diseñar a éstos aún cuando muchas veces no están disponibles por diversas causas entre las cuales puede figurar la resolución de tecnologías complejas no siempre al nivel de las disponibles, lo que hace que por lo pronto este recurso sólo podamos tenerlo, por decirlo de alguna manera, en forma de perfil o retrato para que, alcanzando determinados niveles de producción o tecnológicos podamos hacer que estos recursos pasen de no disponibles a disponibles. Es por este camino que se han logrado avances espectaculares en la carrera del espacio cuando las potencias industrializadas han podido desarrollar tales tecnologías que hicieron posible, conocidos los requerimientos para un determinado elemento, el desarrollo y la construcción del mismo ya que sólo existía un perfil o retrato de él hasta que se logró desarrollar la tecnología adecuada. que hoy lo ha hecho realidad, creo que si nosotros como nación nos propusiéramos desarrollar tecnología pa

ra resolver los graves problemas que nos aquejan, daríamos un gran salto en este difícil camino.

El último punto que hay que dejar asentado con respecto a este problema de los recursos, es el que se refiere a las normas que desde mi punto de vista no son otra cosa que el patrón de rendimiento mediante el cual comprobamos cuantitativamente el cumplimiento de un requerimiento para convertirse en recurso, es aquí donde hay que hacer notar la enorme carencia de información confiable acerca de este punto por lo que se requiere la intervención de las autoridades que con el criterio que aquí sugerimos ponga a disposición del diseñador estos datos y que además se aboque a establecer las normas adecuadas a nuestro medio ya que cuando éstas existen se refieren a recursos que no se fabrican en este país.

CAPITULO XI

DISÑO DE LOS MODELOS.

El proceso de simulación y la construcción de modelos representativos de las diversas alternativas.

En la Ingeniería de Sistemas se entiende por modelo a cualquier clase de representación del sistema en el cual por razones de costo incluyen solamente las variables relevantes.

En este punto la Ingeniería de Sistemas ha dado un gigantesco paso al establecer el uso de los modelos en un proceso llamado de simulación que pretén reproducir las condiciones de una realidad determinada para medir los resultados que esta sucesión de estados produce, encontrando respuestas que son interpretadas de acuerdo con el modelo a usarse, por esto adquiere una gran importancia en el uso de ellos para interpretar el problema que estamos analizando. El concepto de modelo ha cambiado mucho en los últimos años ya que de una representación burda de la realidad se puede pasar a modelos matemáticos expresados por medio de ecuaciones que la interpretan con una exactitud asombrosa y aunque desde hace mucho tiempo los científicos han trabajado con modelos burdos de ecuaciones y empleando leyes matemáticas es hasta hace algunos años en que ambos conceptos se han venido usando con una misma finalidad(1) Aquí cabría pues tratar de establecer cuantas clases de modelos podemos formular y cual o cuales de ellos serían las más apropiadas a usarse para conseguir los objetivos que nos hemos propuesto, con respecto al primer punto, me parece que la clasificación de modelos que adopta Geréz Griselva(2), es quizá la más completa que se haya intentado y de ella precisamente seleccionaremos las clases de modelos a usar para resolver nuestro problema.

(1) The Role of Models in Science. N. Wiener y A. Rosenbluth.

(2) El Enfoque de Sistemas. Geréz Griselva.

Establece Gerez Grijalva dos clasificaciones de los siguientes tipos de modelos a emplearse que son la clasificación de los modelos por sus características y las clasificaciones de los modelos por sus funciones; dentro de la primera de ellas establece una completa clasificación que es como sigue:

		MATERIALES			FORMALES		
		TIPO REPLICA	TIPO CUASIREPLICA	TIPO ANALOGIA	TIPO DESCRIPTIVO	TIPO SIMULATIVO	TIPO FORMALIZATIVO
ESTATICOS	DETERMINISTICOS	Ej: Mapa en Relieve	Ej: Mapa plano	Ej: Estatua	Ej: Los diez mandamientos	Ej: Tabla de decisiones logicas	Ej: Ley de Ohm.
	PROBABILISTICOS	Ej: Prueba de dosis critica.	Ej: Mapa Meteorológico	Ej: Dado modelando ruleta rusa	Ej: Reporte de tiempo	Ej: Programa para jugar a la drajez.	Ej: Ecuacion de equilibrio de cosas.
DINAMICOS	DETERMINISTICOS	Ej: Tren de Juguetes	Ej: Planetarium	Ej: Circuito en comparamiento analogico	Ej: Sistema legal.	Ej: Algoritmo de Bus Critica.	Ej: Leyes de Lanchester.
	PROBABILISTICOS	Ej: Experimento en Genetica.	Ej: Imagen de T.V. con ruido.	Ej: Generador de ruido blanco	Ej: Texto de Evolucion.	Ej: Modelo de transporte vehiculo por vehiculo.	Ej: Ecuacion diferencial estocastica.

