

46
2j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**DESARROLLO DE UN SOFTWARE BAJO AMBIENTE CAD PARA
EL DISEÑO Y ANALISIS ESTRUCTURAL ARQUITECTONICO.**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN COMPUTACION
P R E S E N T A N :
FLORES VELASCO HORACIO
RODRIGUEZ VELAZQUEZ RAFAEL**

Director de Tesis: Dr. Jorge Carrera Bolaños



CIUDAD UNIVERSITARIA

MARZO DE 1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

Dedico esta tesis a mis padres

Amalia y Pedro,

a Maribel

y a mi familia

Pedro, Sonia y Fernando.

Horacio

*Dedico esta tesis a mis padres
Rafael y Alba Rosa
y mis hermanos
Selene, Erik y Renato
por todo su amor y motivación*

Rafael

*Agradecemos de forma especial
al Dr. Jorge Carrera
Bolaños por sus enseñanzas,
paciencia, apoyo y por todo el
entusiasmo y dedicación puesto
en este trabajo.*

**Agradecemos también a las siguientes personas por su valiosa
colaboración:**

M. en C. Mauricio G. Álvarez Medina

Ing. Alberto Guzmán

Arq. Carlos Ordoñez

Dr. Carlos Ramos

Ing. Manuel Gutiérrez

Lic. Samuel Mejía Bautista

Ing. Mario Barrientos Juárez

Agradecimientos:

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ingeniería, a la Facultad de Arquitectura, a mis profesores, a todos mis amigos Ricardo, Samuel, Antonio, Mauricio, Enrique, Alberto, Eduardo, Adolfo, Omar, Alfonso, Rubén, Gustavo, Norma, Eva y Olivia por su apoyo en todo momento.

Horacio

Agradecimientos:

A toda mi familia por siempre apoyarme, a la familia Flores Velasco por toda su paciencia, Judith Brum Fujiwara por la forma tan especial de motivarme, Jorge y MariCarmen por su invaluable amistad y apoyo, a Eduardo, Marco Antonio, Alberto, Fidel, Jesús y Gabriela por siempre estar ahí, Javier, Mauricio, SALR, DIM Ingenieros y Arquitectos, a la Facultad de Arquitectura, la Facultad de Ingeniería, a todas mis escuelas y profesores y a todas y cada una de aquellas personas que de una u otra forma me han apoyado. A todos gracias.

Rafael

TECALIA

"Hacer una casa para alguien"

ÍNDICE

Introducción	1
I. Diseño Arquitectónico	4
II. Cálculo Estructural	17
III. Diseño Asistido por Computadora	30
IV. AutoCAD	39
V. Análisis y Diseño	52
VI. Desarrollo e Implementación	80
Conclusiones	100
ANEXOS	
A. Guía de Usuario	A1
B. Listados	B1
C. Reglamento de Construcciones	C1
Glosario	G1
Bibliografía	

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este trabajo de tesis es:

Desarrollo de un software bajo ambiente CAD que permita realizar el diseño y análisis estructural arquitectónico (no exhaustivo), con base en el Reglamento de Construcciones del D.F. vigente.

La tesis obedece también a la necesidad de acercar más las disciplinas de arquitectura e ingeniería civil aprovechando los distintos avances de cómputo, ya que en México el trabajo interdisciplinario es aún rudimentario.

Agradecemos aquí la colaboración de los ingenieros y arquitectos que nos ayudaron durante la investigación inicial a definir este trabajo.

Durante la investigación preliminar se encontró que la detección de esta necesidad ya había sido expuesta por distintos autores expertos en la materia. A continuación presentamos algunas citas textuales:

"...debido a que su interés (del arquitecto) en las estructuras está enfocado esencialmente hacia un diseño preliminar.

El arquitecto puede tratar las estructuras desde dos puntos de vista diferentes: uno matemático, muy riguroso, análogo al usado por el ingeniero, o un punto de vista intuitivo, basado en una experiencia física y el uso de modelos. Después de una experiencia combinada de más de 30 años de enseñar estructuras a arquitectos e ingenieros, y más de 20 años de práctica en consultoría estructural, hemos llegado a la conclusión de que esos dos tratamientos exclusivos no son satisfactorios, tanto educacional, como profesionalmente.

...Profesionalmente parece obvio que el arquitecto nunca esté obligado a un análisis estructural refinado ya que es más eficiente, y prácticamente inevitable para él, usar los servicios de un especialista.

...Creemos, por una parte, que el arquitecto debería ser capaz de concebir sus edificios correctamente”¹

La cita anterior propone una solución desde el punto de vista académico. A continuación presentamos otra cita textual:

“ ... para el práctico² lo más esencial es conocer esas relaciones sencillas³ podrá aplicarlas sin titubeos, incluso en aquellas cuestiones en que no parezca como inmediata su aplicación. Para cálculos preliminares, tanteos, comprobaciones de seguridad, se emplean casos de analogía en que se aplican fácilmente dichas relaciones.”

En este caso el autor propone una solución en la práctica profesional. Nuestra propuesta es una solución apoyada en un sistema de cómputo para ser utilizado durante el proceso de diseño arquitectónico.

Del proceso del diseño arquitectónico propuesto en el capítulo 1, podemos observar la importancia de que el arquitecto pueda representar adecuadamente las estructuras en sus planos y que pueda además reducir al mínimo posible las consultas a los especialistas en estructuras, siendo esto parte esencial de esta tesis, la cual incluye secciones y medidas comerciales (en el caso de estructuras de acero) y elementos de análisis.

En el capítulo 2 se hace un análisis de las estructuras básicas y del análisis del diseño estructural, añadiéndose un apéndice de la nomenclatura utilizada en este capítulo.

Se presenta en el capítulo 3 una breve reseña histórica de cómo los sistemas CAD han sido utilizados para distintas áreas del conocimiento y las ventajas que aportan.

En el capítulo 4 realizamos un análisis del sistema de CAD elegido, AutoCAD, para el desarrollo del sistema, enfocándose a sus herramientas de desarrollo.

¹Cita textual tomada del libro Diseño Estructural en Arquitectura de Mario Salvadori y Matthys Levy.

²Aquí el autor hace referencia al calculista.

³Relaciones que guardan los resultados arrojados por un cálculo estático, el manejo de variables y la viabilidad de construcción.

El análisis, delimitación y diseño del sistema lo hacemos en el capítulo 5.

El capítulo 6 contiene una descripción del desarrollo, implantación y resultados obtenidos.

Finalmente se presentan los alcances y conclusiones.

Se incluyen además dos anexos, uno con las secciones relacionadas del Reglamento de Construcciones del D.F y otro con una guía de usuario; un Glosario y la Bibliografía consultada.

DISEÑO ARQUITECTÓNICO

DISEÑO

Es un acto humano fundamental: diseñamos siempre que hacemos algo por una razón definida. Ello significa que casi todas nuestras actividades tienen algo de diseño: pintar un cuadro, escribir, programar, etc.

Ciertas acciones son no sólo intencionales, sino que terminan por crear algo nuevo. Una definición formal sería: "Diseño es toda acción creadora que cumple con su finalidad".

El arquitecto como diseñador es un concepto un tanto difícil de definir, pero es una persona creativa que cuenta con facultades exclusivas que se refieren a la capacidad espacial, en particular la capacidad para visualizar o generar de un modo u otro las formas tridimensionales de los edificios, sus espacios interiores y exteriores.

DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Al proceso creativo, previo a la realización de una obra arquitectónica, generalmente se le conoce por Diseño Arquitectónico. Tradicionalmente es conocido con otros dos sinónimos: Composición Arquitectónica y Proyecto.

El proceso de Diseño Arquitectónico es una consecuencia de la Teoría Arquitectónica y de las diversas corrientes que han dejado dependencias con ésta de una manera más o menos formal.

HISTORIA CONTEMPORÁNEA

Haciendo un poco de historia, vamos a referirnos a la Escuela de Bellas Artes de París, modelo de otras escuelas de arte a principios de este siglo, donde se impartían cursos de composición arquitectónica. En dichos cursos los profesores instruían a los alumnos en el proyecto de edificios con temas considerados didácticos. Estos ejercicios consistían en que el alumno debería

tomar de las grandes obras de la arquitectura o de los proyectos del Premio de Roma los elementos y estructuras para realizar sus propios proyectos. De esta manera, los conocimientos adquiridos por los futuros arquitectos eran un inventario de los elementos históricos más afines a su personalidad. Esto producía muchos vicios en los arquitectos, como eran: planteamiento de temas irreales, carencia de investigación de las necesidades implícitas, adopción caprichosa de modelos y normas estéticas, ignorancia de sistemas de construcción, etc.

Las cosas empezaron a cambiar a fines de la década de los 20, cuando en la Academia de San Carlos, en París, el profesor José Villagrán García impartía una depurada materia de Teoría de la Arquitectura, en la cual adoptó innovaciones que reformaban la ilógica e impositiva práctica académica. Los temas eran resueltos en reflejo a problemas reales, existiendo una etapa previa al diseño donde se establecían explícitamente los requerimientos por cumplir en cuanto a objetivos y las condiciones limitantes de la solución, como clima, topografía del terreno, inversión, etc. Las normas entonces eran el conocimiento realista de los problemas arquitectónicos y el razonamiento lógico en el proceso del proyecto, abriendo así nuevos horizontes para la arquitectura europea.

En 1919 aparece en el ámbito mundial la escuela de mayor renombre y trascendencia en el campo del diseño moderno, la Bauhaus, fundada por Walter Gropius y un selecto grupo de artistas y diseñadores. Ellos recogieron y desarrollaron una nueva visión basada en los movimientos que habían surgido en los años de la preguerra en la misma Alemania, Holanda y en otros países. La Bauhaus significó la comprensión integral de las artes, principalmente de las que intervienen en el diseño ambiental. Fueron características sobresalientes de su organización y planes de enseñanza, el impulso de la actividad creadora al grado de eliminar la Historia del Arte, exaltando la vinculación del arte y la técnica y el establecimiento de contactos con la producción industrial.

Como consecuencia de haber sido cerrada por el régimen nazi en 1933, algunos profesores y destacados arquitectos se trasladaron a Estados Unidos, formando así los cimientos de la arquitectura contemporánea de ese país.

Después de la Segunda Guerra Mundial se estableció otra importante escuela que ha tenido gran influencia en el diseño, en Alemania, la Hochschule für Gestaltung de Ulm (1949-1965) que presentaba nuevos conceptos de diseño de carácter científico⁴ y matemático. Se elaboró una metodología analítica para aplicarse en la participación práctica, concertada con determinadas industrias que así lo requirieron. Esta metodología incluía varias fases que, expuestas brevemente, aclaran sin embargo el carácter de las teorías que sustentaban la institución respecto al diseño:

- Información del programa de producción de la fábrica y de productos similares de otras fábricas.
- Investigación de la demanda de los usuarios y de la mercadotecnia.
- Investigación de nuevos procesos de producción. Diseño de los productos tomando en cuenta las innovaciones factibles en la producción, nuevos materiales y la presentación atractiva de los productos.
- Opinión de los directivos de comercialización y de producción de la fábrica respecto a los diseños.
- Ajuste de los diseños a las posibilidades de la maquinaria y equipo de la fábrica.
- Construcción de un prototipo.

A partir de 1960 se pone de manifiesto la preocupación generalizada de teóricos por elaborar y discutir distintos criterios en el campo del diseño, fundándose en distintas disciplinas científicas tendientes a restarles el fenómeno de artístico, participando en esto además de los arquitectos y diseñadores, los filósofos y psicólogos.

