

24
124

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



**LOS SISTEMAS Y LA CREATIVIDAD
EN LA INGENIERIA CIVIL**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A:**

LUIS FELIPE MEDELLIN GAMBOA

MEXICO, D. F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



REPUBLICA NACIONAL
URUGUAY

Al Pasante señor LUIS FELIPE MEDELLIN GAMBOA,
P a s a n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Dr. Jesús Acosta Flores, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniería CIVIL.

"LOS SISTEMAS Y LA CREATIVIDAD EN LA INGENIERIA
C I V I L "

Introducción.

1. Enfoque de sistemas.
2. Creatividad. Qué es y cómo desarrollarla.
3. Ingeniería Civil.
4. Enfoque de sistemas en algunos problemas de la ingeniería civil.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 13 de abril de 1982
EL DIRECTOR



ING. XAVIER JIMENEZ ESPINOSA

JJE/OBLH/ser

CONTENIDO.

	Introducción.	2
1.	Enfoque de Sistemas.	4
2.	Creatividad: Qué es y cómo desarrollarla.	10
3.	Ingeniería Civil.	19
4.	Enfoque de sistemas en algunos problemas de la ingeniería civil.	24
	Bibliografía.	32

INTRODUCCION.

La idea del presente trabajo surgió cuando decidí cursar la materia El enfoque de sistemas y sus aplicaciones, impartida ésta en la división de estudios de posgrado de la Facultad de Ingeniería.

En pláticas previas con el profesor que impartiría la materia, Dr. José J. Acosta Flores, me sugirió que considerara la posibilidad de desarrollar algún tema con respecto a la creatividad aplicada en la Ingeniería de sistemas y en particular a la Ingeniería Civil. En aquel momento desconocía totalmente el tema, pero la idea debería desarrollarse para ser transmitida en un pequeño trabajo.

El presente trabajo se divide en cuatro capítulos - en el primero se describirá el enfoque de sistemas como una manera de pensar, según la idea desarrollada por C. West - -- Churchmann, se plantearán los razonamientos que nos permitirán afrontar cualquier problema, no únicamente problemas de Ingeniería, sino que los razonamientos se pueden aplicar a -- cualquier tipo de problemas, la idea radica en explicar el -- problema analizándolo como integrante del sistema al cual pertenece.

En este primer capítulo nos daremos cuenta que esa particular manera de pensar, nos sugerirá, en cierta manera, pensar creativamente respecto a la comprensión del problema para su solución. Esto dará cabida a un segundo capítulo donde en forma muy somera trataré de explicar qué es la creatividad y cómo puede desarrollarse, para ello me apoyaré en los -

estudios desarrollados en psiquiatría y psicología, así también en las técnicas que a nivel de administración se han llevado a cabo a manera de intentos para desarrollar cualidades creativas.

Dado que mis estudios están encaminados a la Ingeniería Civil, decidí considerar en el tercer capítulo esta rama de la Ingeniería. En él brevemente explicaré qué es la Ingeniería en general, cuál es el trabajo cotidiano, cuáles las aptitudes, cuáles los beneficios de una educación en Ingeniería y en dónde deberá situarse la intervención de la creatividad en la Ingeniería Civil. Edward V. Krick y Hardy Cross serán mis puntos de referencia para este tercer capítulo.

En el cuarto y último capítulo intentaré relacionar los conceptos desarrollados en los capítulos anteriores ejemplificando sobre algunos problemas de la Ingeniería Civil.

Mi deseo para quien lea el presente trabajo será haber despertado su curiosidad para que autoanalice la manera en que acostumbra solucionar los problemas que se le presenten.

CAPITULO I. ENFOQUE DE SISTEMAS.

La palabra sistema se ha convertido tan popular que nos es común escuchar que existe un sistema para cada cosa y a su vez éste pertenece a un sistema más amplio. De esta manera diremos que el enfoque de sistemas es una manera de pensar es decir, de explicar o razonar respecto a aquello que llamamos sistema.

Entonces, es lógico suponer que tratándose de una manera de pensar no existe una única manera. En nuestro caso-particular diremos que existen cuatro enfoques distintos: - -
1) Para los que un sistema debe buscar la máxima eficiencia;-
2) Los que utilizando la ciencia explican en forma objetiva - el funcionamiento del sistema y hacen énfasis en la construcción de un modelo para el sistema; 3) Los humanistas para - - quienes el enfoque debe ser hacia los valores humanos evitando cualquier tipo de imposición; 4) Los opositores de la planeación, éstos argumentan que el enfoque de sistemas debe ser llevado a cabo por alguien que tenga experiencia y que cualquier intento de modificarlo a través de planes y modelos es peligroso.

En general las principales características del enfoque de sistemas se fundamentan en su preocupación por la totalidad del sistema, para ello se parte de un objetivo general y de aquellos subobjetivos que permitirán obtener el objetivo general.

Es obvio que para alcanzar el objetivo general debe

rá seguirse un plan donde se contemplen las actividades a realizar según las distintas alternativas no olvidando que existe la posibilidad de fracasar en algunas de ellas, esto quiere decir que deberán contemplarse las medidas alternativas a seguir en caso de que ocurriera algún fracaso.