TABLA de CLASIFICACION DE MODELOS.
EL ENFOQUE de SISTEMAS Gerez Grijalva
pag. 174.

Como se podrá ver por la tabla anterior, quedan así establecidos los dos tipos de modelos fundamentales que son los materiales o icónicos, y los formales, cada uno de los cuales tiene tres niveles de aproximación a la realidad: de réplica, de cuasi réplica y de analogía, en el caso de los modelos materiales los que a su vez pueden ser: estáticos, con o sin elementos probabilísticos y dinámicos con las dos anteriores clasificaciones mostrando en cada caso el ejemplo correspondiente en la tabla. Los modelos formales están divididos también en tres clases: la primera es aquella que usa un lenguaje humano natural y se denomina descriptiva, la segunda usa un lenguaje especial de simulación y se denomina simulativo y la tercera usa un lenguaje matemático con estructura formal, estas tres clases de modelos pueden combinarse al igual que los modelos materiales con modelos estáticos en primer lugar que contengan o no elementos probabilísticos dando lugar a los ejemplos que muestra la tabla y en segundo lugar con los modelos dinámicos que como en el caso de los modelos estáticos puedan contener o no elementos probabilísticos.

Esto es en cuanto a la clasificación de los modelos de acuerdo a sus características, ya que establece además el autor mencionado, cinco clases de modelos de acuerdo a las funciones que éstos realizan y que son: modelos de descripción, modelos de comportamiento, modelos de tiempo, modelos de confiabilidad y modelos de costo.

Vamos por lo tanto que podemos formular y así se procede con sistemas más complejos que el nuestro, una serie de modelos para estudios característicos de acuerdo con las funciones a cumplir de éstos, en nuestro caso lo que importa es usar aquellos que pueden ser fundamentalmente de las clases: una descriptiva o material para la primera fase como veremos y otros de costo y de tiempo para la fase final, el primero de ellos lo podríamos identificar para el alcance de este trabajo, no precisamente con los planos a detalle de los recursos a emplear pero sí con algo que nos indique todos los elementos estructurales que estamos proponiendo y que contenga además cantidades que hemos fijado

al establecer los requerimientos como patrones de rendimiento para poder cumplir con la verificación de la hipótesis que no es otra cosa que la verificación del cumplimiento de los requerimientos preestablecidos por los elementos estructurales que estamos proponiendo como recurso o repertorio, así es que el modelo que necesitamos establecer es un modelo que nos muestre claramente cada uno de los elementos del subsistema soportante perfectamente bien dimensionados aunque no estén a escala para poder calcular los pesos, las densidades de los distintos módulos o materiales a emplear en cada uno de ellos y formular la tabla evaluativa de cada modelo, que como veremos adelante, es necesaria para establecer un juicio de valor con respecto a cada una de las alternativas que estamos proponiendo.

Toma aquí un gran relieve el hecho de que el arquitecto sea o no la persona adecuada para dimensionar los elementos estructurales, usando el criterio de la Ingeniería de Sistemas es perfectamente válido además de adecuado pensar que la solución de los sistemas se efectúe por equipos interdisciplinarios, por lo que a mi juicio toca, creo que el arquitecto cada día va perdiendo el control del dimensionamiento adecuado de la enorme cantidad de sistemas estructurales que en la actualidad se manejan por lo que no debe otra vez a mi juicio conver-tirse en el especialista en el diseño de un sistema estructural determinado si no que debe tener los conocimientos generales del modo de trabajo de cada sistema estructural aún cuando no sea capaz de diseñar con todo detalle un elemento estructural determinado, esto puede ser puesto en manos de un especialista del equipo interdisciplinario, lo que si es conveniente aclarar es que si el arquitecto quiere o aspira a ser, como su nombre lo indica, el director de la orquesta arquitectónica debe saber dirigir a ese equipo interdisciplinario, pidiéndole que con todos los elementos a su alcance, dicho equipo sea capaz de analizar y por lo tanto dimensionar correctamente los sistemas estructurales que él propone, los cuales deben constituir un verdadero universo de soluciones posibles a problemas determinados de tal manera que prácticamente no conozca fronteras o limitaciones en tal tarea. Por lo tanto la excesiva especialización en el campo

de un solo tipo estructural creo que no le será benéfica ya que se propiciaría la tendencia a usar el único tipo estructural que conoce en la solución de cualquier problema que se le plantea, lo que equivaldría en el campo de la medicina a querer curar con un mismo medicamento todas las enfermedades existentes, sin más alegato a favor de esto, que el hecho de que sólo esa medicina es la que se conoce.