Por otra parte, en la década de los 60's ya se encuentran desarrolladas varias disciplinas científicas que se toman como apoyos sustanciales para la elaboración de una ciencia del diseño: ingeniería de sistemas, ergonomía, investigación de operaciones,

⁴Cientificismo. Teoría según la cual los métodos científicos deben extenderse a todos los dominios de la vida intelectual y moral sin excepción.// Tendencia a dar excesivo valor a las nociones científicas o pretendidamente científicas.

teoría de la información, cibernética, computación, topología, frutos de las nuevas matemáticas que desarrollaron técnicas que han sido aplicadas al diseño en general.

Uno de los sucesos más importantes fue el simposium sobre Metodología del Diseño Arquitectónico que tuvo lugar en Portsmouth, Inglaterra, en 1967. A éste asistieron numerosos representantes del área de la docencia, donde las tendencias predominantes fueron científicista, psicológica, matemática e ingenieril, no obstante que la mayoría de los asistentes eran arquitectos.

Christopher Alexander fue un arquitecto y matemático que impactó de gran manera en el área de la Teoría del Diseño, al desarrollar y publicar una Metodología del Diseño basada en las Nuevas Matemáticas (teoría de conjuntos) y en ingeniería de sistemas, haciendo además perspicaces observaciones acerca de las necesidades humanas que generan la arquitectura y ciertas contradicciones dialécticas que apoyan los procedimientos matemáticos tanto como denuncian lo innecesariamente prolijo de su aplicación.

En esa época se empezó a gestar una gran presión por parte de las ciencias físicas, así los científicos trataban cada vez más de incursionar en el campo de las artes. A juicio de Enrique Yáñez (arquitecto y profesor de la Escuela Nacional de Arquitectura) son dos los errores básicos que se dan en las metodologías llamadas científicistas:

- a) Desconocer que la mayor parte de los requerimientos arquitectónicos son imponderables y heterogéneos, de carácter socio-económico y psicológico en su mayor parte, que no son susceptibles de valuar y manejar matemáticamente.
- b) No tomar en cuenta el tipo mental idóneo capaz de hallar solución a los problemas espaciales. Se requiere un "dador de formas" y éste debe ser imaginativo, intuitivo, extraño a largos y tediosos procedimientos.

PROCESO DE REALIZACIÓN DE LA OBRA ARQUITECTÓNICA

El proceso de realización de la obra arquitectónica consta de cuatro etapas: programación, diseño, construcción y evaluación. En la primera interviene el arquitecto; la segunda actividad constituye su genuina labor, la cual se completa con su participación en la tercera etapa. La evaluación puede ser labor de terceros.

Un esquema general del Proceso de Realización de la Obra Arquitectónica sería el siguiente:

1.- PROGRAMACIÓN

- 1.1.- Formulación del tema
- 1.2.- Elaboración del programa
- 1.3.- Definición de condiciones

2.- DISEÑO

- 2.1.- Estudio del programa
 - 2.1.1.- Encuestas
 - 2.1.2.- Observación directa
 - 2.1.3.- Examen de libros, revistas, documentos y evaluación de otros casos.
- 2.2.- Diagramas de relaciones
 - 2.2.1.- Accesos (relaciones externas)
 - 2.2.2.- Interrelaciones de partes y locales (personas, vehículos diversos y animales)
- 2.3.- Determinación de áreas
 - 2.3.1.- Aplicación de indicadores o índices
 - 2.3.2.- Dibujo de croquis
 - 2.3.3.- Calificación de áreas obligadas y flexibles
- 2.4.- Jerarquización de espacios y relaciones
 - 2.4.1.- Por función
 - 2.4.2.- Por magnitud de espacios
- 2.5.- Estudio en croquis de los espacios indivisos
- 2.6.- Agrupamiento de los espacios indivisos en partes o subsistemas
- 2.7.- El Partido General
 - 2.7.1.- Estudios de disposición de las partes de un conjunto
 - 2.7.2.- Confrontación con el programa (áreas y relaciones)

- 2.7.3.- Confrontación con condiciones limitantes
(clima, terreno, sistemas constructivos, costo y reglamentos)
- 2.7.4.- Posibilidad de modificaciones o ampliaciones
- 2.8.- Toma de decisiones (cliente y especialistas)
- 2.9.- Anteproyecto
 - 2.9.1.- Consulta con especialistas de estructuras e instalaciones diversas
 - 2.9.2.- Plano de conjunto
 - 2.9.3.- Plano de cada una de las plantas del edificio o edificios (marcando la disposición y dimensiones de muebles y equipos, las "salidas" de las diversas instalaciones y los elementos estructurales de soporte).
 - 2.9.4.- Planos de cada una de las fachadas del edificio (ventanería y elementos arquitectónicos diversos)
 - 2.9.5.- Planos de cortes del edificio (elementos arquitectónicos y constructivos diversos)
 - 2.9.6.- Consulta con especialistas de estructuras e instalaciones diversas
- 2.10.- Toma de decisiones (cliente y especialistas)
 - 2.10.1.- Nueva confrontación con el Programa Arquitectónico
 - 2.10.2.- Confrontación de los requerimientos constructivos y de instalaciones
 - 2.10.3.- Aprobación, modificación o nuevo estudio del anteproyecto.
- 2.11.- El proyecto arquitectónico
 - 2.11.1.- Planos arquitectónicos.
 - 2.11.1.1.- Plantas
 - 2.11.1.2.- Cortes
 - 2.11.1.3.- Fachadas
 - 2.11.1.4.- Detalles de los diversos elementos arquitectónicos
 - 2.11.2.- Planos estructurales
 - 2.11.2.1.- Cimentación
 - 2.11.2.2.- Superestructura (apoyos, entrepisos, cubiertas, etc.)
 - 2.11.2.3.- Detalles estructurales
 - 2.11.3.- Planos de instalaciones
 - 2.11.2.1.- Instalaciones eléctricas

- 2.11.2.2.- Instalaciones hidráulicas y sanitarias
- 2.11.2.3.- Instalaciones de fluidos diversos (aire, gas, oxígeno. etc.)
- 2.11.2.4.- Instalaciones de acondicionamiento de aire
- 2.11.2.5.- Instalaciones diversas (elevadores, sistemas de transporte mecánico, etc.)
- 2.11.4.- Integración de los planos anteriores (revisión y modificaciones parciales o de detalle)
- 2.11.5.- Formulación de especificaciones de materiales y procedimientos de construcción
- 2.11.6.- Presupuesto del importe de la obra
 - 2.11.6.1.- Enunciado y cuantificación de partidas
 - 2.11.6.2.- Análisis de precios unitarios
 - 2.11.6.3.- Integración del presupuesto

3.- CONSTRUCCIÓN

- 3.1.- Programación de la obra
 - 3.1.1.- Calendario de trabajos
 - 3.1.2.- Programas de ruta crítica
- 3.2.- Realización
 - 3.2.1.- Contratación
 - 3.2.2.- Realización de las diversas partidas de la obra
 - 3.2.3.- Formulación de liquidaciones

4.- EVALUACIÓN

- 4.1.- Confrontación con el Programa (cualidades y deficiencias)
- 4.2.- Costos de inversión y de operación
- 4.3.- Recomendaciones para efectos de retroalimentación de programas

Solamente se indican las tomas de decisión de carácter definitivo e importante pues en el proceso se tienen constantemente hipótesis y tomas de decisión condicionadas o parciales.

En el cuadro anterior se considera una sucesión de etapas compuestas por fases y éstas por pasos pero de acuerdo con la índole de este trabajo las etapas tres y cuatro se presentan esquemáticamente.

TÉCNICAS DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA

CLASIFICACIÓN HISTÓRICA

La siguiente clasificación está tomada de las investigaciones realizadas por Geoffrey Broadbent acerca de la historia y clasificación del diseño (incluyendo el diseño arquitectónico).

En sus investigaciones llegó a la conclusión de que los arquitectos han usado por lo general cuatro maneras diferentes de generar formas tridimensionales, a las que denominó según su orden cronológico de aplicación

Diseño Pragmático

Los primeros diseñadores parecen haber visto su trabajo de un modo preponderantemente práctico, usando todos los materiales que tenían a la mano, estableciendo por ensayo y error las posibilidades de uso de estos materiales y buscándolos luego para aplicarlos deliberadamente a usos predeterminados.

El motivo fundamental para construir fue modificar el clima, tal como venía dado por la naturaleza, con el fin de que determinadas actividades humanas (descanso, sueño, etc.) pudieran realizarse adecuadamente y con comodidad.

Diseño Icónico

La necesidad de adecuar mutuamente un clima, que debe ser controlado, y los recursos disponibles para ese control, sería por sí misma justificación suficiente para repetir un sistema de construcción cuando se ha comprobado que funciona. Existen fuerzas que operan a favor de la retención de un sistema establecido de construir. Gracias a todos estos mecanismos, unos

determinados sistemas de construcción se consolidan en la conciencia de la gente, y dado que cada uno de los miembros de una comunidad tiene una imagen mental fija de la que debe ser el aspecto de una casa, podemos llamar a esto diseño icónico.

Diseño Analógico

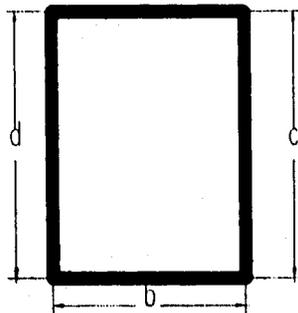
Las formas visuales nuevas surgen con procedimientos analógicos, es decir, a partir de un conocimiento se puede crear otro. Su primera aplicación formal tuvo lugar en el vasto complejo funerario que según se dice, diseñó Imhotep para el faraón Djoser en Saqqara, cerca de Menfis (aproximadamente 2800 a.C.). La tarea de Imhotep era producir edificios duraderos a una escala que no tenía precedentes. Ello supone que en vez de trabajar inmediatamente manejando los materiales reales de modo pragmático o icónico, un diseñador preparó primero el dibujo para juzgar por adelantado sus propias ideas. Es posible que probara varias curvas antes de escoger una determinada.

Diseño Canónico

Cuando el diseñador comienza a encontrar en el dibujo un objeto de una fascinación particular, empieza a crecer en él el interés por la esquematización, el orden y la regularidad, que se expresa a menudo en la forma de una trama extendida uniformemente a todo el dibujo. Es de aquí de donde proviene el nombre de tramas canónicas (tramas de sistemas proporcionales).