Una característica muy importante que nos permitirá controlar nuestro enfoque consiste en la administración del sistema, esta parte del enfoque vigilará que lo planeado se cumpla y que las medidas estén dirigidas para lograr el objetivo general.

Es importante hacer notar que el enfoque de sistemas tendrá que modificar nuestra acostumbrada forma de razonamiento, pues generalmente tendemos a describir y no a pensar en la finalidad, en el momento que comencemos a pensar en términos de la finalidad y no de la estructura de las cosas, estaremos pensando en términos de sistemas.

SISTEMAS.

Existen gran número de definiciones de esta palabra, sin embargo, la mayoría esta de acuerdo en que un sistema es un conjunto de partes coordinadas para lograr un conjunto de metas.

El enfoque de sistemas científico sigue la siguiente serie de razonamientos que si bien están numerados no quiere decir esto que el proceso de razonar deberá seguirse en ese orden en particular, más bien deberá tenerse presente ir verificando los razonamientos conforme se avanza al pensar en el sistema.

Son cinco las consideraciones al razonar acerca del significado de un sistema:

- 1.- Objetivo general y sus medidas de actuación.
- 2.- El medio ambiente: restricciones fijas.
- 3.- Los recursos del sistema.
- 4.- Los componentes del sistema, sus actividades, - metas y medidas de actuación.
- 5.- La administración del sistema.

Puesto que el enfoque de sistemas parte de un objetivo general es importante distinguir entre los objetivos señalados y los objetivos verdaderos. Es muy común recalcar lo obvio, es decir lo que entendemos por el objetivo descuidando realmente cuál es la actuación del sistema. Cuando actuamos - para lograr el objetivo verdadero del sistema debemos considerar la posibilidad de sacrificar con pleno conocimiento algunas metas para así lograr el objetivo.

Para evitar divagaciones al respecto, es necesario tener una medida de actuación del sistema que nos permita decir qué tan bien opera el sistema. Esta medida conduce al conocimiento del logro de los objetivos reales del sistema. De esta manera la medida de actuación deberá tomar en cuenta todas las actividades del sistema.

El medio ambiente del sistema es lo que está afuera del sistema y determina cómo opera éste.

No es sencillo delimitar el medio ambiente pues no siempre se logrará definir perfectamente cuándo algún aspecto

del mundo está fuera del sistema y no está sujeto a ningún -- control. Un buen método para decir si algún aspecto pertenece al medio ambiente del sistema será preguntarse si éste influye en el logro del objetivo general.

Cuando pensamos de esta manera estaremos definiendo quiénes influyen sobre el sistema, es decir, quiénes toman de cisiones que afectan su comportamiento.

Los recursos del sistema son los medios utilizados para hacer sus trabajos, éstos están dentro del sistema y pueden cambiarse y utilizarse para su propio provecho.

Al igual que el ambiente del sistema resulta difícil pensar acerca de los verdaderos recursos, pues es común pensar que los recursos únicamente se miden en términos de su cantidad y no de su calidad.

La determinación de los recursos es importante sobre todo cuando alguna situación dentro del mismo sistema permite crear mejores recursos para el futuro, esto podría lograrse bien al través de avances tecnológicos, por medio de investigaciones o entrenamiento y educación del personal.

El cuarto elemento del razonamiento, las componentes del sistema, se refiere a los actos específicos del mismo. El enfoque científico no dividirá al sistema para explicarse sus actos, más bien definirá las misiones, tareas o actividades básicas que el sistema deba realizar para alcanzar el objetivo general.

Cuando dividimos al sistema en misiones podemos determinar el valor de una actividad para el sistema total, es-

decir, estamos obteniendo un tipo de información que nos podrá decir cual será el siguiente paso a seguir.

La meta del razonamiento en función de las misiones del sistema será comparar las medidas de actuación de cada misión y ver si están verdaderamente relacionadas con la medida de actuación del sistema en general. No necesariamente al aumentar la medida de actuación de una componente deberá aumentar la medida de actuación del sistema total. Pues habrá ocasiones en que se aumentará la magnitud pero esto en detrimento de la calidad.

El último aspecto del enfoque de sistemas es la administración, éste se refiere a la generación de planes, metas, asignación de recursos y control de la actuación del sistema.

Debemos tener en cuenta que el administrador científico no es un hombre de decisión sino solamente un hombre con ideas, esto es vital pues generalmente él se considera fuera del sistema cuando en realidad es un componente más del mismo

Una función muy importante de la administración es vigilar que los planes se lleven a cabo de acuerdo a las ideas originales; evaluarlos y si es necesario modificarlos. Para lograr esto el administrador científico deberá crear un sistema de información que le proporcione la información para proceder a actuar de la manera más conveniente en el momento más oportuno.

Hemos mencionado que el enfoque de sistemas se preocupa por la totalidad del sistema, también dijimos que deben-

considerarse las medidas alternativas en caso de fracaso. Por lo regular cuando planeamos (el enfoque de sistemas también puede aplicarse a la planeación, no entraremos en detalles -- respecto a este punto, pues no es el objetivo del presente -- trabajo) estamos seguros que "Todo saldrá bien", con esto -- quiero decir que tendemos a bloquearnos, a únicamente pensar en el éxito y en ningún momento prevenimos, esta es una costumbre muy generalizada y deberá evitarse cuando utilicemos el enfoque de sistemas.