Es conveniente aclarar aquí que en el campo del dimensionamiento precisamente debido a la introducción de la computadora se ha dado un cambio fundamental ya que con los nuevos métodos matriciales se le pueden introducir a la máquina programas que están confeccionados de tal manera que en vez de que a partir de los elementos solicitatorios nos entrega dimensiones, parte al revés, esto es, nosotros le proponemos dimensiones y ella calcula los esfuerzos o las cargas admisibles lo que tiene una ventaja no pequeña precisamente en esto de la formulación de modelos o alternativas puesto que nosotros podemos alterar fácilmente la dimensión para investigar determinados resultados.

Otro punto importante a tratar es el de la optimización del sistema estructural sobre los fundamentos que actualmente usa la Ingeniería de Sistemas, esto es el hecho de que podamos por ejemplo determinar en un sistema estructural específico a partir de una función-objetivo (de costo supongamos) y deducir de ella el espaciado óptimo del sistema de apoyos, por ejemplo echando mano de los procedimientos de optimización por diferenciación, programación lineal o programación dinámica, éste es desde luego un problema que vale la pena estudiarse pero que representa un enfoque distinto al que estamos acostumbrados ya que generalmente los intercolumnios o entrejes los calculamos en función a variables no únicamente de costo o eficiencia estructural, sino de necesidades de movimiento humanos o vehiculares, pero en determinados sistemas podrían establecerse estos entrejes como resultado de una función-objetivo que tuviera como predominante solamente la eficiencia estructural, por lo que es conveniente abocarse al conocimiento de estas técnicas para poderlas poner al alcance de la resolución de problemas arquitectónicos específicos.

De todo lo anterior podemos deducir que para establecer los modelos apropiados al problema que queremos resolver, tendremos que echar mano de distintos modelos a condición que éstos sean precisamente los más adecuados a los objetivos que queremos alcanzar según la fase del análisis en que nos encontremos, así por ejemplo, tendremos que valernos, cuando se trate de dimensionar al sistema, de modelos formales tipo formalizativo estático y determinista, en cambio cuando estamos analizando las alternativas a seguir tendremos que valernos de modelos materiales o icónicos tipo réplica o cuasi réplica (2 ó 3 dimensiones) estáticos y deterministas para simular distintos estados en los que verificaremos que se cumplan las exigencias o requerimientos que hemos establecido de antemano. Es conveniente observar que cuando se trata de sistemas complejos la elección y el uso del modelo se convierte en un procedimiento que consta de diferentes fases entre las cuales una de las más importantes es la propia validación del modelo, lo que quiere decir que es necesario proceder a fundamentar las causas por las que se usa determinado modelo ya que cuando esto no sucede así es muy fácil llegar a resultados erróneos debido precisamente a que se parte de condiciones que no están debidamente fundamentadas, lo que hará que de esta manera seamos conducidos a conclusiones si no falsas, al menos dudosas e insatisfactorias.

Hay que tener presente que para llegar a la fase de simulación, tenemos que construir o dimensionar, apoyados por los modelos formales tipo formalizativo, los distintos modelos icónicos o materiales que representan cada uno de ellos las diferentes alternativas o estados por los que puede atravesar el sistema, pero que si queremos conocer o planear el procedimiento de construcción del sistema, debemos recurrir a la elaboración de modelos de tiempo por medio de las redes respectivas con auxilio de las técnicas usuales para este caso como son la C.P.^m (ruta crítica) o P.C.R.T. (técnica de evaluación y revisión de programas). Al analizar en el capítulo siguiente el problema de decisión, veremos que podemos verificar esta fase por medio de un modelo de costo.

CAPITULO XII

VERIFICACION Y DECISION.

La verificación de las hipótesis, el cumplimiento de los requerimientos en la elección de la mejor alternativa, decisión, pronósticos y juicios de valor, sus fundamentos y alcances.

La siguiente etapa que debemos abordar para fundamentar nuestras decisiones acerca del subsistema estructural, es la verificación de las hipótesis, lo que se refiere a que hemos señalado una serie de condiciones que debe cumplir el subsistema estructural con respecto a tres posiciones indispensables, y aquí quisiera hacer algunas observaciones ya que durante mucho tiempo en contacto con la realidad y la enseñanza, me he venido preguntando por qué sólo estas tres condiciones, ya que en un principio el número de variables que se me ocurrían era un número bastante elevado debido a que estaba pensando abordar el problema como un problema de diseño del subsistema estructural, lo que al final de cuentas me pareció que era un camino equivocado ya que el subsistema estructural no puede verse nunca aislado sino que forma parte del sistema edificio por lo que no puede diseñarse como un objeto aislado aún cuando responde a él mismo a condicionantes de tipo formal, psicológico, especulativo, o de otros, muy respetables todos ellos pero que forman parte de un universo que desde luego pienso que puede darse, en cuyo caso se puede considerar que son variables adicionales de las que podemos prescindir y aunque en la teoría de sistemas no se prescindir de nada por muy subjetivo que esto sea, tendríamos, si queremos incluirlas, que encontrar las medidas de eficiencia que las rigen para poder llevarlas al campo de las mediciones o comparaciones que es precisamente lo que pretendo la teoría de los sistemas. Aclarando el punto anterior, es por eso que pienso que tales categorías pueden ser reducibles a las tres que he mencionado, ya que ellas tienen como característica común el tener medidas de eficiencia perfectamente comparables entre ellas mismas lo cual indudablemente como veremos, facilita el proceso de toma de decisiones.