PROPIEDADES DE SECCIONES GEOMÉTRICAS Y PERFILES ESTRUCTURALES

RECTÁNGULO
Eje de momentos en la base



$$A = bd$$

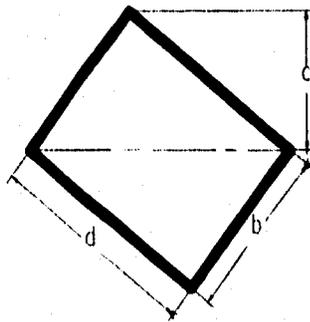
$$c = d$$

$$I = \frac{bd^3}{3}$$

$$S = \frac{bd^2}{3}$$

$$r = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

RECTÁNGULO
Eje de momentos en la diagonal



$$A = bd$$

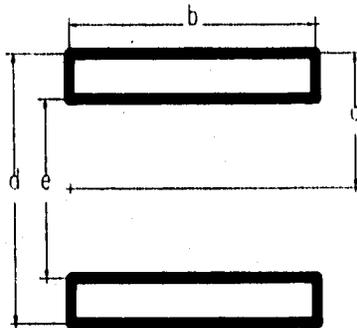
$$c = \frac{bd}{\sqrt{b^2 + d^2}}$$

$$I = \frac{b^3 d^3}{6(b^2 + d^2)}$$

$$S = \frac{b^2 d^2}{6\sqrt{b^2 + d^2}}$$

$$r = \frac{bd}{\sqrt{6(b^2 + d^2)}}$$

RECTÁNGULOS IGUALES
Eje de momentos en el centro de gravedad



$$A = b(d - e)$$

$$c = \frac{d}{2}$$

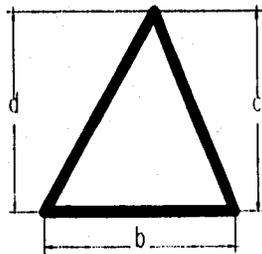
$$I = \frac{b(d^3 - e^3)}{12}$$

$$S = \frac{b(d^3 - e^3)}{6d}$$

$$r = \sqrt{\frac{d^3 - e^3}{12(d - e)}}$$

$$Z = \frac{b}{4}(d^2 - e^2)$$

TRIÁNGULO
Eje de momentos en la base



$$A = \frac{bd}{2}$$

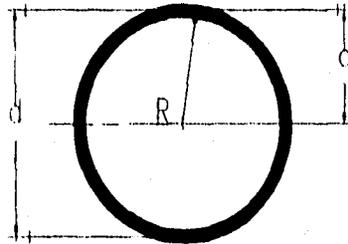
$$c = d$$

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$S = \frac{bd^2}{12}$$

$$r = \frac{d}{\sqrt{6}}$$

CÍRCULO
Eje de momentos en el centro



$$A = \pi R^2$$

$$c = R$$

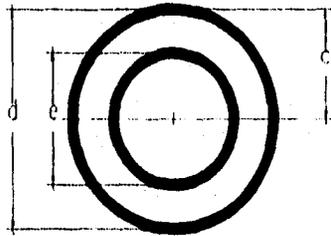
$$I = \frac{\pi R^4}{4}$$

$$S = \frac{\pi R^3}{4}$$

$$r = \frac{R}{2}$$

$$Z = \frac{d^3}{6}$$

ANILLO CIRCULAR
Eje de momentos en el centro



$$A = \frac{\pi(d^2 - e^2)}{4}$$

$$c = \frac{d}{2}$$

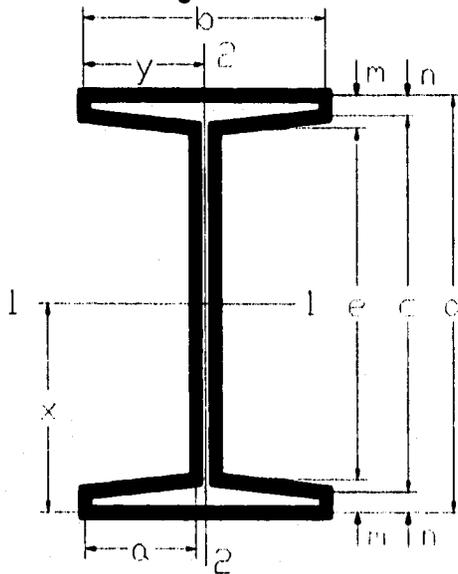
$$I = \frac{\pi(d^4 - e^4)}{64}$$

$$S = \frac{\pi(d^4 - e^4)}{32d}$$

$$r = \frac{\sqrt{d^2 + e^2}}{4}$$

$$Z = \frac{d^3}{6} - \frac{e^3}{6} = \frac{d^3 - e^3}{6}$$

VIGA
Eje de momentos por el centro de gravedad



$$A = df + 2a(m+n)$$

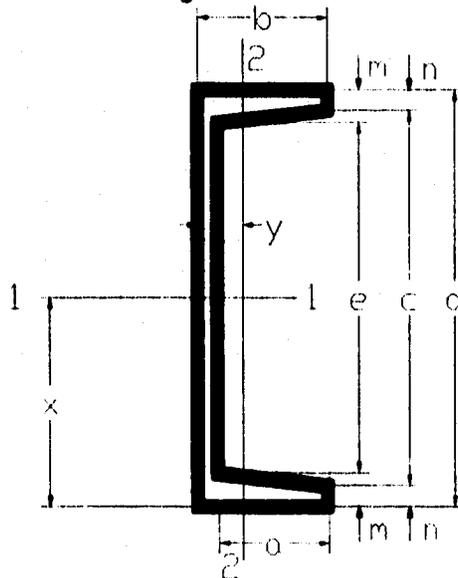
$$x = \frac{d}{2}$$

$$y = \frac{b}{2}$$

$$I_1 = \frac{bd^3 - \frac{a(c^4 - e^4)}{4(m-n)}}{12}$$

$$I_2 = \frac{2nb^3 + ef^3 + \frac{(m-n)}{4a}(b^4 - f^4)}{12}$$

CANAL
Eje de momentos por el centro de gravedad



$$A = df + a(m+n)$$

$$x = \frac{d}{2}$$

$$y = \frac{b^2n + \frac{cf^2}{2} + \frac{a(m-n)}{3}(b+2f)}{A}$$

$$I_1 = \frac{bd^3 - \frac{a(c^4 - e^4)}{8(m-n)}}{12}$$

$$I_2 = \frac{2nb^3 + ef^3 + \frac{(m-n)}{2a}(b^4 - f^4)}{3} - Ay^2$$

CÁLCULO ESTRUCTURAL

INTRODUCCIÓN

ACERO

El hierro es el material formado por el hierro puro, mezclado con otros elementos para constituir aleaciones, a fin de obtener un acero dulce con el que se elaboran los diversos perfiles empleados en la construcción.

Los aceros tienen diversas cualidades que están determinadas por la proporción de sus contenidos al fijar su resistencia, maleabilidad, soldadura, etc.

Las secciones empleadas normalmente en las construcciones metálicas pueden ser como sigue:

- a) Las planas (flejes y chapas).
- b) Los perfiles laminados de acero al carbono, los cuales se designan por su forma y dimensiones expresadas en milímetros, como acero en ángulo de lados iguales o desiguales, secciones T, I, H o U (canales), etc.
- c) Los aceros redondos empleados especialmente en el concreto armado.
- d) Los aceros de secciones especiales, como los cuadrados.

Los elementos estructurales pueden estar formados por perfiles simples o por secciones compuestas o combinadas. Sus datos para diseñar aparecen en los manuales para constructores, elaborados por las empresas fundidoras de acuerdo con los reglamentos de construcciones y las disposiciones oficiales al respecto (en nuestro caso el manual utilizado para aceros es el AHMSA; el reglamento de construcción que empleamos es el vigente en el D.F.⁵).

⁵Referirse al anexo o a la bibliografía citada.

Las secciones finales, especialmente en columnas, se deben diseñar de acuerdo con sus radios de giro para formar las más resistentes y económicas.

Propiedades del acero

Entre las propiedades técnicas que conviene señalar están las siguientes:

- a) **Elasticidad.** Es la propiedad de los cuerpos de volver a su forma original al cesar una fuerza deformante. Se considerarán perfectamente elásticos si no han rebasado su límite de elasticidad. Si su recuperación no es total, los cuerpos serán parcialmente elásticos.
- b) **Plasticidad.** Es la propiedad de conservar una deformación después de suprimir la fuerza; además, un cuerpo plástico puede tener la capacidad de fluir bajo la acción de esfuerzos en diversas direcciones.
- c) **Ductibilidad.** Es una propiedad plástica consistente en la capacidad de alargamiento de los cuerpos sometidos a tracción. La falta de ductibilidad se llama fragilidad.
- d) **Maleabilidad.** Es la capacidad de poder sufrir una deformación plástica por compresión, a temperatura ordinaria.
- e) **Forjabilidad.** Lo mismo que el anterior, pero permite una variación de forma mediante dos operaciones:
 - 1) El caldeo a la temperatura necesaria para hacerlo plástico (de 800°C a 1200°C).
 - 2) El batido mediante acciones mecánicas en estado sólido caliente, como martillado, trenzado, moldeado, etc, para darle forma.
- f) **Tenacidad.** Es la resistencia al golpe y a la rotura por tracción y también la capacidad del material para absorber energía en la zona plástica.
- g) **Soldabilidad.** Es la unión de dos metales a altas temperaturas por medio de presión.

- h) **Rigidez.** Es la resistencia a la deformación de un cuerpo sometido a un esfuerzo.
- i) **Módulo de elasticidad o módulo de Young.** Es la relación existente entre el esfuerzo unitario y la deformación unitaria, que es constante dentro de los límites elásticos de los materiales y está descrita por la siguiente ecuación:

$$\text{Ley de Hooke: } E = \sigma/\epsilon$$

- j) **Módulo de elasticidad a esfuerzo cortante o de rigidez o módulo de Coulomb.**

$$G = \frac{\nu}{\gamma} = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{\text{esfuerzo cortante unitario}}{\text{deformación angular unitaria}}$$

- k) **Relación de Poisson.** La deformación unitaria transversal (alargamiento o acortamiento) está en relación inversa con la deformación unitaria longitudinal (acortamiento o alargamiento) en un cuerpo elástico sometido a tensiones, y su cociente es igual a una constante. En los materiales isótropos (o sea los que presentan las mismas propiedades físicas en todas direcciones), el valor de esta constante es de 0.25.

$$\mu = \frac{\epsilon_T}{\epsilon_L}$$

El acero es uno de los materiales estructurales más densos y pesa 490 lb/pie³ ó 0.290 lb/pul³. El acero también se usa en forma de varillas para reforzar al concreto. Las varillas de acero, en diámetros que varían desde ¼ de pulgada hasta 2 ¼ pulgadas, se fabrican con "corrugaciones" sobre sus superficie para aumentar su adherencia con el concreto.

CARGAS

En la teoría estructural se establecen modelos matemáticos que describen el comportamiento de las estructuras.

El diseño estructural es la aplicación de la teoría estructural con el fin de garantizar que los edificios y otras estructuras se construyan de modo que resistan todas las cargas que sea razonable suponer que recibirán durante su vida de servicio, sin poner en peligro a sus ocupantes y, preferentemente, sin que sufran deformaciones peligrosas, desplazamientos laterales excesivos (ladeo) o vibraciones molestas. Además, un buen diseño exige que estos objetivos se cumplan de la mejor forma, atendiendo los diferentes aspectos relacionados, tales como el económico, funcional, estético, etc.

Es necesario considerar, durante la aplicación de la teoría estructural al diseño, tanto las condiciones normales de servicio como las anormales.

ESFUERZO Y DEFORMACIÓN

Las cargas son fuerzas externas que actúan sobre una estructura. Los esfuerzos son fuerzas internas que se oponen a aquellas. Según el modo en que se apliquen las cargas, tienden a deformar la estructura y sus componentes: las fuerzas de tensión los estiran, las de compresión los aplastan, las de torsión los retuercen y las de cortante hacen que algunas partes de la estructura se deslicen respecto a otras.