En forma similar a el pensamiento encaminado al éxito de lo que hemos planeado, estamos más acostumbrados a describir las cosas que a pensar en su finalidad, cuando pensamos en función de la finalidad estaremos dispuestos a modificarlas.

Razonar en términos de misiones tampoco es sencillo, pues tratándose de una empresa tendemos a dividirla en departamentos, jefaturas, oficinas, subdirecciones, etc., pocas veces o bien nunca pensamos en cuáles son las misiones que se deben desempeñar para lograr el objetivo de la empresa.

En suma estamos de alguna manera sugiriendo la posibilidad de que, para realizar el enfoque de sistemas deberemos poseer ciertas habilidades creativas, pues de otra manera en enfoque de sistemas que proporcionemos no logrará explicar el problema. ¿Cuáles son esas habilidades creativas? ¿Cual -- quier persona puede poseerlas?. En el siguiente capítulo trataremos de responder a estas preguntas.

CAPITULO II.
 CREATIVIDAD, QUE ES Y COMO DESARROLLARLA.

Decir algo respecto de la creatividad es adentrarnos a un campo de grandes controversias, sin embargo, trataremos de resumir en este capítulo tan solo parte de este tema tan -- amplio.

Existen diversas opiniones respecto a qué es la creatividad, a continuación daré las acepciones de diversos auto--res:

- | | |
|---------------|--|
| G. Wallas | (1926) "Es un proceso natural del <u>pensamien</u>
<u>to</u> , es el arte de pensar". |
| F.C. Bartlett | (1958) "Es el pensamiento intrépido con al-
<u>tos niveles de pericia</u> ". |
| E.W. Sinnott. | (1959) "Es una característica de la materia
<u>viva</u> ". |
| A.J. Cropley | (1967) "Los individuos creativos se caracte-
<u>rizan por dominar cognoscitivamente</u>
a) un amplio manejo de datos.
b) habilidad para tomar riesgos.
c) habilidad para llevar a cabo algo
d) altos niveles de flexibilidad. |

Observamos que en esta última acepción se están invo-
lucrando procesos inconsientes que generan la actividad creati
va del individuo.

En particular S. Freud (1910) escribió respecto a --
los artistas y en especial del genio de Leonardo de Vinci, ase-
gura que el trabajo creativo de éstos es una manera de subli--
mar los impulsos reprimidos. Mientras tanto L.S. Kubie en 1958

dice que es más fácil bloquear la inspiración originada en -- los niveles, preconscientes que los causantes de la neurosis.-- Otro autor, también psiquiatra, C.R.Rogers ve a la creativi-- dad como un proceso de autorealización de la sensibilidad par-- ticular del individuo y de su bien integrada personalidad - - (1954).

La mayoría de los autores están de acuerdo en que -- la creatividad es un proceso y como tal lo describen en fun-- ción de las aptitudes que posee el individuo creativo tales -- como: fluencia de pensamiento, producir asociaciones de pala-- bras; flexibilidad de pensamiento, asociada a la producción -- de distintas ideas; originalidad; redefinición y elaboración. Estas son propias del pensamiento divergente, es decir, de -- aquella manera de pensar donde se hace énfasis en las activi-- dades de investigación con libertad de ir hacia cualquier di-- rección sin la necesidad de algún orden para perfeccionar la-- obra.

A medida que el tiempo ha transcurrido el significa-- do de la creatividad ha ido tornándose de ser una cualidad -- fuera del control del ser humano en una que si lo es, quiero-- decir con esto que actualmente estamos convencidos de que la-- creatividad puede motivarse, sabemos también que ciertas for-- mas de actuar bloquean e incluso aniquilan la creatividad del individuo, me estoy refiriendo principalmente a la forma en -- que hemos venido acostumbrando a proporcionar la enseñanza no solo la que se nos da en los años escolares sino también la -- que la misma sociedad nos ofrece. Existe un deseo de formar -- individuos conformistas, estereotipados, esto se refleja en -- la mayoría de las actividades diarias que desempeñamos, la --

enseñanza, las diversiones, la vida familiar, el rechazo a -- aquellas ideas o proposiciones que impliquen algún cambio de lo acostumbrado.

Quienes investigan y estudian la creatividad se han abocado principalmente a definir las cualidades del individuo creativo o bien del proceso creativo, parten generalmente de la base de que la creatividad existe y lo que nos resta por hacer es proporcionar una serie de medidas que permitan al individuo creativo acrecentar esa cualidad, en ningún momento se niega que la creatividad pertenezca a un cierto tipo de -- persona, en general es parte de cualquier ser humano.

Si hemos estado diciendo que la creatividad posee una serie de características muy particulares debemos, entonces, determinar alguna manera de medirlas. Actualmente existen una gran variedad de test o pruebas psicológicas para medir aisladamente un aspecto o aptitud de la creatividad. La siguiente es una lista de los más aceptados.