Estas tres condicionantes serán pues las que en cualquier fundamentación deberán ser tomadas en cuenta por lo tanto el problema que plantea el presente capítulo acerca del cumplimiento de los requerimientos consiste en verificar que se cumplan los objetivos planteados a través de los requerimientos en la triple vertiente de que hemos hablado y que consisten en las tres categorías que son aquellos que consideran el cumplimiento de la función predominante, aquellos que consideran el comportamiento en relación con los demás subsistemas y aquellos que consideran la relación entre el S.S.E y el Medio Físico. Respecto al primer grupo, podemos establecer que la condición o patrón de eficiencia que pueda medir su capacidad de permanencia es la eficiencia estructural y la duración que tenga el material que lo constituye, entendamos por eficiencia estructural el cociente que resulta de dividir la carga admisible que puede soportar un elemento dentro de un factor de seguridad considerado como constante, entre el peso del propio elemento, o sea $E = \frac{Q}{W}$, lo que viene a significar que la eficiencia estructural es una relación de pesos o cargas (en las mismas unidades) y que es directamente proporcional a la carga admisible e inversamente proporcional al peso propio del elemento considerado; como se ve, midiendo las eficiencias estructurales de cada modelo considerado estamos en condiciones de, comparándolas, tener una sola medida que nos permita tomar posteriormente una decisión. La otra medida que podemos comparar para verificar el cumplimiento de la función predominante se refiere al material o materiales constitutivos del elemento estructural cuya duración máxima pueda representar el punto límite de una escala porcentual (100%) a partir de la cual se establecen los demás valores de los distintos modelos en porcentajes, de forma análoga se puede medir la eficiencia estructural encontrando al sumar ambas un parámetro representativo del cumplimiento de la función predominante.

El segundo grupo de requerimientos cuyo cumplimiento habrá que analizar, es el que se refiere a medir o ponderar la eficiencia de la relación que el S.S.E habrá de observar con los demás subsistemas, lo que se puede hacer

tratando de encontrar cuando ésto suceda, para asentarlos en la tabla correspondiente los porcentajes de las funciones que asignadas a los demás subsistemas cumple (además de la predominante) el S.S.E. En el caso particular del S.S productor de comodidades que día a día se hace más complejo, habría que medir la capacidad del propio S.S.E de tener los huecos necesarios para alojar a dicho S.S esta bleciendo como criterio óptimo el caso en que tal S.S tuviera los espacios capaces de alojar a cada una de las instalaciones del S.S productor de comodidades y como criterio pésimo, el caso en que no se contara con tales huecos creando así un "metro" que podría porcentualmente establecer los criterios intermedios.

Finalmente al verificar el cumplimiento de los requerimientos que el Medio Físico demanda del subsistema estructural, habría que considerar el valor del coeficiente "K" de transmisión de calor recordando que mientras más pequeño sea éste para un determinado material, éste tendrá mayor capacidad aislante (1), por lo tanto comparando los distintos coeficientes "K" de cada elemento podremos establecer la escala que nos permitirá medir este requerimiento.

En el caso del régimen edílico, ésta puede considerarse dentro de los requerimientos del primer grupo ya que el viento es una carga accidental y al considerar las cargas deberá ésta tomarse en cuenta. Por lo que respecta al régimen pluviométrico, debido a que en la actualidad en nuestro país no existe una norma que proporcione un coeficiente que sea capaz de medirnos el grado de resistencia que tiene un material para soportar un aguacero determinado, ya que ni siquiera existe una medida de magnitud con respecto a este régimen con lo que el problema se complica más, pues sólo se puede medir mediante pluviómetro la cantidad de mm que se almacenan durante un determinado aguacero. Por lo que aquí el problema ofrece ciertos caracteres de indefinición que es preciso suprar para poder ofrecer una medida aceptable de este requerimiento, posiblemente

(1) La Casa Autosuficiente.
Brenda y Robert Vale,
H. Blume Ediciones
Pág. 19.