TIPOS DE CARGAS

Las cargas externas aplicadas a una estructura se clasifican de la siguiente forma:

- **Las cargas estáticas son fuerzas aplicadas lentamente y luego permanecen casi constantes.**
- **Las cargas dinámicas varían con el tiempo. Estas se dividen en repetitivas y de impacto:**
 - + **Las cargas repetitivas son fuerzas aplicadas cierto número de veces, de modo que ocasionan una variación en la magnitud (y algunas veces también en el sentido) de las fuerzas internas.**
 - + **Las cargas de impacto son fuerzas que obligan a la estructura o a sus componentes a absorber cierta cantidad de energía en un corto tiempo.**

Las fuerzas externas también se dividen en distribuidas y concentradas:

- **Las cargas uniformemente distribuidas son constantes sobre toda el área del elemento de apoyo.**
- **Las cargas concentradas son fuerzas con área de contacto pequeño en comparación con el área entera del elemento que la sostiene.**

Otra clasificación común de las fuerzas externas las divide en axiales (o axiles), excéntricas y torsionales (o de torsión):

- **Una carga axial es una fuerza cuya resultante pasa a través del centroide de la sección que se analiza y es perpendicular al plano de ésta.**
- **Una carga excéntrica es una fuerza perpendicular al plano de la sección que no pasa por el centroide y que flexiona el elemento sobre el que actúa.**

- Las cargas torsionales son fuerzas que no pasan por el centro de esfuerzo cortante de la sección y que actúan inclinadas respecto al plano de dicha sección o precisamente en éste, de modo que tuerquen el elemento.

De acuerdo al Reglamento de Construcción del D.F. las cargas se clasifican en:

- Cargas muertas.
- Cargas vivas.
- Cargas de impacto.
- Cargas por viento (eólicas).
- Cargas por nieve.
- Cargas sísmicas.

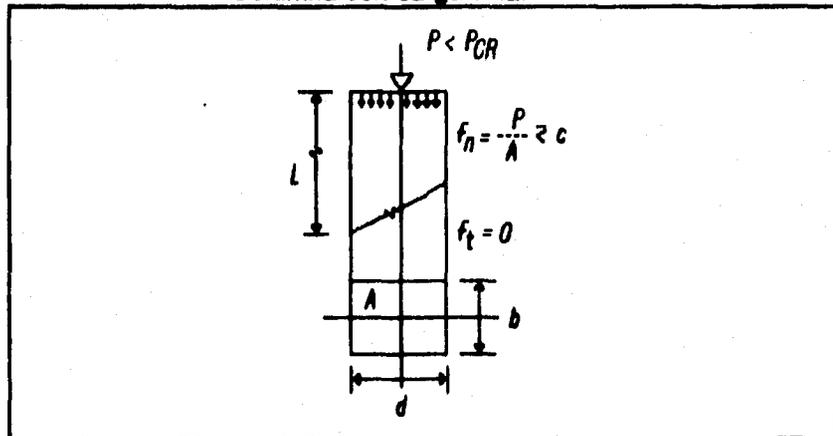
ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

COLUMNAS DE ACERO

Columnas con carga axial

Los elementos en compresión, bajo la acción de una carga axial, tendrán un comportamiento inicial de acortamiento proporcional al esfuerzo generado por la carga que actúa en su eje longitudinal. Cuando esto aumenta a un valor llamado de carga crítica, valor inicialmente determinado por Euler ($P_C = \pi^2 EI/L^2$), aparece una falla brusca de flexión lateral, denominada de pandeo, en el sentido de su menor momento de inercia. Su forma de flexionarse dependerá de las condiciones de sujeción en sus extremos, al producirse un esfuerzo medio llamado crítico, en la sección transversal de la pieza ($c = P_C/A$).

Columna con carga axial.



Simbología empleada:

- A = área,
- L = longitud,
- b = lado menor de la sección transversal,
- d = lado mayor,

f_n = esfuerzo normal,

f_t = esfuerzo tangencial,

P = carga,

P_{cr} = carga crítica,

c = esfuerzo crítico cuando P aumenta hasta P_{cr} .

Clasificación

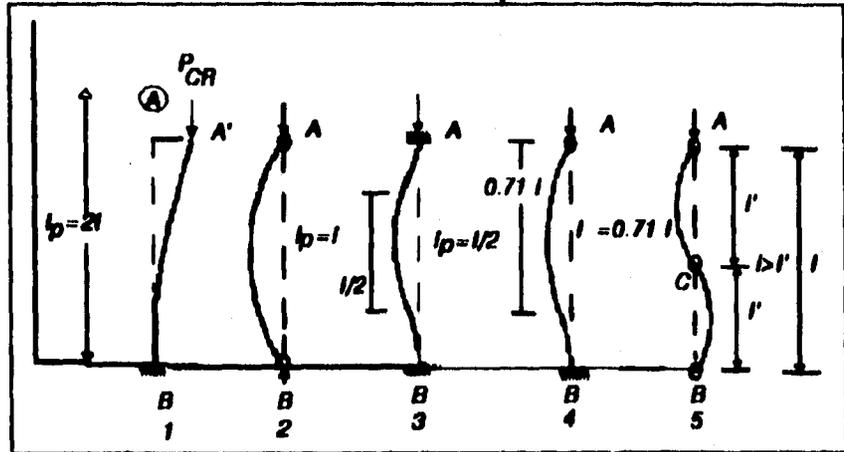
Las piezas en compresión se clasifican, de acuerdo con su relación de longitud al lado menor, en piezas cortas y en piezas largas, aunque algunos autores agregan piezas intermedias.

- a) **Piezas cortas:** su falla es de resistencia a la compresión.
- b) **Piezas largas:** fallan por pandeo, por falta de rigidez. Su capacidad dependerá de dicho factor y de la restricción en sus apoyos, mientras que la falla en las cortas es por aplastamiento. En éstas es de ruptura por flexión lateral o por curvatura senoidal.

En general, para piezas cortas en compresión, podrán tomarse aproximadamente de 0.5 a 0.6 del límite de fluencia del material. Cuando dicho límite no esté definido con precisión, podrán tomarse de 1/5 a 1/10 del límite de ruptura.

En las piezas largas en compresión, los esfuerzos admisibles deberán obtenerse de acuerdo con su tendencia a fallar por flexión lateral, la cual dependerá, según se indicó, de sus condiciones de sujeción en sus extremos.

Condiciones de sujeción.



Siendo L_p la longitud de pandeo o distancia entre dos puntos consecutivos de inflexión de la elástica, se tienen los cinco casos siguientes:

- 1) Un extremo empotrado y el otro libre: L_p se toma como dos veces la longitud real L .
- 2) Ambos extremos articulados: $L_p = L$. La longitud de pandeo es igual a la de la pieza.
- 3) Doblemente empotrado: dos puntos de inflexión separados $L_p = L/2$.
- 4) Empotrado en un extremo y articulado en el otro: $L_p = 0.707 L \approx \frac{3}{4} L$.
- 5) Ambos extremos articulados y guiados en un punto medio: la longitud de la pieza es mayor que la de pandeo.

RELACIÓN DE ESBELTEZ

Los esfuerzos admisibles que se deben aplicar en la sección transversal de los miembros en compresión se basa en la determinación de la relación de longitud a radio de giro menor de las columnas, multiplicada por un factor K de longitud efectiva: $K L/r$, concepto de esbeltez que deberá incluirse en la fórmula de Euler.

La ecuación de Euler que permitirá calcular los esfuerzos unitarios críticos en columnas a pandeo es:

$$P_{\alpha} = (\pi^2 EI) / (QL^2)$$

Donde:

P_{α} = carga crítica,

I = momento de inercia,

E = módulo de elasticidad

L = longitud de la columna

Q = introducción de un coeficiente variable determinado por sustitución de la longitud total de la columna por su longitud de esbeltez.

Su esfuerzo crítico es $c = P_{\alpha}/A$, el cual no deberá sobrepasarse en ningún caso por el esfuerzo admisible o de trabajo. Al sustituir el valor de P_{α} por $A c$ y despejar c , permitirá incluir el concepto de esbeltez en la fórmula enunciada, de la manera siguiente:

$$\frac{\pi^2 E}{QL^2 \cdot 1/r^2} = \frac{\pi^2 E}{Q \left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

$$c = \frac{P_{\alpha}}{A} = \frac{\pi^2 EL}{QL^2 A} = \frac{\pi^2 E}{QL^2 A / I}$$

ya que el radio de giro

$$r = \sqrt{IA} \text{ y } \frac{1}{r^2} = \frac{A}{I}$$

Al hacer $1/Q = 1/K^2$, se obtendrá el factor de longitud efectiva K, y la fórmula final quedará expresada así:

$$c = \frac{\pi^2 E}{\left(K \frac{L}{r}\right)^2}$$

Los valores de Q, al sustituir en cada caso la longitud total por la esbeltez de los diversos tipos de sujeción son:

Columna doblemente empotrada (caso 3). Longitud de esbeltez:

$$L_p = L/2:$$

$$c = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L/2}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 E}{\frac{1}{4} \left(\frac{L}{r}\right)^2} \quad Q = 1/4.$$

Columna empotrada y articulada (caso 4).

$$L_p = 3/4 L.$$

$$c = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{3L}{4r}\right)^2} = \frac{\pi^2 E}{\frac{9}{16} \left(\frac{L}{r}\right)^2} \quad Q = 9/16$$

Caso 1: $L_p = 2L$

$$c = \frac{\pi^2 E}{4 \left(\frac{L}{r}\right)^2} \quad Q = 4$$

Caso 2 y 5: $L_p = L$

$$c = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2} \quad Q = 1$$

En la siguiente tabla se expresan la relación de resistencia teórica en función de la longitud de pandeo (valores $1/Q$), y los valores de K, determinados de la igualdad $1/Q = 1/K^2$.

Los valores de $1/K^2$ dan una relación de resistencia; por ejemplo, el caso 3 resiste cuatro veces más que el 2. En realidad, no deberá rebasar los esfuerzos máximos admisibles del material ($0.6f_y$).

La pieza articulada en sus extremos, con valor $K=1$ (caso 2), se toma como base para calcular el pandeo en piezas comprimidas, para cualquier otra condición más real de apoyo.

Relación de valores K.

Caso	1		2		3	4	5
Valores de Q	4		1		¼	9/16	1
$1/K^2 = 1/Q$	¼		1		4	16/9	1
Valor teórico de $K = \sqrt{Q}$	2		1		½	¾	1
Valor de cálculo recomendado (AISC) cuando se aproxima a las condiciones ideales	2.1	2.0	1.0	1.2	0.65	0.80	1.0
Pandeo de columna. Línea punteada							
Notación de condiciones de extremos			Nudo fijo. Giro fijo. Sin traslación				
			Articulación. Giro libre. Sin traslación				
			Giro y traslación libres				
			Giro fijo. Traslación libre				

FÓRMULAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DEL DISTRITO FEDERAL

El reglamento vigente en el Distrito Federal para esfuerzos admisibles a compresión axial en estructuras metálicas, referidos al área bruta de la sección transversal, utiliza la fórmula de Euler de la manera siguiente:

a) Para un L/r comprendido entre $(L/r)_c$ y 250:

$$f_a = \frac{12}{23} \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 E}{1.92 \left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{10480000}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

b) Para $L/r < (L/r)_c$:

$$f_a = f_y \left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2(KL/r)_c^2} \right] \frac{1}{1.92}$$

donde 1.92 se conoce como factor de seguridad y es un coeficiente general de reducción de esfuerzos.

DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA

INTRODUCCIÓN

La automatización de los procesos industriales a través de los años ha dado lugar a un avance espectacular en la industria. Todo ello ha sido posible gracias a una serie de factores entre los cuales se encuentran las nuevas tecnologías en el campo mecánico, la introducción de las computadoras y, sobre todo, el control y la regulación de sistemas y procesos.

La incorporación de las computadoras en la producción ha sido, sin lugar a dudas, el elemento puente que ha permitido lograr la automatización integral de los procesos industriales. El desarrollo que se ha venido dando en la microelectrónica y de los microprocesadores ha facilitado el desarrollo de técnicas de control complejas, la robotización, la implementación de sistemas de control y la planificación. Todos estos elementos llevan consigo la reducción de costos, el aumento de la productividad y la mejora de los productos.

DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)

La utilización de los sistemas de CAD (Computer Aided Design)⁶ se encuentra cada vez más extendida en la industria de México. Esto es debido a que ofrecen distintas ventajas, entre las cuales destacan la interactividad y facilidad de crear nuevos diseños, la posibilidad de simular el comportamiento del sistema antes de la construcción del prototipo - modificando, de ser necesario, sus parámetros-, la generación de planos con todo tipo de perspectivas, detalles y secciones, y la posibilidad de conexión con un sistema de fabricación asistida por computadora para la mecanización automática de un prototipo. Aunado a todo esto está la reducción de costos de los equipos dedicados al CAD, como las estaciones de trabajo, computadoras personales, periféricos y software de aplicación.

⁶ Para la definición de CAD/CAM/CIM/CAE refiérase al glosario.

Los sistemas de CAD que permiten el diseño de objetos tridimensionales (diseño de piezas mecánicas, en plástico, diseños de obra civil, arquitectura y urbanismo, etc.) pueden llegar a ofrecer al usuario lo siguiente:

- a) Un módulo de preproceso, en el cual se define interactivamente la forma tridimensional del objeto o conjunto de objetos a diseñar. La computadora almacena un modelo tridimensional completo del mismo que permite la generación de cualquier vista (diédrica, axonométrica, perspectivas), así como secciones, detalles y planos. Asimismo, el modelo de representación tridimensional contiene la información necesaria para el cálculo de las propiedades geométricas del objeto que se está diseñando: superficie, volumen, peso, centro de gravedad, momentos de inercia, etc.
- b) En una segunda fase del proceso, se utiliza el modelo obtenido para realizar cálculos y simulaciones más complejos, como pueden ser el cálculo de tensiones por elementos finitos o la simulación del comportamiento aerodinámico en el caso del diseño de carrocerías, perfiles de avión, etc.
- c) En una tercera fase se pueden visualizar gráficamente los principales resultados de los programas de cálculo. Si no son correctos, el usuario indicará sobre el modelo, modificándolo y repitiendo el proceso; si en cambio ya son aceptables, el sistema podrá generar automáticamente una salida de control numérico para la generación automática de un prototipo del modelo. Este último proceso es conocido con el nombre de CAM (Computer Aided Manufacturing o Manufactura Asistida por Computadora).

El modelado geométrico constituye la primera fase de entrada y visualización de modelos tridimensionales. Este proceso de diseño geométrico de la forma del modelo final constituye una parte importante de los sistemas CAD actuales.

HISTORIA

Los antecedentes del modelado geométrico pueden situarse entre los años 1955 - 1964, con la aparición de los primeros lenguajes de control numérico (APT⁷) se dieron las primeras experiencias de salida gráfica en computadoras y el estudio de algoritmos relacionados con la proyección geométrica. De 1965 a 1972, aparecieron los primeros sistemas de dibujo en dos dimensiones (2D), junto con algunos algoritmos para el diseño de curvas y superficies: curvas y superficies de Coons y Bezier. Sin embargo, tuvo que ser hasta el periodo de 1973 - 1978 cuando se pudo disponer de sistemas completos de diseños de curvas y superficies basados, además de las técnicas ya conocidas, en la aproximación por B-splines. En este mismo periodo aparecen las bases teóricas y los primeros sistemas experimentales de sólidos, que utilizan modelos de fronteras. Para el periodo comprendido entre 1979 - 1984, los sistemas de diseño de superficies curvas -o superficies esculpidas- se amplían con la posibilidad de subdivisión y edición de las mismas, mientras que los sistemas de modelado de sólidos aparecen ya en el mercado. Estos últimos sistemas, que almacenan una información volumétrica completa del objeto, no tratan en general objetos delimitados por cualquier superficie curvada; se limitan a considerar modelos delimitados por cargas planas cilíndricas, cónicas y en algunos casos esféricas - piezas mecánicas -. En la actualidad los sistemas para manipular diseño en 2, 2 ½ y 3 dimensiones, tienen un gran desarrollo. Podemos encontrar sistemas que pueden realizar una gran cantidad de operaciones booleanas con los cuerpos, manejar entidades de forma variada, interactuar con video y audio, hacer animaciones en tiempo real o, en algunos casos, casi en tiempo real. Se han tenido grandes avances en la representación de objetos (fotorrealismo), se han combinado con bases de datos y otros campos de la ingeniería de software.

Resulta interesante el observar cómo el mercado para las aplicaciones de CAD/CAM/CAE ha estado incrementándose en los últimos años y con esto, también, las ganancias por concepto de

⁷ APT (Automatic Programmed Tools) Herramientas automáticas programadas. Lenguaje de programación de alto nivel usado para generar instrucciones para máquinas de fabricación automática (máquinas de control numérico).

desarrollos en CAD y de venta de equipo dedicado a esta actividad.

El CAD es una tecnología muy competitiva, es por esto el creciente interés en esta área. Algunos factores que se pueden considerar como responsables directos de su crecimiento son:

- Rightsizing. Migración de los equipos minis y mainframes a los equipos personales y estaciones de trabajo.
- Impulso al desarrollo de software de CAD en computadoras personales y estaciones de trabajo.
- Adecuación del ciclo de diseño a necesidades más especializadas.
- La consideración de los grupos de CAD como estratégicos en la política comercial de una empresa.

APLICACIONES

Debido a la evolución que han tenido los sistemas CAD, es importante establecer una clasificación de las aplicaciones, la siguiente es la que creemos es la más apropiada para los sistemas CAD⁶:

Visualización

La visualización es el área de CAD que se encuentra integrada a procesos físicos de los cuales se desea una interpretación gráfica por computadora. Implica la generación de imágenes realistas con la posibilidad de aplicar sobre ellas transformaciones que lleven a la generación de animaciones. Algunas aplicaciones son: estudio de fenómenos meteorológicos; ensamblajes de cadenas de DNA; comportamiento del universo, etc.

⁶ Tomada de la exposición "Aplicaciones de Diseño, Ingeniería y Manufactura Asistidos por Computadora CAD/CAE/CAM: un enfoque introductorio" por el Ing. M. en C. Mauricio Alvarez Medina en Graficom 94.

Los sistemas que se integran a esta área son grandes consumidores de tiempo de procesamiento, de espacio de almacenamiento y de recursos gráficos.

Sistemas de información GnG

Los sistemas de información GnG (gráficos-no-gráficos) implican la integración de información gráfica con no gráfica aunados a un ambiente de Bases de Datos. En estos sistemas, los usuarios deben poder interactuar con información no gráfica y gráfica, deseando siempre reportes alfanuméricos y gráficos. Aplicaciones comunes: sistemas de información geográfica, sistemas de instalaciones eléctricas, sistemas de información de plantas industriales, etc.

Estos sistemas consumen grandes recursos de almacenamiento, de procesamiento y de recursos gráficos, pero en menor escala que la visualización.

Simulación

Implica la síntesis de un modelo, software de análisis de propósito específico, pre y postprocesadores gráficos. Normalmente, los usuarios de estas aplicaciones requieren obtener resultados alfanuméricos y resultados gráficos. Los simuladores de comportamiento mecánico, análisis de flujo, simuladores de circuitos eléctricos y electrónicos son aplicaciones típicas de esta área del CAD.

Requieren una gran necesidad de procesamiento sin una amplia necesidad de salida gráfica y relativamente menos consumidores de recursos de almacenamiento que en los casos anteriores.

Fotorrealismo

Estos sistemas implican la creación de modelos tridimensionales a los cuales se les aplica texturas, fuentes de luz y en algunos casos animación. Estos sistemas persiguen el resultado estético. El fotorrealismo puede encontrarse prácticamente en cualquier aplicación de CAD, ya que representa la imagen final del ambiente.

Normalmente requieren buena cantidad de recursos de procesamiento y excelentes recursos gráficos. Su necesidad de almacenamiento es grande pero no tanto comparada con los otros sistemas.

Híbridos

Es la integración de dos o más de las clasificaciones anteriores. Una aplicación puede contemplar el empleo de todas las clasificaciones, por ejemplo, una planta industrial requiere de síntesis, simulación de procesos, un ambiente de información, la visualización en caso de un proceso atmosférico y la generación de un fotorrealismo, de tal suerte que estos sistemas son grandes consumidores de recursos en todos los sentidos.

VENTAJAS

Los beneficios potenciales de la adopción de técnicas CAD/CAM/CIM/CAE se pueden simplificar de la siguiente manera:

- 1) Notable aumento de la productividad.
- 2) Disminución del costo de producción.
- 3) Adaptación rápida de la producción a las fluctuaciones y exigencias del mercado.
- 4) Mejora considerable de la calidad y confiabilidad de la producción.
- 5) Promoción profesional y utilización más eficaz de la maquinaria.
- 6) Favorecimiento de la colaboración interdisciplinaria.

CLASIFICACIÓN

Haciendo una clasificación de las áreas de aplicación del CAD, podemos citar como las más comunes:

- la industria aeronáutica
- la industria del automóvil
- la industria pesada
- el diseño industrial
- la ingeniería civil
- el diseño arquitectónico
- la industria textil
- el diseño de circuitos impresos
- el diseño de circuitos integrados
- el diseño de circuitos electrónicos, etc.

En nuestra área de interés (diseño arquitectónico y cálculo estructural) podemos tener un esquema integrado y simplificado de Diseño Asistido en Cálculo Estructural. Este esquema representa una extrapolación final del CAD. El proyectista puede crear, modificar y definir la tipología de su estructura en trabajo continuo e interactivo con la computadora, observar los resultados del cálculo, generar nuevos cambios con la geometría o en el tipo de material (o materiales), estudiar el comportamiento de tensión y deformación para diferentes estados de carga y, por último, obtener automáticamente los planos constructivos, así como otros datos de interés (volúmenes, presupuestos, tiempos de ejecución, etc.). Al momento, no todas las etapas están igualmente desarrolladas.

Enfocando nuestra atención en las aplicaciones dentro del diseño arquitectónico, desarrollamos a continuación la justificación y las ventajas de usar CAD en la arquitectura.

Sabemos que la arquitectura es la suma de un arte y una técnica, una experiencia con miles de años de historia. Por tanto, su diseño es complejo, cargado de referencias y modelos. Si a ello añadimos el desarrollo tecnológico de la construcción y las sucesivas dificultades económicas de su realización, la complejidad final se incrementa. Por lo tanto el camino a tomar consiste en aprovechar todas las ventajas que la computación nos brinda, permitiendo que el diseñador se preocupe más por reflexionar sobre su producto, que en las dificultades que la fabricación plantea.

VENTAJAS DEL USO DE UN SISTEMA CAD EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Al tratar de implementar un sistema de CAD, no debe tratar de invalidarse el ejercicio profesional acumulado a través de la experiencia del arquitecto, ni de las características propias e insustituibles de su labor. Las ventajas de un CAD para el proyecto en arquitectura, se pueden enunciar de la siguiente manera:

- 1) En cuanto a los resultados, coherencia del proyecto realizado: la información utilizada para editar automáticamente un proyecto, es única. Esto es válido siempre que se asuma una base gráfica en 3 dimensiones.
- 2) Ayuda a la concepción geométrica, por dos hechos: visualización, que en definitiva es la expresión de una serie de conceptos no expresables analíticamente (el arquitecto debe visualizar para decidir), y a su vez la resolución geométrica en el espacio de los diversos elementos que compone el conjunto.
- 3) Dentro del desarrollo del proyecto, sus ventajas son claras; por una parte la repetición de elementos dentro de un proyecto queda claramente resuelta, y por otra la producción de procesos automáticos que sean una consecuencia biunívoca de lo ya establecido en el proyecto.