- Torrance (1962) "Minnesota Test of creative thinking" se -- trata de una batería de test en las que se miden flexibilidad, elaboración, fluencia, originalidad y pensamiento divergente en general".
- Barron (1958) "Producción de palabras" para medir originalidad".
- Guilford (1956) Batería de test sobre creatividad.
- Flanagan (1963) Test de "Inventiva".
- Mednick (1962) Test de "Asociaciones remotas" para medir fluencia.

Kent- Rosanoff. Test "Asociación de palabras" para medir fluencia y flexibilidad.

Un inconveniente muy común en la mayoría de los test de creatividad es que éstos dependen del manejo de materiales verbales, prácticamente no se poseen escalas para medir con la utilización de materiales no verbales. Existen algunas pruebas a base de manchas de tinta pero su calificación esta envuelta en controversias.

Respecto a la manera de desarrollar la creatividad los autores están de común acuerdo en que deben proporcionarse una serie de condiciones al individuo para desarrollarla. Por ejemplo, Torrance recomienda lo siguiente:

- 1) Proporcionar al individuo altamente creativo un refugio;
- 2) Ser su padrino o benefactor si el subsistema le ejerce presión;
- 3) Ayudarle a comprender su divergencia;
- 4) Dejar que comunique sus ideas;
- 5) Esforzarse para que su talento creativo sea reconocido y recompensado;
- 6) Ayudar a los padres (autoridades, etc) a entenderle.

En la forma más teórica C.R. ROGERS recomienda -- que la creatividad puede acrecentarse cuando le proporcionamos al individuo seguridad psicológica, ésta se compone de:

Aceptación del individuo y sus logros; proporcionar un ambiente en el cual la evaluación externa este ausente; comprensión empática del individuo creativo, significando esto una verdadera aceptación del individuo, de sus sentimientos y su forma de proceder. La segunda condición de Rogers consiste en proporcionar libertad psicológica del individuo, esto se refiere a una completa libertad de expre

sión simbólica, ello quiere decir una completa libertad de -- pensar, de sentir, de ser.

A manera de experimentos Torrance, Getzels, Jack-- son, Haddon y Lytton han observado que la escuela juega un pa pel muy importante en el desarrollo de la creatividad.

Ambos investigadores están de acuerdo en que las- influencias ambientales más fuertes están en el hogar, en la- escuela y en el proceso de comunicación de la sociedad como - un todo, también parece ser que la creatividad se incrementa- con la edad de la misma forma que lo hace la inteligencia ver- bal.

Torrance principalmente se ha abocado a estudiar- a niños y su interés radica en que es muy importante que des- de pequeño el individuo desarrolle esa seguridad de expresar- su pensamiento divergente, en especial ha realizado estudios- donde se compara la inteligencia y creatividad y ha llegado a determinar que altos niveles de creatividad no necesariamente corresponden a altos niveles de inteligencia, al igual que -- Getzels y Jackson los hallazgos sugieren una mayor apertura a la experiencia, más flexibilidad, menos convencionalismo, más alegría, más agresividad y más independencia y autodirección- en los altamente creativos que en los de alto C.I. (Coeficien- te intelectual).

Haddon y Lyton concretaron su estudio en la compa- ración de el tipo de enseñanza que ellos nombraran, formal o- tradicional, en este tipo de escuela se hace énfasis al pensa

miento convergente y a la enseñanza autoritaria, y la informal o escuela abierta donde se hace énfasis al autoaprendizaje y a las actividades creativas. Sin utilizar el término creatividad sino el de pensamiento divergente Haddon y Lytton encontraron que definitivamente es muy significativo el desarrollo de las cualidades del pensamiento divergente, en las escuelas informales (abiertas), dependen en sí del modo de enseñanza.

Hasta ahora hemos hablado respecto a la manera de desarrollar la creatividad una vez que ha sido detectada o bien lo que se puede hacer para que los niños del presente reciban una enseñanza enfocada a desarrollar las cualidades creativas, pero, con respecto a los adultos ¿ qué puede hacerse, será posible?.

Actualmente para desarrollar la creatividad en organizaciones y en general en personas adultas se han desarrollado una gran cantidad de técnicas de entrenamiento.

Herbert G. Hicks (1972) reproduce un cuadro de Garp-A. Steiner donde por un lado se tienen las características del individuo creativo y por el otro los de una organización creativa, ambas características son muy semejantes y lo que se pretende demostrar es que mientras más creativamente se este preparado mejores serán las soluciones que se logren.

En general todas las técnicas de entrenamiento se caracterizan por manejar dos reglas básicas: 1) eliminar la evaluación en la etapa de producción de ideas y 2) tomar en cuenta todas las ideas.

Hicks, clasifica a las técnicas en cuatro categorías

analíticas, de libre asociación, de relación forzada y eclécticas.

Las técnicas analíticas se caracterizan porque en ellas se ponen a discusión la finalidad de lo que se quiere resolver bien sea a través de listar sus atributos, para lograr alguna modificación o bien en términos de entradas, salidas, transformación de elementos o combinación de ellos.

Las técnicas de libre asociación fueron de los primeros intentos para desarrollar la creatividad. Las técnicas se pueden aplicar al pensamiento en grupo como al individual. Existen tres técnicas bastante generalizadas.