habría una forma de hacerlo, conociendo el grado de absorción de agua que el material es capaz de absorber en un tiempo y dada una pendiente determinada, estableciendo así la necesidad de usar materiales extras o acabados que sean capaces de cumplir con esta condición en caso de que el material no pueda hacerlo por sí solo, con lo cual tendríamos dos puntos claves de la escala para medir el requerimiento ocurriendo uno de ellos cuando tanto el material como sus juntas sean capaces de no absorber agua una vez establecida su pendiente y el otro punto de la escala sería aquel cuando ocurriese todo lo contrario, como este requerimiento no pueda cumplirse a medias, los valores intermedios de la escala quedarían prácticamente sin uso, y de esta forma podríamos verificar la medida de eficiencia requerida.

En cuanto al requerimiento acústico, esto representa menos problemas ya que podemos fijar el desnivel acústico medido en decibelios que requerimos comparándolo con aquel del material propuesto.

Finalmente recordemos que tratándose de la componente infraestructural, ésta está en contacto con aquella parte del medio físico que llamamos suelo, recordando que su función predominante es asegurar la permanencia del sistema por lo que debe responder en primer término a los requerimientos que ésta función le exige, pero además como participante del subsistema divisorio del espacio externo debe cumplir funciones suplementarias como son las de aislar de este medio para lo cual es necesario considerar la clase de suelo en que está sumergido el subsistema y pensar que aquí se debe plantear la posibilidad de que la componente responda al requerimiento de evitar que el suelo o alguno de sus elementos constitutivos, como son las aguas freáticas, penetren al edificio, por lo que como en el caso del régimen pluviométrico, deberá establecerse la escala que mida este requerimiento.

De hecho, con todo lo anterior, hemos entrado a la fase de la toma de decisiones, la cual, con la objetivación que hemos venido haciendo, se torna en un punto fácil de efectuar ya que tenemos a nuestro alcance todas las medidas

de eficiencia que cumple cada modelo e alternativa analizada. Además dentro de la teoría general de las decisiones, se trata de una decisión en condiciones de certidumbre por lo que el problema al usar una sola escala percentual para medir el grado en que se cumplen los requerimientos, se reduce a sumar algebraicamente los atributos obtenidos con su signo correspondiente (el costo es por ejemplo de signo negativo) aunque cabría la posibilidad de ponderar algún atributo de los expresados en la escala multidimensional del modelo para lo cual tendríamos que recurrir a uso del índice de utilidad (1), método éste que consiste en introducir un vector de "pesos" constituido por unidades que se asocian al grado de ponderación que queremos dar a cada atributo del modelo, sin embargo observamos que la escala percentual entrega resultados satisfactorias cuando no se quiere ponderar determinada atributo y que ambas maneras de evaluar constituyen una herramienta eficaz que elimina en alto grado las apreciaciones subjetivas. Es el momento de analizar por qué sólo figura el costo directo y no el total del modelo en la tabla de evaluación, a lo cual respondemos basados en la teoría del valor, recordando que existan dos clases de valores (2), el valor de uso y el valor de cambio, siendo éste último lo que se puede pagar en un mercado por determinada mercancía o servicio en función de su poder de cambio, en contraste con el primero, o sea el valor de uso, el cual está representado por la utilidad que la posesión de cierto bien o servicio tiene por sí mismo e intrínsecamente, por lo cual, en esta primera decisión que estamos tomando, pretendemos obtener información lo más objetiva posible a fin de tener a todos los modelos en las mismas condiciones, ya que el valor de cambio está sujeto, como veremos, a fluctuaciones propias de cada compañía o persona

(1) Gerez Grijalva. El enfoque de sistemas, Decisión bajo condiciones de certeza. Pág. 429.

(2) Gerez Grijalva. El enfoque de sistemas, Teoría psicológica del valor. Editorial Limusa. Pág. 398.