- 4) En los procesos no automáticos, que necesitan de un procesador posterior (generalmente a través de un nuevo tratamiento de CAD), se aprovecha la definición geométrica del diseño inicial para, a partir de estos datos coherentes con el resto del proyecto, resolver (generalmente dimensionar) el subproyecto correspondiente. Estos subtratamientos se refieren, generalmente, al cálculo del dimensionamiento de aspectos concretos de la edificación, tales como estructuras, instalaciones, organización de obra o cumplimiento de normas de edificación, como transmisor de calor, norma contra incendios, etc.

Existen dos premisas que deben cumplir o que se deben considerar al concebir un CAD para arquitectura, que son la interactividad y la concepción gráfica en 2 ó 3 dimensiones.

En cuanto a las bases de datos de un sistema de CAD para arquitectura, son de gran importancia para el análisis y la exactitud de un proyecto. Es conveniente jerarquizar la base de datos en función del sistema.

Los tipos de datos que deben contener las bases de datos son:

- Datos geométricos esquemáticos. Esquemas que nos sirvan para representar los elementos de diseño y posteriormente dimensionarlos.
- Datos geométricos reales. Son utilizados para otorgar las medidas dimensionales de un código.
- Datos físicos. Se refieren a una serie de características de unidad de obra. Estos datos están orientados en dos tipos: datos visuales (color, textura, etc.) y datos de cálculo (coeficientes, datos de resistencia, etc.)
- Datos de administración. Contienen los datos para la correcta presupuestación del proyecto.
- Datos de organización. Deben contener referencias para poder integrar una red de relaciones con la cual construir una programación operativa.
- Datos jurídicos. Condiciones técnicas a tener en cuenta en cada unidad de obra.

AUTOCAD

INTRODUCCIÓN

AutoCAD es un programa de Diseño Asistido por Computadora (CAD - Computer Aided Design), desarrollado por AutoDesk Inc. para distintas plataformas como son: PC, VAX, estaciones de trabajo UNIX y Macintosh. Fue desarrollado originalmente para máquinas con sistema operativo CP/M⁹, fue uno de los primeros programas CAD importantes para computadoras personales y se convirtió en el estándar de la industria.

Tiene la posibilidad de dibujar en dos dimensiones y modelar en tres dimensiones, provee un amplio rango de herramientas de diseño que le permiten crear imágenes exactas y realistas. Se puede obtener y analizar la información de los dibujos de AutoCAD para la generación de reportes, cuantificación de materiales, estudios de costo/beneficio, máquinas de control numérico, etc.

Los dibujos generados en AutoCAD pueden ser convertidos a otras aplicaciones CAD a través de los formatos IGES, DXF, DXB y SLD.

La forma en la que está diseñado AutoCAD permite desarrollar y añadir una amplia gama de soluciones personalizadas para distintas ramas de la industria. AutoCAD permite trabajar junto con otras herramientas de desarrollo, como son bases de datos (Oracle, Informix, Paradox y Dbase), lenguajes de programación (AutoLISP, C, Diesel y SQL), hojas de cálculo (Lotus y Excel), DDE¹⁰, etc.

Este capítulo pretende explicar las herramientas con que cuenta AutoCAD para desarrollos de terceros y no la utilización y manejo

⁹ CP/M (Control Program for Microprocessors), programa de control para microprocesadores. Sistema operativo monousuario para los microprocesadores 8080 y Z80 de Digital Reserch Inc.

¹⁰ DDE (Dynamic Data Exchange - intercambio dinámico de datos). Se explica más adelante en este mismo capítulo.

de AutoCAD. Si desea obtener mayor información refiérase a los manuales de usuario de AutoCAD o a la literatura mencionada en la bibliografía.

AUTOLISP

Es una implementación del lenguaje de programación LISP¹¹ que permite escribir macros y funciones en un lenguaje de alto nivel, adaptado para aplicaciones gráficas.

AutoCAD tiene un intérprete interno de LISP, el cual permite introducir código de AutoLISP desde la línea de comandos o desde archivos externos. Las aplicaciones o rutinas que utilizan AutoLISP pueden interactuar con AutoCAD de distintas maneras. Estas rutinas pueden preguntar al usuario por alguna entrada, acceder directamente comandos internos de AutoCAD y modificar o crear entidades en la base de datos de dibujo. A través de rutinas escritas en AutoLISP se pueden agregar comandos personalizados a AutoCAD.

Los programas de AutoLISP son almacenados en archivos de texto ASCII con la extensión *.isp*.

Para explicar la estructura de un programa en AutoLISP, presentamos a continuación una función, su documentación y una breve descripción :

¹¹ LISP (LIST Processing), procesamiento de listas

```
; Archivo : JPCU2101.LSP
;
; Realizado por:
;           HFV,RRV
;
; Objetivo: Función que dibuje un cuadrado.

(defun C:CUADRADO (/ pt1 pt2 pt3 pt4 len prom)
  (setq pt1 (getpoint "Esquina inferior izquierda:"))
  (setq len (getdist pt1 "Longitud de un lado:"))
  (setq pt2 (polar pt1 0.0 len))
  (setq pt3 (polar pt2 (/ pi 2.0) len ))
  (setq pt4 (polar pt3 pi len ))
  (command "pline" pt1 pt2 pt3 pt4 "C")
)

(princ "Para ejecutar escribe CUADRADO")
(princ)
```

Las primeras líneas, iniciadas por ";", son de comentarios. Se puede observar que el cuerpo del programa incluye paréntesis, esto se debe a que es la sintaxis de programación en AutoLISP. La primera línea de programa nos define el nombre de la función, si inicia con C: será reconocido desde la línea de comandos de manera similar que un comando interno; de otra manera, para ejecutar la función, se deberá escribir entre paréntesis. Después del nombre se incluyen los parámetros de la función y éstos son opcionales; la diagonal (/) sirve para separar parámetros internos y externos, del lado derecho los internos y del lado izquierdo los externos.

El comando SETQ lo utilizamos para asignar un valor a un símbolo (variable). Se debe tener cuidado al escoger el nombre del símbolo ya que se pueden sobrescribir los símbolos internos de AutoLISP, así como las funciones, perdiendo los valores originales o hacerlos inaccesibles. Para asegurarse de que el símbolo no esté definido previamente se puede escribir la siguiente línea:

Command: (atoms-family 0 ("símbolo"))

ésta debe regresar nulo (nil) si el símbolo no está definido previamente.

GETPOINT es un comando que permite una interfaz con el usuario, preguntándole por un punto de dos o tres dimensiones (se puede desplegar un mensaje opcional). La respuesta puede ser vía el dispositivo de señalamiento (mouse u otro) o desde la línea de comandos.

El comando GETDIST pregunta al usuario por una distancia. Funciona de manera similar que el anterior, pero aquí se puede responder con un valor real desde la línea de comandos o con dos puntos desde la ventana de edición.

Las siguientes tres líneas de programa asignan el valor en coordenadas polares a la variable. COMMAND ejecuta comandos internos de AutoCAD, los cuales se deben de escribir entre comillas; un ("") es equivalente a presionar la tecla retorno (en este ejemplo se dibuja una polilínea). PRINC se utiliza para mandar mensajes a la línea de comandos. Cuando no va acompañado de un mensaje y está al final de una función, sirve para evitar el eco de los resultados.

Existe una gran variedad de funciones en AutoLISP, las cuales nos sirven para manipulación de funciones, errores, símbolos, listas, aplicaciones ADS, cajas de diálogo y entidades de dibujo, modificación de variables de ambiente de AutoCAD, utilerías geométricas, conversión de unidades, transformación de sistemas coordenados, despliegue de mensajes, solicitud de entradas aritméticas, entre otras.

DDE

AutoCAD para Windows soporta el protocolo de Intercambio Dinámico de Datos (Dynamic Data Exchange). Usando DDE se pueden enviar datos de un dibujo de AutoCAD hacia otra aplicación compatible con Windows o tomar datos de otra aplicación y usarlos para modificar dibujos. La liga DDE también puede ser una liga automática (hot link) para la actualización de los datos. Cuando se cambian los datos en la aplicación el manejador DDE interrumpe a AutoCAD y actualiza el dibujo, y cuando se cambia el dibujo el manejador DDE interrumpe la aplicación y actualiza sus datos.

DDE se puede utilizar en AutoCAD a través de programación en AutoLISP o ADS. A continuación se dará una breve descripción de los tipos de funciones DDE de AutoLISP: existen funciones de inicialización, transferencia múltiple o sencilla de entidades, funciones de tablas de AutoCAD, funciones básicas DDE y funciones de bajo nivel.

ADS

AutoCAD Development System (ADS) es un ambiente de programación basado en lenguaje C para desarrollar aplicaciones de AutoCAD. Aunque las aplicaciones basadas en ADS están escritas en C, para AutoCAD éstas son idénticas a funciones escritas en AutoLISP. Una aplicación ADS está escrita como un conjunto de funciones externas cargadas por, y llamadas desde, el intérprete de AutoLISP.

Programación en ADS

La estructura general de un programa en ADS está ejemplificada dentro de un programa llamado "TEMPLATE.C" que viene incluido dentro de los programas de ejemplo de AutoCAD.

El encabezado del programa incluye la declaración de variables, definición de funciones, librerías que se deben incluir, etc. En el cuerpo del programa, la primera función que se debe ejecutar es

`ads_init()`, ya que de lo contrario cualquier otra función ADS puede tener un comportamiento extraño.

En seguida, se recomienda incluir un ciclo infinito dentro del cual se hace una verificación de los requerimientos hechos por AutoLISP hacia la aplicación; este ciclo también debe reconocer qué tipo de requerimiento se trata para que éste sea direccionado de una forma apropiada a otra sección del programa o a otra aplicación. Se debe incluir una sección de definición de funciones externas en la cual se defina un código entero único para cada función.

Para una descripción más detallada refiérase a la documentación propia del archivo "TEMPLATE.C".

```
/* Prototipo para una aplicación ADS */

#include <stdio.h>
#include "adlib.h"

#define GOOD 1

/* PRINCIPAL -- Rutina principal */

void main(argc,argv)
    int argc;
    char *argv[];
{
    int stat;
    short scode = RSRSLT; /* Este es el código de resultado por
                           omisión */
    ads_init(argc,argv); /* Inicia la interfaz */
    for (;;) /* Ciclo infinito */
    {
        if ((stat=ads_link(scode)) < 0)
        {
            /* No se puede usar el ads_printf() para desplegar este mensaje
            porque la conexión falló */

            printf("TEMPLATE: Error en la conexión con ads_link() =
                    %d\n",stat);

            fflush(stdout);
            exit(1);
        }
    }
}
```

```

/* exit() únicamente requerida para una terminación anormal */
}
scode=RSRSLT; /* Retorna el valor por omisión */

/* Los casos en el siguiente switch verifican los códigos de
requerimiento de AUTOLISP */

switch (stat)
{
    case RQXLOAD:
        scode = loadfuncs() == GOOD ?
RSRSLT
                : RSERR;
        break;

    /* Este case es utilizado para seleccionar
    /* una de las funciones externas de esta aplicación */

    case RQSUBR:
        break;

    /* Estos casos pueden ser manipulados normalmente */
    /* regresando RSRSLT -- no necesitan estar presentes */
    /* si no son manipulados explícitamente. */

    case RQXUNLD:
    case RQSAVE:
    case RQEND:
    case RQQUIT:

    /* Siempre responde a un requerimiento no reconocido */
    default:
        break; /* regresando RSRSLT. */
}
}

/* LOADFUNCS -- Define funciones externas */
static int loadfuncs()
{
    return GOOD; /* Normalmente expandida para llamar ads_defun()*/
                /* una vez por cada función externa. */
}

```

DCL

El lenguaje para control de cajas de diálogo (Dialogue Control Language) se utiliza para crear cajas de diálogo personalizadas para presentar información o solicitar respuesta al usuario. El soporte de AutoCAD para las cajas de diálogo es independiente de la plataforma. Una misma descripción DCL define el modelo y la funcionalidad de una caja de diálogo en todas las plataformas. La apariencia real de la caja depende de la interfaz gráfica del usuario (GUI¹²).