El "brainstorming" o tormenta de ideas se basa en cuatro reglas: 1) se prohíbe la crítica adversa; 2) la libertad es bien recibida; 3) se quiere cantidad y 4) se busca la combinación y la improvisación. Con el "Brainstorming" solo pueden ser atacados ciertos tipos de problemas.

La técnica de Gordon o sinéctica, "poner juntos -- elementos diferentes y aparentemente irrelevantes", depende de dos mecanismos, hacer lo extraño familiar y hacer lo familiar extraño. Para ello se manejan cuatro métodos. 1) analogía personal; 2) analogía directa; 3) analogía simbólica y 4) fantasía. La sinéctica se dirige al preconscious para estimular la cantidad y complejidad de combinaciones mediante el uso de la metáfora, el símbolo y la fantasía. Al igual -- que el "brainstorming" se pueden aplicar en grupo o en forma individual.

La técnica de murmullos de Phillips 66 se basa en formar grupos pequeños de tormenta de ideas como integrantes de un grupo bastante numeroso.

Las técnicas de relación forzada, al igual que las analíticas son útiles para casos muy específicos. En las técnicas de relación forzada se busca forzar la relación entre cosas, ideas, objetos, etc., se utilizan para ello catálogos, listas u objetos.

Los métodos eclécticos utilizan lo mejor de muchas técnicas distintas.

Como podrá observarse éstas técnicas de entrenamiento pretenden fundamentalmente desarrollar en el individuo o grupo de individuos cierta habilidad de pensamiento divergente. Consideran también necesario que dentro de la organización se permita la manifestación de ideas y disminuir la resistencia al cambio.

Bien ha dicho Ackoff en su libro "The art of problem solving" (1978) que es rara la enseñanza de la creatividad y el valor o ánimo, pues generalmente nuestro impedimento para solucionar problemas creativamente es por nuestras propias restricciones autoimpuestas, de esta manera es necesario remover dichas restricciones.

Las técnicas de entrenamiento para desarrollar la creatividad de alguna manera contribuyen a remover esas restricciones autoimpuestas, después de todo, se busca que el individuo desarrolle la habilidad de innovar, de crear algo nuevo o de analizar el problema en forma diferente, sin limi

taciones, tal vez rediseñando.

Arthur D. Hall en su libro "Ingeniería de Sistemas (1964) dice "Las funciones de la Ingeniería de Sistemas al igual que otras actividades de la Ingeniería requieren un alto grado de creatividad", en el siguiente capítulo trataré de describir cómo en la Ingeniería Civil podemos utilizar la creatividad.

Tomemos la siguiente definición de Ingeniería atribuida a Hardy Cross:

"Ingeniería es el arte de planificar el aprovechamiento de la tierra, el aire y el uso y control del agua; -- así como de proyectar, construir y operar los sistemas y las máquinas necesarias para llevar el plan a su término".

Sin ser explícita en la definición se da a entender que la Ingeniería se encarga de solucionar los problemas que tiene el hombre dentro de la naturaleza y de la sociedad en general.

No confundamos Ingeniería con ciencia, ésta última tiene como objetivo primordial acrecentar el conocimiento humano, mientras que la Ingeniería hace uso de esos conocimientos para satisfacer alguna necesidad del hombre. La ciencia se caracteriza por la investigación y la Ingeniería por el diseño.

En particular la Ingeniería Civil se encarga de -- obras civiles o conjuntos de obras civiles. Fundamentalmente las obras de la Ingeniería Civil satisfacen las necesidades materiales del individuo: habitaciones para la vivienda; caminos, aeropuertos y vías férreas para la comunicación; agua potable y alcantarillados para la salud; obras hidráulicas -- para la agricultura y generación de electricidad, en fin lo que los economistas acostumbran llamar la infraestructura de un país.

Así vemos que el trabajo cotidiano del Ingeniero Civil consistirá en proyectar y construir y en muchas ocasiones operar y proporcionar el mantenimiento a las obras, no quiero decir con esto que el Ingeniero que proyectó, necesariamente, deba ser el mismo que construye, opera y mantiene la obra, lo que quiero decir es que dentro de la misma Ingeniería Civil - existen distintas etapas llevadas a cabo por distintos Ingenieros Civiles y generalmente por Ingenieros de otras especialidades.

Los planes de estudio para capacitar a el alumno y lograr de él un Ingeniero Civil, están basados generalmente - en la premisa de que, a través de cierto número de cursos y - de el tipo de estos se logrará al final un Ingeniero.

De esta manera se contemplan una serie de conocimientos básicos para la preparación de cualquier Ingeniero, - ello incluye cursos de ciencias físicas básicas, ciencias físicas aplicadas: electricidad, termodinámica, etc. matemáticas, dibujo, y otros conocimientos no-técnicos.

Puesto que la Ingeniería Civil es una de tantas especialidades de la Ingeniería, la preparación de éste requiere de una serie de cursos específicos, es decir, conocimientos en las siguientes áreas: construcción, estructuras, geotecnia, hidráulica, sanitaria, sistemas, planeación, topografía y geodesia.

Al término de los estudios profesionales, en promedio de cuatro a cinco años, se pretende haber desarrollado en el alumno una serie de habilidades y actitudes para la profesión que ejercerá, generalmente esta preparación representará

tan solo las bases para continuar el automejoramiento.