física que pretendiera construir el modelo y ponerlo a disponibilidad del medio circulante o mercado, esto es así ya que como sabemos, todo costo tiene un costo directo que es el precio del material, la mano de obra, con las prestaciones según una ley precisa y el desgaste de los equipos que se emplean en la manufactura, además de los costos indirectos, lo que sumados a la utilidad forman el precio o costo total del sistema, como sabemos el costo indirecto que es una parte del costo total es muy variable ya que depende de los gastos, muchos o pocos que tenga el constructor del modelo y no siempre son estos gastos proporcionales al volumen de obras que él maneja por lo que para saber, en realidad el costo de un modelo es necesario entregar cuando se efectúan concursos, modelos perfectamente definidos y totalizados para evitar que cada concursante al que se le pida que establezca su costo total, interprete a su manera el modelo y por lo tanto cada quien cotice debido a la indefinición del modelo, lo que más convenga prestándose esto a interpretaciones erróneas y costos para los que encargan en este tipo de concursos, por lo que proponemos que previo al lanzamiento de la convocatoria de concurso, cuando al monto de ella lo acredite se efectúe el sistema de decisión que aquí estamos proponiendo, ya que este procedimiento nos hará conocer características del modo como se comporta el sistema con todos los objetivos y requerimientos que hemos planteado, lo que hace que estemos en condición, al planear las alternativas de solución, evaluar lo que podríamos llamar las condiciones intrínsecas de los modelos, pudiendo dejar al modelo del costo total a un lado no porque no sirva el hacerlo sino porque a nuestro juicio, la traducción de pesos a centavos implica que como hemos venido insistiendo a lo largo de esta tesis no es lo mismo sistema que procedimiento y lo que aquí queremos dejar claro es que aunque exista una relación entre sistema y procedimiento, esta relación no es fatal en el sentido de que un procedimiento implique forzosamente a un sistema determinado, esto quiere decir que existen distintos procedimientos para construir un mismo sistema, y por lo tanto aún cuando al hablar de un sistema estructural, estamos más por fuerza de la costumbre que por otra cosa pensando en un procedimiento impli

cita de construcción de este sistema; podemos establecer que tenemos varios caminos, quizás no todos muy confiables pero sí diferentes, para acceder al mismo sistema por distintos procedimientos. Estos procedimientos por supuesto que pueden, a la luz de las nuevas teorías de redes, plantearse también como un problema a resolver con la ayuda de las modernas técnicas de la Ingeniería de Sistemas, pero quiero aclarar que por ahora no se trata, dentro del objetivo planteado examinar exhaustivamente el tema aquí propuesto sino sólo enmarcarlo dentro de una secuencia lógica de decisiones que debe seguir la persona interesada no sólo en diseñar sino en llevar al terreno de las concreciones todo lo anterior.

Como se podrá observar por medio de los modelos materiales y formales se pueden reproducir e simular los estados del sistema para analizar auxiliados por un modelo parcial de costo las alternativas, lo cual nos lleva a decidir sobre las condiciones de valor intrínseco de un modelo el cual a su vez puede analizarse bajo diferentes modelos de tiempo, ya que éste incide en los costos indirectos tales como valor del capital invertido, inflación, etc, lo que a su vez nos entrega una serie de alternativas de acuerdo con los diferentes modelos de tiempo y costo que, pueden corresponder a cada uno de los contratistas convocados a un concurso sobre la base de un modelo material optimizado, producto de la primera selección, en estas condiciones estamos escogiendo finalmente la mejor proposición en duración y precio indirecto con lo cual queda evaluado completamente el sistema y el procedimiento, por lo que estamos en condiciones de efectuar los pronósticos correspondientes acerca de sus comportamientos cumpliendo así con los objetivos que nos hemos propuesto.

**MATRIZ DE
DECISION
1ª ETAPA**

Fase 1 y 2

Fase 3

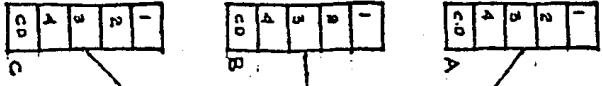
Fase 4

Fase 5

	MODELO Nº	FUNCION PREDOMINANTE	OTROS SUB SISTEMAS																MEDIO FISICO			COSTO DIRECTO		RESULTADO							
		eficiencia est:	MATERIAL				S.S. D. ESP. EXT.	S.S. D. ESP. INT.	S.S. PRODUCTOR DE COMODIDADES.								S.S. COM.	S.S. ACABADOS	Bajanten Técnico	Reg. Pluviométrica	Reg. Acústica	Suelo									
			concreto	acero	madera	otros			Comp. 15	Comp. 14	Comp. A.C.	Comp. I.E.	Comp. T.F.	Comp. T.V.	Comp. 14	Comp. inc.									Comp. p. agua	Comp. 1. esp.					
C. sup. est.	e. soportante																														
	e. soportado																														
	e. conectores																														
C. inf. est.	e. soportante																														
	a. soportado																														
	e. contenedores.																														

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

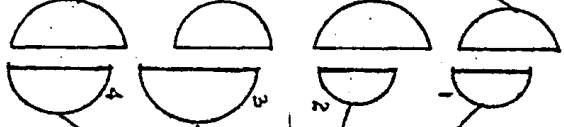
MODELOS FORMALS TRADUCIDOS A MODELOS MATERIALES



SISTEMAS

1ª ETAPA DE DECISION.

MODELOS DE TIEMPO



MODELOS DE COSTO

DECISION FINAL



PROCEDIMIENTOS

CAPITULO XIII

CONCLUSIONES Y LIMITACIONES.