Las cajas de diálogo son para uso interactivo. Un programa puede iniciar una caja de diálogo pero no puede controlarla o darle una entrada una vez abierta.

Cuando se definen cajas de diálogo personalizadas hay dos aspectos a considerar:

- a) Las cajas de diálogo están definidas por archivos ASCII escritos en DCL. La descripción DCL de una caja de diálogo define cómo aparecerá ésta y qué contendrá. El tamaño de la caja y el modelo de sus partes es automático.
- b) Las partes de una caja de diálogo definen cómo ésta se comporta, pero el uso depende de la aplicación que la llama. AutoLISP y ADS proveen funciones para la manipulación de las cajas de diálogo.

Los elementos que se pueden incluir en una caja de diálogo son:

- a) Elementos activos predefinidos - botones, cajas de edición, botones de imagen, caja de listas, listas colgantes, botones de selección, correderas (slider).
- b) Arreglos de elementos - columnas, columnas dentro de cajas, renglones, renglones dentro de cajas, columnas de selección, columnas de selección dentro de cajas, renglones de selección, renglones de selección dentro de cajas.

¹² Graphic User Interface (Interfaz gráfica con el usuario).

c) Elementos decorativos e informativos - imágenes, texto, espaciadores.

```
/* Archivo : CAJA.LSP
```

```
Realizado por:
```

```
HFV,RRV
```

```
Objetivo: Plantilla para la utilización de cajas de diálogo. */
```

```
CAJA : dialog {  
  label = "Caja de dialogo de ejemplo";  
  : text {  
    label = "Mensaje de prueba";  
  }  
  : button {  
    key = "aceptar";  
    label = "Aceptar";  
    is_default = true;  
    fixed_width = true;  
    alignment=centered;  
  }  
}
```

El texto que se encuentra entre /* */ son comentarios. CAJA es el identificador de la caja de diálogo, *label* es el mensaje en la barra de título, *text* es un mensaje dentro de la caja de diálogo, *button* define un botón con sus características, las cuales pueden ser su clave, la etiqueta que despliega, valor por omisión, el ancho, la posición, etc.

;Archivo : CAJ.LSP

; Realizado por:
HFV,RRV

; Modificaciones:

; Objetivo: Plantilla para la utilización de cajas de diálogo.

```
(defun C:caja(/ dcl_id)
  (setq dcl_id (load_dialog "CAJA.DCL"))
  (if (not (new_dialog "CAJA" dcl_id))
    (exit))
  (action_tile
    "acceptar"
    "(done_dialog)")
  (start_dialog)
  (unload_dialog dcl_id)
)
```

La función *load_dialog* carga el archivo DCL relacionado con la caja de diálogo. Si no encuentra el archivo se sale de la aplicación; *action_tile* define la acción del botón *acceptar*; *start_dialog* despliega la caja de diálogo y *unload_dialog* descarga la caja de diálogo de la memoria.

ASI

La interfaz SQL¹³ de AutoCAD (ASI - AutoCAD SQL Interface) es una librería de programación para acceder bases de datos externas desde AutoCAD. El conjunto de comandos de la extensión SQL de AutoCAD (ASE - AutoCAD SQL Extension) es una aplicación ADS construida con ASI. ASI permite el acceso directo a bases de datos externas desde AutoCAD usando librerías de funciones provistas con AutoCAD. Los programas de aplicación creados con esta herramienta son compatibles con distintos manejadores de bases de datos y a través de distintas plataformas. ASI tiene la capacidad de acceder a diferentes manejadores de bases de datos desde el mismo programa.

Existen tres tipos principales de funciones: funciones que controlan el manejador, funciones de procesamiento y funciones de manipulación de códigos de error.

La interfaz consiste en dos niveles, el primero permite la comunicación con el sistema manejador de la base de datos o con la base de datos directamente y el segundo nivel es una librería independiente del manejador y que permite comunicar con cualquier manejador. El propósito principal de la librería es mantener comunicados el programa de aplicación y el o los manejadores de bases de datos. El manejador verifica la sintaxis de todas las declaraciones SQL pasadas a través de la librería.

Existen tres áreas funcionales en la librería:

- 1) Iniciación y terminación del sistema
- 2) Iniciación y terminación del manejador
- 3) El procesamiento SQL.

El programa de aplicación y el manejador pueden comunicarse e intercambiar información a través del uso de una estructura de datos especial llamada manipulador (handle).

¹³ SQL (Structured Query Language) Lenguaje de Consulta Estructurado. Lenguaje utilizado para procesar datos en una base de datos relacional.

Los manejadores incluidos en ASI son: Informix, Oracle, dBASE IV, dBASE III Plus y Paradox.

Procesando la base de datos

La interacción con una base de datos se divide en siete pasos:

- 1) Conexión a la base de datos.
- 2) Abrir el canal de comunicación.
- 3) Compilación de las declaraciones SQL originales.
- 4) Ejecución de las declaraciones SQL.
- 5) Búsqueda de los registros.
- 6) Cerrar el canal de comunicación.
- 7) Desconexión de la base de datos.

DBASE III PLUS

Es un sistema manejador de archivos para PC's, desarrollado por Ashton-Tate (Borland International, Inc.). Fue el primer sistema de base de datos para computadoras personales. Originalmente llamado Vulcan, dBASE fue creado por Wayne Ratliff para manejar el concurso de fútbol de una empresa. Fue diseñado siguiendo el modelo de JPLDIS, el sistema manejador de base de datos de Jet Propulsion Laboratories en los Angeles.

Introducido en 1984, dBASE III es una versión mejorada que corre en PC's. Maneja bases de datos mayores, incluye un campo de texto para agregar comentarios, posee más órdenes de programación y un nuevo modo manejado por menú, llamado "Assistant" (Asistente/Ayudante). Introducido en 1986, dBASE III PLUS proporciona una cantidad de características nuevas, incluyendo un nuevo menú "Assistant" y la capacidad de almacenar consultas y vistas relacionales.

Requerimientos de memoria

El manejador de dBASE III PLUS funciona con los mismos requerimientos de memoria recomendados para AutoCAD, ya que da acceso directamente a los archivos de las tablas que componen la base de datos.

Variables de ambiente

En dBASE III PLUS los subdirectorios representan la base de datos lógica y los archivos dBASE III PLUS .dbf representan las tablas, por lo cual se debe establecer una variable de ambiente. El nombre de esta variable es un alias de la ruta del directorio que contiene los archivos .dbf. Ejemplo:

```
SET DATOS=D:\ACAD\DBASE3
```

Donde DATOS es el nombre de la variable de ambiente.

ANÁLISIS Y DISEÑO

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Nuestro objetivo principal es el de proporcionar una herramienta para el diseñador que lo auxilie durante la etapa de diseño y que a la vez pueda realizar un análisis estructural (no exhaustivo) basado en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, bajo un ambiente de Diseño Asistido por Computadora, lo cual permite eliminar gran parte de los problemas actuales (rediseño, representación, redistribución de espacio, gasto innecesario de tiempo y recursos, etc.).

Nuestro proyecto de tesis surge de la necesidad a la que se encuentran sujetos los diseñadores en la industria de la construcción (principalmente arquitectos) para realizar con mayor rapidez, confiabilidad y representar de una forma más real sus diseños, dada la poca injerencia que ellos tienen al realizar los cálculos de sus estructuras.

De la investigación preliminar realizada, el principal obstáculo al que se enfrenta un diseñador es el de tener que rediseñar varias veces un proyecto, debido que ellos lo conciben independientemente de los resultados que arroje un análisis de cálculo estático exhaustivo, lo cual repercute en un mayor gasto de recursos (tiempo, humanos, costos, etc.).

A grandes rasgos, los pasos que sigue un diseñador son: bosquejo general del diseño en dos dimensiones, a partir de éste se hace un análisis seccional para la distribución del espacio. De forma conjunta se trabaja en un diseño en tres dimensiones el cual tiene por objetivo el asignar los tipos de estructuras y elementos a utilizar. Precisamente en esta parte es donde una herramienta como la que proponemos es de gran utilidad, ya que al ir resolviendo su diseño puede a la vez verificar por medio del cálculo estático si la solución propuesta es factible, reduciendo con esto las posibilidades de error y las modificaciones posteriores a un análisis exhaustivo.

Para que la solución que proponemos sea lo más apegada a la realidad, nos basaremos en la teoría del estudio de las estructuras y en el Reglamento y Normas complementarias para el constructor y el proyectista en el Distrito Federal.

Con el fin de poder cumplir con este objetivo, es necesario trabajar la parte de diseño bajo un ambiente CAD que pueda interactuar con una base de datos donde esté almacenada toda la información respecto al cálculo y parámetros de diseño, además de una sección donde se puedan manipular todos estos datos y realizar las operaciones requeridas, establecer un enlace entre las distintas herramientas, programar una interfaz amigable con el usuario (ya que los usuarios a los cuales es dirigido el sistema no son expertos en el área de cómputo), mostrar los resultados obtenidos y poder enviarlos a una hoja de cálculo para que puedan seguir siendo manipulados.

DELIMITACION

De la investigación de campo podemos concluir que algunas de las estructuras son más utilizadas en México por diferentes razones, como pueden ser: costo, situación geográfica y moda, entre otras. Las estructuras más favorecidas son: las metálicas y las de concreto, existiendo una gran diversidad de propiedades y combinaciones.

Para la elaboración de este trabajo de tesis orientamos el sistema hacia el diseño de estructuras metálicas (aunque está abierto para poder trabajar con estructuras de otro tipo de material), ya que consideramos que éstas tienen una utilización muy difundida, además existen estándares para su elaboración y tablas en manuales con parámetros de diseño. Dentro de las estructuras metálicas existe una gran variedad, como son columnas, vigas, armazones, etc., por lo que, para nuestro trabajo, únicamente escogimos algunos tipos de columnas, las cuales se analizan más adelante en este capítulo.

Considerando la amplitud de la teoría del cálculo estructural, para efectos de esta tesis hemos delimitado la utilización de la teoría al cálculo estático básico, ya que el interés principal es demostrar la capacidad de interacción entre un sistema CAD, bases de datos,

lenguajes de programación, hojas de cálculo y otras herramientas complementarias. Esto no implica que al sistema no le puedan ser añadidos otros módulos de estructuras o de cálculo para una utilización más completa.

El objetivo de este trabajo no es el desarrollar un nuevo ambiente de CAD, sino partiendo de un ambiente comercial estándar desarrollar el sistema que nos proporcionará la solución al problema.

Existen muchas plataformas en las que se pueden utilizar los sistemas CAD, como son PC's con DOS/Windows, Macintosh, estaciones de trabajo bajo ambiente UNIX (Silicon Graphics, Sun, etc.); pero debido al costo y popularidad elegimos las PC's bajo ambiente Windows.