La mayoría de las obras de Ingeniería tienen que ver con la sociedad, es decir, el Ingeniero debe ser capaz de prever el impacto que sus obras pueden causar. Poco o casi nada de esto se logra transmitir en la mayoría de los cursos de Ingeniería. Existe una contradicción muy marcada, el Ingeniero realiza obras para el "uso y conveniencia del hombre", pero en general, y es donde radica la contradicción, no se estudia, ni siquiera se considera, esa conveniencia para el hombre. Se cree que si proporcionamos más cursos de disciplinas sociales y humanísticas podremos desarrollar en el Ingeniero el interés por la sociedad y así hacer que cuide de su bienestar. En la carrera de Ingeniero Civil de la Facultad de Ingeniería de la UNAM este grupo de materias únicamente representa el 6.4% de los créditos requeridos para obtener la licenciatura, es lógico suponer una deficiencia en este tipo de temas, sin embargo, como bien hace notar Hardy Cross: "estas disciplinas aparecen cuando se aplican los principios de la Ingeniería en la planificación de obras de esta naturaleza". Personalmente puedo afirmar que por parte de los mismos alumnos existe un gran rechazo a este grupo de materias, de alguna manera no se ha sabido transmitir la importancia de éstas.

La función primordial de la educación de un Ingeniero debería estar encaminada a desarrollar la capacidad de síntesis, es decir, que pueda tomar la información de los distintos cursos que se le imparten, para de ellos integrar un todo. Poco se hace el respecto, pues, es más fácil ense--

ñar reglas que enseñar a pensar, además es mucho más difícil evaluar el pensamiento.

He mencionado esto último como preámbulo a la creatividad en la Ingeniería Civil, ya en el capítulo anterior - afirmé que la creatividad es susceptible de enseñarse. Pues bien, qué se hace en los distintos cursos, de Ingeniería para acrecentar la creatividad. Me atrevo a decir que no se ha ce nada significativo, es decir, cuando en algún curso se -- menciona que debemos tener mente abierta, ser innovadores, - ser creativos, únicamente se esta exhortando pero no se hace nada en concreto, por el contrario, la enseñanza sistematizada llega a aniquilar la imaginación, la mayoría de los cur-- sos estan encaminados a cómo hacer las cosas y no a el por - qué se hacen de esa manera o al cómo podrían hacerse.

Sería muy conveniente que hubiera cursos encamina-- dos a desarrollar la creatividad y deberían ser dirigidos a-- alumnos en los primeros cursos de su especialización. Cursos similares son impartidos en algunas universidades norteamericanas y han dado resultados satisfactorios. No debemos per-- der de vista que lo importante es desarrollar las habilida-- des creativas pues se ha comprobado que éstas no se olvidan-- fácilmente.

¿Por qué debe interesarnos la creatividad en la ingenería civil?. México es un País con grandes problemas y - aunque el ingeniero no es el tomador de decisiones, según lo definimos en el primer capítulo, sí es un hombre con ideas y éstas deberán ser tales que permitan en gran parte afrontar--

los problemas nacionales. Sabemos que actualmente es técnicamente posible resolver la mayoría de los problemas del ser humano pero también sabemos que la solución a considerar puede ser contraria a los intereses de un cierto grupo.

Existen además ciertos tipos de problemas de Ingeniería aún no resueltos, por ejemplo: los desperdicios sólidos y basura; vivienda; contaminación ambiental y muchos - - otros que requerirán de soluciones no convencionales, esto - no quiere decir, necesariamente, que la solución creativa deba ser aceptada, muchas veces puede o no suceder esto, pues es posible que la solución creativa exija un cambio de estructura y esto no es muy bien visto. Veamos si el enfoque de sistemas es un medio para lograr soluciones creativas.

CAPITULO IV.

El primer ejemplo que mostraré sera referido al -- aeropuerto de la ciudad de México. Antes de definir el sistema tengamos presente algunos problemas que presenta el aeropuerto de la ciudad de México, ellos son:

- a).- La operación es muy costosa en lo que respecta al mantenimiento de las pistas, motivado esto por el constante-hundimiento de las mismas.
- b).- El tamaño del aeropuerto, no es el adecuado para la demanda de vuelos actuales motivando con ello que los tiempos de aterrizaje y despegue sean grandes. Además esto limita a que el aeropuerto reciba cierto tipo de Aeronaves.
- c).- El aeropuerto se encuentra localizado dentro del marco-urbano lo que ocasiona problemas de salud en el público

La intención del presente ejemplo no es proporcionar la solución que sea compatible a estos tres problemas. - Unicamente me concretare a dar el enfoque de sistemas al aeropuerto de la ciudad de México, para ello seguiremos los pasos del razonamiento de sistemas que fijamos en el primer capítulo debo, también, aclarar que haré ciertas consideraciones simplificadorias. Recuerde que el orden de seguirlos no es una restricción.