Hemos llegado así al final de este trabajo que trata de resumir ciertas reflexiones llevadas a cabo durante la práctica de la profesión por un lado, y la aplicación en la docencia de ésta por el otro. Tratando de poner en uso los conocimientos adquiridos durante la maestría, conocimientos éstos que tienen muchas aplicaciones, que son herramienta fundamental para la solución de los problemas que nos plantea el ejercicio de la profesión y la docencia, cada uno en sus respectivos campos que aún cuando parecan autónomos en realidad tienen ellos una trabazón indisoluble puesto que día a día confirmo tal hecho, debido a que tengo la convicción de que los problemas que tal ejercicio nos plantea tienen su caja de resonancia en el campo de la enseñanza y que ésta solo puede ser actual si se aboca a la resolución de los problemas que en la realidad se nos presentan, por lo tanto es urgente implementar estos conocimientos para tener una herramienta capaz de ser aplicada en ambos campos. Creo que éste es un camino virgen en donde todo está por hacerse debido a que en el campo de los avances tecnológicos disponemos siempre de mejores conocimientos los que deben ponerse al alcance de todos los arquitectos que quieran emplearlos para producir la herramienta necesaria y resolver así los grandes problemas que aquejan no sólo a nuestro país sino aún a escala mundial, a grandes conglomerados humanos deseosos de compartir un espacio arquitectónico en que puedan realizar sus esperanzas de una vida mejor.

El sistema evaluativo que hemos propuesto está basado como hemos visto en la distinción fundamental entre sistema y procedimiento constructivo, consiguiendo en caso los modelos apropiados para poder con ello determinar las medidas de eficiencia claves del proceso evaluativo, el cual termina con el esquema de la página 80, partiendo del algoritmo de la página 43 .

Es conveniente aclarar que el proceso es laborioso sobre todo si se efectúa a mano, y esto sería una de sus limitaciones, pero tengo la firme convicción

de que este proceso pronto podrá efectuarse con las nuevas generaciones de computadoras que grafican y cubican los modelos, pudiendo de esta manera efectuar comparaciones, tan necesarias en el proceso evaluativo, desde luego es conveniente aclarar que el punto 1 del algoritmo en cuestión, que se refiere a la formulación de los objetivos que debe cumplir el S.S.E., por mucho tiempo quizá lo tendremos que formular personalmente y sin ayuda de la computadora, cosa que no sucede con el punto 2 en el cual sería muy útil el empleo de la máquina, ya que podrá establecer con precisión los requerimientos del espacio necesario para alojar a los distintos S.S. que están involucrados en el funcionamiento de un entrapiso, por ejemplo localizando los huecos necesarios para alojar tal subsistema como sucede en el caso de los elementos estructurales que hoy conocemos como sistemas nervados y que tiene huecos en donde pueden alojarse al menos parte de otros subsistemas, convirtiéndose estos elementos en polifuncionales, que como hemos visto resuelven de un golpe un problema al realizar ellos mismos las distintas funciones que se llevan a cabo en el sistema edificio contribuyendo así a una más alta eficiencia, lo que nos lleva a establecer un criterio para evaluar esta relación entre el S.S.E. y los demás subsistemas ya que podemos considerar por ejemplo que un elemento polifuncional, al ser construido y ser su costo inferior al de la suma de todos los elementos que viene a sustituir, por este simple hecho sabemos que estamos ante la presencia de elementos más eficaces, si bien este criterio no podemos vaciarlo en un programa de computadora fácilmente, si podemos medir los requerimientos de espacio de cada subsistema y compararlo con los huecos de nuestro sistema nervado o huecado de que hemos hablado y esto lo podremos hacer fácilmente con las nuevas generaciones de máquinas que ya tenemos a la vista, por lo que respecta al punto 3 del algoritmo de decisión, que se refiere a los recursos, es conveniente recordar que precisamente las máquinas son una memoria prodigiosa para guardar la información referente a los recursos disponibles siempre y cuando sepamos conducirla y la llevemos precisamente

el punto concreto que nos interesa, de tal manera que esta información la podamos comparar con el requerimiento preestablecido verificando de esta manera si se cumple o no con lo propuesto, hecho que tiene lugar en el punto 5 del algoritmo de decisión. Quizá en el punto 4 del algoritmo mencionado, el cual se refiere a la construcción de modelos representativos de las alternativas que es el campo propio del calculista de estructuras, sea aquel en que más utilidad preste la máquina ya que en este campo se han alcanzado en los últimos años progresos muy considerables debido precisamente, como ya lo hemos afirmado al cambio de enfoques que se ha venido logrando con el uso de los procedimientos matriciales en el cálculo de las estructuras lo que permite con el uso de la computadora actual analizar una cantidad muy respetable de alternativas, hecho éste que anteriormente no se había podido lograr precisamente por las dificultades que el cálculo manual representaba; creo que con el advenimiento de las nuevas generaciones de computadoras que grafican y cubican, éste punto puede alcanzar relevancia verdaderamente inusitada.