El objetivo general del sistema podriamos enunciar lo así; Se pretende proporcionar al usuario un servicio que le evite demoras. Nótese que el planteamiento en esta forma-parte del supuesto de que, al momento en que el usuario llega al aeropuerto para tomar el avión que lo conduzca a su --

destino se busca que no demore su partida. Análogamente diría mos cuando éste venga de su origen, que no demore su aterrizaje ni tampoco la serie de operaciones que debe cumplir tales- como, entrega de equipaje, aduana, etc... Quiero decir con esto que únicamente nos estamos concretando al sistema aeropuerto de la ciudad de México, sin considerar que éste es parte - de uno más grande, el sistema de aeropuertos de la república- mexicana y aun del sistema de aeropuertos mundial.

En nuestro caso, el decisor sería la SCT pues dicha Secretaría de Estado sera quien establezca las recomendacio-- nes para el logro del objetivo.

Esto no quiere decir que la decisión última sea la- más conveniente.

Las componentes del sistema quedan definidas por -- las siguientes actividades: 1) mantenimiento, en esta activi- dad está incluida el mantenimiento en pistas, instalaciones - interiores, edificios y aeronaves; 2) seguridad, se tendrá co- mo actividad el poseer el personal y equipo para afrontar si- tuaciones que atenten contra la seguridad del aeropuerto, así como también los reglamentos y leyes; 3) información, para lo- gar el objetivo será preciso que no surjan demoras motivadas por la falta de orientación por lo que deberá realizarse la - actividad señalada con el fin de orientar, guiar, etc; 4) con- trol, las acciones a realizar se enfocarán al control de vue- los, aterrizaje, despegue y verificación del estado del tiem- po; 5) carga y descarga, se llevará a cabo el manejo de mate- riales y equipajes transportados; 6) similarmente la activi- dad de ascenso y descenso de pasaje, requerirá de instalacio--

nes, equipo y personal especializado; y 7) asesoría técnica, del tipo de planeación y vigilancia respecto al hundimiento de las pistas así como el comportamiento de los vuelos nacionales e internacionales, oferta y demanda de pasajeros.

Como se ve las actividades son muy generales y pueden ser realizadas por diversos grupos de personas sin que mantengan una relación directa, pero si están encaminadas a la obtención del mismo objetivo.

Por lo anterior, el medio ambiente lo constituyen las aeronaves, los departamentos de; policía, bomberos, inmunicaciones, la aduana, el señalamiento en pistas y en las -- instalaciones interiores del aeropuerto, el sistema de sonido y altavoces, la torre de control, los departamentos de paquetería y equipaje, los almacenes, las instalaciones para ascenso y descenso de pasaje, talleres, hangares, las condiciones climatológicas, el espacio destinado al aeropuerto, -- el hundimiento de las pistas y su ubicación dentro de la ciudad.

Los recursos con que cuenta el sistema son el personal de las compañías aéreas así como los sindicalizados y el equipo para realizar las distintas actividades así como -- también las aportaciones del gobierno federal bien sean económicas, legales o técnicas.

La administración del sistema se llevará a cabo -- por medio de un sistema de información que transmitirá a la administración del sistema el curso de las diferentes tareas a realizar, vigilando que se cumplan conforme al plan gene--

nal encauzadas al objetivo del sistema o bien llevando a cabo los ajustes correspondientes si surgen desviaciones, el patrón de medida sera, el costo hora-hombre perdido por motivo de el retraso en el proporcionamiento del servicio, más el costo total de operación del sistema por las demoras sufridas.

Una vez que hemos descrito el sistema no hemos dicho nada acerca de la manera de solucionarlo. La ventaja de haber descrito el problema como un sistema nos da una serie de ventajas para solucionarlo, por ejemplo, podríamos definir un modelo matemático en el cuál se presentaran las condiciones descritas en el sistema, en el haríamos las modificaciones antes de llevarlas a la realidad. En nuestro caso, podríamos utilizar un modelo de línea de espera y mediante la simulación podríamos generar las recomendaciones.

El siguiente ejemplo consistirá en describir el enfoque de sistemas al transporte en la ciudad, en el también haremos ciertas simplificaciones. Al igual que en el ejemplo anterior he considerado necesario hacerlas pues únicamente pretendo ejemplificar la lógica del razonamiento. También, quiero aclarar que el ejemplo está basado en un estudio realizado por Sagasti y Ackoff (1971).

Consideremos el siguiente objetivo del transporte en la ciudad; reducir los tiempos de recorrido y mejorar la calidad del servicio del transporte en la ciudad. La manera en que mediremos la actuación de nuestro sistema sera, entonces: el costo hora-hombre perdido por causa de los congestiones.

Puesto que es un ejemplo generalizado afirmamos, - que podría aplicarse a cualquier ciudad, nuestro tomador de decisiones en cada caso sería, el gobierno local de la ciudad.

Es muy importante la definición del medio ambiente para este problema, consideremos las siguientes restricciones fijas: accidentes, la fabricación, venta y uso del automóvil, los sindicatos de operarios del transporte público y el origen y destino del viaje. De acuerdo a este medio ambiente, estamos diciendo que los accidentes existen como tales y no estamos negando la posibilidad de prevenirlos. En tanto respecto a los fabricantes de automóviles sucede algo similar, podremos reglamentar y promover la producción de cierto tipo de vehículos, pero no podemos decidir sobre la existencia de las fábricas, considérese el número de empleos que -- éste tipo de industria genera. La restricción origen y destino del viaje es fundamental, si la fijamos, como aquí lo estamos haciendo, estamos limitando el poder modificarla, debemos considerar que si no fuera una restricción fija consideraríamos la posibilidad de modificar la estructura misma de la ciudad, es decir, podríamos rediseñar el uso del suelo -- dentro de la ciudad.

El problema del congestionamiento en mucho se debe a el movimiento excesivo de vehículos, motivado éste por los diversos orígenes y los distintos destinos, dice Ackoff; si pudieramos formar poblados heterogéneos, estaríamos formando pequeñas ciudades dentro de la misma ciudad, la intención de esto es fijar menores distancias de recorrido.

Los recursos de nuestro sistema son, entonces: los automóviles, los autobuses, el usuario (peatones y conductores), las áreas de estacionamiento, las áreas de circulación los operarios del transporte público y el presupuesto asignado para desempeñar las distintas actividades.

Las actividades o componentes encaminadas al logro del objetivo general son las siguientes: 1) control: de vehículos del flujo vial, del uso (horario) de las áreas de circulación y estacionamiento, de los proyectos; 2) mantenimiento: de las áreas de circulación y estacionamiento, de las -- instalaciones y equipo del transporte público y del señalamiento vial; 3) educación: para el usuario, encaminada al -- aprendizaje de los aspectos involucrados en el uso del transporte; 4) seguridad: vigilancia ante infractores, así como a aquellos que perjudiquen el desempeño de las demás actividades; 5) investigación: encaminada a un constante desarrollo del sistema, se apoyaría en estudios y análisis del comportamiento del mismo; 6) reglamentación: se normarían los proyectos a través de leyes y reglamentos al igual que los recursos del sistema.

La administración del sistema es muy importante en un sistema de esta naturaleza, pues, sera quien asigne los presupuestos a las distintas actividades, para ello, deberá apoyarse en un subsistema de información "altamente confiable". Es preciso, entonces, que se vigile el plan considerando el logro del objetivo general, además deberá plantearse en tal forma que admita modificaciones durante la ejecución, si son necesarios.

Descrito el sistema de esta manera, en el se podrían implantar una serie de incentivos para la utilización de autos pequeños, gravando la utilización de los autos grandes. Una solución poco usual que plantean Sagasti y Ackoff (1971) en un estudio llevado a cabo en la Universidad de Pensilvania consiste en rediseñar el automóvil. Su proposición se fundamenta en lo siguiente:

- 1) Se ha visto que el número de ocupantes por automóvil es menor de dos.
- 2) El aumento del número de automóviles crece tremendamente año con año, no sucede así con las áreas de circulación y estacionamiento.

De esta manera el vehículo que únicamente transporte a dos personas y circule a una velocidad máxima de 65 Km/Hr. y que sea capaz de unirse a otro en tándem lograría aumentar el uso por automóvil de las áreas de circulación y estacionamiento actualmente disponibles. Su diseño sería muy particular, un pasajero atrás y el conductor adelante, de este modo el ancho no sería mayor de 1.5 metros y el largo de 1.8. Su uso podría ser privado o público y se implantaría paulatinamente, restringiendo ciertas calles a utilizar este tipo de auto, Por Ackoff llamado "urmóvil".

Como podrá observarse la solución de un problema, considerando el enfoque de sistemas, nos permite aprovechar las ventajas de la situación eliminando las desventajas aunque esto suponga una modificación al sistema. Alguno otro tipo de enfoque no nos permitiría distinguir las distintas variables que se encuentran involucradas en el problema.

He relacionado el enfoque de sistemas con la creatividad, pues, estoy seguro de la necesidad de buscar "soluciones" y no "remedios" a los problemas que se nos presentan. Esas "soluciones", a las que hago mención, serán las que nos permitan vivir en un mundo digno de vivirlo y es el Ingeniero el profesional encargado de proporcionarlas.

BIBLIOGRAFIA.

- "Creativity" Selected Readings, Ed. P.E. Vernon, 1970
- "Personalidad creadora y proceso creativo"
Frank Barron, Ed. Marova, 1969
- "Educación y capacidad creativa".
E.P. Torrance, Ed. Marova, 1963
- "El enfoque de sistemas".
C.W. Churchmann, Ed. Diana, 1978
- "Introducción a la Ingeniería y al diseño en la Ingeniería".
Edward V. Krick, Ed. Limusa, 1965
- "Ingenieros y las torres de marfil".
Hardy Cross, Ed. Mc. Graw-Hill, 1970
- "The art of problem solving".
Russell L. Ackoff, Ed. John Willey and sons, 1978
- "Administración de organizaciones desde un punto de vista de sistemas y recursos humanos".
Herbert G. Hicks, Ed. CECSA, 1972, pp. 249-291.
- "Ingeniería de Sistemas".
Arthur D. Hall, Ed. CECSA, 1964, pp. 527-566.
- "Fundamentos de Ingeniería, métodos, conceptos y resultados".
Edward V. Krick, Ed. Limusa, 1976, pp. 303-313.
- "Facultad de Ingeniería, organización académica 1976" UNAM.
- "Ingeniería de tránsito".
Rafael Cal y Mayor, Ed. RSISA, 1978, pp. 301-314.