El último peso del algoritmo, el que se refiere a la toma de decisiones, contempla cinco fases (Ver figura de la página 79); en la primera y segunda de ellas se evalúa el cumplimiento de la función predominante del S.S.E por medio del criterio de eficiencia estructural la duración del material que lo constituye, la fase tres pondera la manera de relacionarse el S.S.E con los demás subsistemas y que mide además la parte porcentual que como función secundaria cumple ésta de las asignadas a los demás S.S.S.

La cuarta fase mide la relación entre el S.S.E y el Medio Físico, para la que también hemos establecido una escala que de antemano nos fija por medio de requerimientos a cumplir las cantidades que deban alcanzar los elementos encargados de aislar de éste medio por lo que es fácil saber si se alcanzan o no a cumplir dicho el requerimiento y si ello sucede o no sucede, en qué por ciento lo hacen o dejan de hacerlo. Por último la quinta fase se refiere al costo directo unitario el cual actúa como un factor de relación favorable o restable de los anteriores puesto que a mayor costo se reducen las posibilidades de su uso; todas estas instrucciones puedan meterse en un programa

de computadora actual y realizarse sin la menor dificultad. Lo anterior nos conduce a la elección de un sistema en el que todas las cantidades que hemos acumulado nos informan del comportamiento del mismo, entregándonos datos completos acerca de su valor intrínseco o de uso, por lo que tenemos ya un punto de apreciación que se completa cuando analizamos los procedimientos que tenemos que efectuar para la construcción del sistema, procedimientos analizables por medio de las rutinas del análisis de Redes, ya sean el P.C.R.T. o el C.P.M. de los cuales existen actualmente programas suficientemente desarrollados para su uso en las computadoras actuales, si a éste se le añade la construcción del modelo de costo correspondiente para investigar la incidencia que en los costos indirectos tiene el factor tiempo que ha sido programado a través de los sistemas de redes, tenemos finalmente un panorama completo que nos informa en este segundo caso del valor de cambio o extrínseco del sistema y procedimiento que queremos emplear y es sólo cuando hayamos realizado toda esta rutina cuando podremos tomar una decisión y establecer un pronóstico. Hemos dado aquí fin a este ensayo que pretenda fundamentar las decisiones teóricas en que deben apoyarse la toma de decisiones, es posible que a alguien le parezca que es un procedimiento complicado y tedioso, pero hemos tratado a lo largo de todo el trabajo de fundamentar cada uno de los pasos que damos y creemos que aunque así sea, el camino correcto aún cuando largo, es el que presentamos, con las limitaciones que hemos señalado, aunque creemos que con el auxilio de las máquinas se puede simplificar mucho, pero estamos convencidos de que ese es el camino y no otro y en esa disposición esperamos el sano juicio de quienes deban juzgar si este trabajo cumplió o no con lo que se propuso.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) Systems Analysis for Engineers and Managers.
Richard de Neville and Joseph H. Stafford.
Mc Graw Hill.
- 2) Sistemas y Procedimientos.
Victor Lazzero.
Ed. Diana.
- 3) Sistemas arquitectónicos y Urbanos.
Alvaro Sánchez.
Ed. Trillas.
- 4) Introducción a una Morfología Arquitectónica.
José Villagrán García.
Ed. El Colegio de México.
- 5) Diccionario de Filosofía.
Araguano.
F.C.F.
- 6) Enciclopedia de la Técnica y la Mecánica.
Ed. Neuta Barcelona.
- 7) Razón y Ser de los Tipos Estructurales.
A. Torreja.
Artes Gráficas M.A.G.
- 8) Manual del Constructor.
Revista de Ingeniería Internacional.
Mc Graw Hill.
- 9) The Shell Builder.
F. Candela.
Ed. Colin Faber.
- 10) Frei Otto Estructuras.
Conrad Roland.
Ed. Gustavo Gill. S.A.
- 11) La Ciencia, su método, su filosofía.
Mario Bunge.
Ed. Siglo Veinti.
- 12) El Método Científico.
Arturo Rosenbluth.
Conacyt México.
- 13) El enfoque de sistemas.
Gerez Grijalva.
Ed. Limusa.
- 14) The Role of Models in Science.
N. Wiener A. Rosenbluth.

15) Aislamiento Térmico y Acústico.
Miguel Payá.
Editorial Casc.Barcelona España.

16) La Casa Autosuficiente.
Branda y Robert Vale.
H.Blume Ediciones.