El sistema de CAD elegido es AutoCAD R. 12 para Windows¹⁴, porque nos ofrece las siguientes ventajas:

- **Soporte.** Autodesk, empresa creadora de AutoCAD, es una empresa reconocida mundialmente que cuenta con una gran cantidad de distribuidores, desarrolladores y soporte técnico el cual está disponible en México.
- **Estándar.** Los diseños realizados en AutoCAD pueden exportarse e importarse a diferentes plataformas de trabajo de ambientes CAD y gráfico.
- **Popularidad.** Dada la amplia comercialización de AutoCAD en nuestro país, casi se ha vuelto un estándar de facto en la industria de la construcción.
- **Arquitectura abierta.** La forma en la que está diseñado AutoCAD permite que se puedan desarrollar y añadir una amplia gama de soluciones personalizadas para distintas ramas de la industria. AutoCAD permite trabajar junto con otras herramientas de desarrollo, como son bases de datos (Oracle, Informix, Paradox y dBASE), lenguajes de programación (AutoLISP, C, DCL, Diesel y SQL), así como

¹⁴ Al iniciar este trabajo era la más reciente, ya que AutoCAD R. 13 aún no había sido liberada en nuestro país y aún en este momento la versión 12 es más popular.

aplicaciones para ambiente Windows, utilizando el protocolo DDE, como son hojas de cálculo (Lotus y Excel).

Después de haber realizado una investigación de las herramientas que se pueden utilizar para desarrollar en AutoCAD, de acuerdo a sus características, hemos elegido las siguientes:

- **dBASE III PLUS.** Por su amplio uso, sencillez, capacidad de manipular las tablas desde Excel y porque no necesitamos tenerlo en la computadora¹⁵, ya que AutoCAD incluye un manejador que puede acceder la base de datos. Además no requiere RAM adicional para realizar consultas desde AutoCAD.
- **Lenguaje C.** Existen diferentes librerías dentro de AutoCAD que permiten interactuar con C, ADS (AutoCAD Development System) que nos permite desarrollar una aplicación que se pueda ejecutar desde AutoLISP; ASE (AutoCAD SQL Extension) que son las librerías propias de la herramienta ASI (AutoCAD SQL Interface), las que nos permiten entablar las interfaces necesarias con dBASE ya que AutoLISP no lo puede hacer. El compilador utilizado es Borland C versión 3.1.
- **AutoLISP.** Es el lenguaje natural para crear aplicaciones, macros y funciones para AutoCAD ya que contiene un intérprete interno. Es de uso sencillo para la ejecución de comandos, dibujos, cajas de diálogo, cargar otras aplicaciones, manipulación de variables de ambiente y manejo de símbolos (variables de programación).

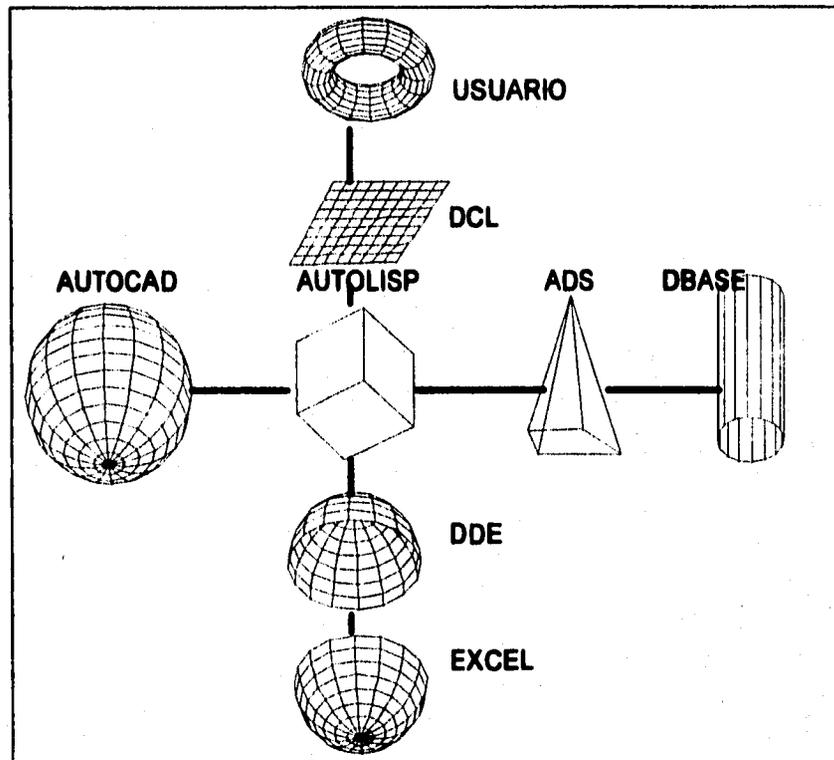
AutoLISP y ADS pueden intercambiar información entre diferentes módulos de diferentes programas.

- **DCL (Dialogue Control Language).** Es un lenguaje para el desarrollo de interfaces gráficas y amigables mediante cajas de diálogo que pueden ser manipuladas desde AutoLISP y/o ADS, siendo la programación más sencilla desde AutoLISP.

¹⁵ Sólo es necesario tener los archivos de la base de datos.

- **DDE (Dynamic Data Exchange)**. Es un protocolo que permite el intercambio de información entre diferentes aplicaciones compatibles con Windows y, en este caso, para enlazar AutoCAD con Excel ¹⁶.

La siguiente figura representa la forma en que están interrelacionadas las herramientas utilizadas.



¹⁶ La versión 12 de AutoCAD no incluye el DDE para la versión 5 de Excel.

DISEÑO

DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

De acuerdo a los requerimientos del sistema se diseñó una base de datos formada con dos tablas. Una contiene la información para los parámetros de diseño y otra la información referente a los parámetros de carga. Para mostrar la información que deben contener las tablas, hemos hecho un listado de las estructuras utilizadas, enumerando los parámetros para cada una, lo cual se muestra a continuación:

I. Columnas de dos canales con dos placas

1. Sección (dxb)
2. Peso de un canal
3. Placas (dimensiones)
4. Peso total
5. Área total
6. lx
7. Sx
8. Rx
9. ly
10. Sy
11. Ry

II. Vigas IPC

1. Sección (Perfil) (dxb)
2. Peso total
3. Área
4. tf
5. T
6. tw
7. lx
8. Sx
9. Rx
10. ly
11. Sy
12. Ry
13. rb

III. Dos ángulos de lados iguales

1. Dos ángulos (Sección)
2. Área total
3. Peso total
4. I_x
5. S_x
6. R_x
7. I_y
8. S_y
9. R_y

IV. Tubos de acero

1. Diámetro Nominal (sección)
2. Diámetro exterior D_e
3. Diámetro interior D_i
4. t (espesor)
5. Peso total
6. Área
7. Momento de inercia
8. Módulo de sección
9. Radio de giro
10. Número de cédula

V. Vigas I perfil estándar IPS

1. Perfil (sección)
2. Peso (total)
3. Área
4. Peralte d
5. b
6. t_f
7. t_w
8. I_x
9. S_x
10. R_x
11. I_y
12. S_y
13. R_y

VI. Canales perfil estándar

1. Perfil (sección)
2. Peso (total)
3. Área
4. b
5. t_f
6. t_w
7. I_x
8. S_x
9. R_x
10. I_y
11. S_y
12. R_y
13. x

Tabla de DISEÑO

De acuerdo a los parámetros antes enlistados el diseño de la tabla modelo se muestra a continuación junto con las características necesarias para su definición en dBASE, así como la convención para los nombres de los campos utilizando la notación húngara¹⁷:

Columna	Tipo	Longitud	I	II	III	IV	V	VI
cCve	carácter	5	2C2P	VIPC	2ALI	TA	VIPS	CPE
cSeccion	carácter	10	1	1	1	1	1	1
cID	carácter	15	Peso - Placas	tf	Ancho	De - Di	b	b
rLadoD	numérico	8,3	1	1	1	2	1,4	1
rLadoB	numérico	8,3	1	1	1	3	5	4
rPH	numérico	8,3	3	-	-	-	-	-
rPA	numérico	8,3	3	-	Ancho	-	-	-
rtf	numérico	8,3	-	4	-	4	6	5
rT	numérico	8,3	-	5	-	-	-	-
rtw	numérico	8,3	-	6	-	-	7	6
rArea	numérico	8,3	5	3	2	6	3	3
rPesoC	numérico	8,3	2	-	-	-	-	-
rPesoTot	numérico	8,3	4	2	3	5	2	2
rix	numérico	8,3	6	7	4	7	8	7
rSx	numérico	8,3	7	8	5	8	9	8
rRx	numérico	8,3	8	9	8	9	10	9
riy	numérico	8,3	9	10	7	-	11	10
rSy	numérico	8,3	10	11	8	-	12	11
rRy	numérico	8,3	11	12	9	-	13	12
rRb	numérico	8,3	-	13	-	-	-	-
cCveH	carácter	4						

¹⁷ El término "notación húngara" se explica en el siguiente capítulo.

La siguiente lista contiene los parámetros de carga para cada una de las estructuras elegidas:

I. Columnas de dos canales con dos placas

1. Sección
2. Placas
3. Peso nominal
4. Peso total
5. Área total
6. Altura
7. L/r
8. Carga A-36

II. Vigas IPC

1. Sección
2. Peso
3. d/Af
4. S
5. Ne
6. Altura
7. Lc
8. Lu
9. V
10. R
11. R1
12. Carga A-36

III. Dos ángulos de lados iguales

1. Sección
2. Peso
3. Altura
4. Carga A-36

IV. Tubos de acero

1. Diámetro Nominal (Sección)
2. Altura
3. Carga MON-TEN

V. Vigas I perfil estándar IPS

No se incluye una tabla en el manual AHMSA.

VI. Canales perfil estándar

- 1. Sección**
- 2. Peso**
- 3. S**
- 4. Lu**
- 5. Ne**
- 6. V**
- 7. R**
- 8. R1**
- 9. Altura**
- 10. Carga A-36**

Tabla de CARGA

La tabla siguiente es el resultado del análisis de los parámetros de carga, incluyendo las características necesarias para su definición en dBASE, así como la convención para los nombres de los campos utilizando la notación húngara:

Columnas	Tipo	Longitud	I	II	III	IV	V	VI
cCveH	carácter	4	cCve-clD	cCve - rPeso Tot	cCve	cCve	-	cCve - rPeso Tot
rAltura	numérico	8,3	6	6	3	2	-	9
rEsbeltez	numérico	8,3	7	-	-	-	-	-
rCarga	numérico	8,3	8	12	4	3	-	10

La clave cCveH es utilizada para relacionar la tabla de diseño y la tabla de carga, ya que la intersección de las dos tablas es a través de esta clave y se conforma de la siguiente manera:

- El primer carácter representa el número de tipo de columna:

1 representa 2C2P

2 representa VIPC

3 representa 2ALI

4 representa TA

5 representa VIPS

6 representa CPE

- Los siguientes 2 caracteres representan la sección o perfil, enumerándolos con dos letras comenzando en AA, AB, AC, AD, ... BA, BB, etc.

- El último carácter representa el número de renglón dentro de la sección o perfil, y el carácter es una letra.

DIAGRAMAS DE FLUJO DE DATOS

Un Diagrama de Flujo de Datos (DFD) es una representación de un sistema usando una red para identificar sus componentes y las interfaces entre éstos.

Las siguientes páginas representan los DFD's de los módulos programados del sistema.

DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 0 SISTEMA TECALTIA

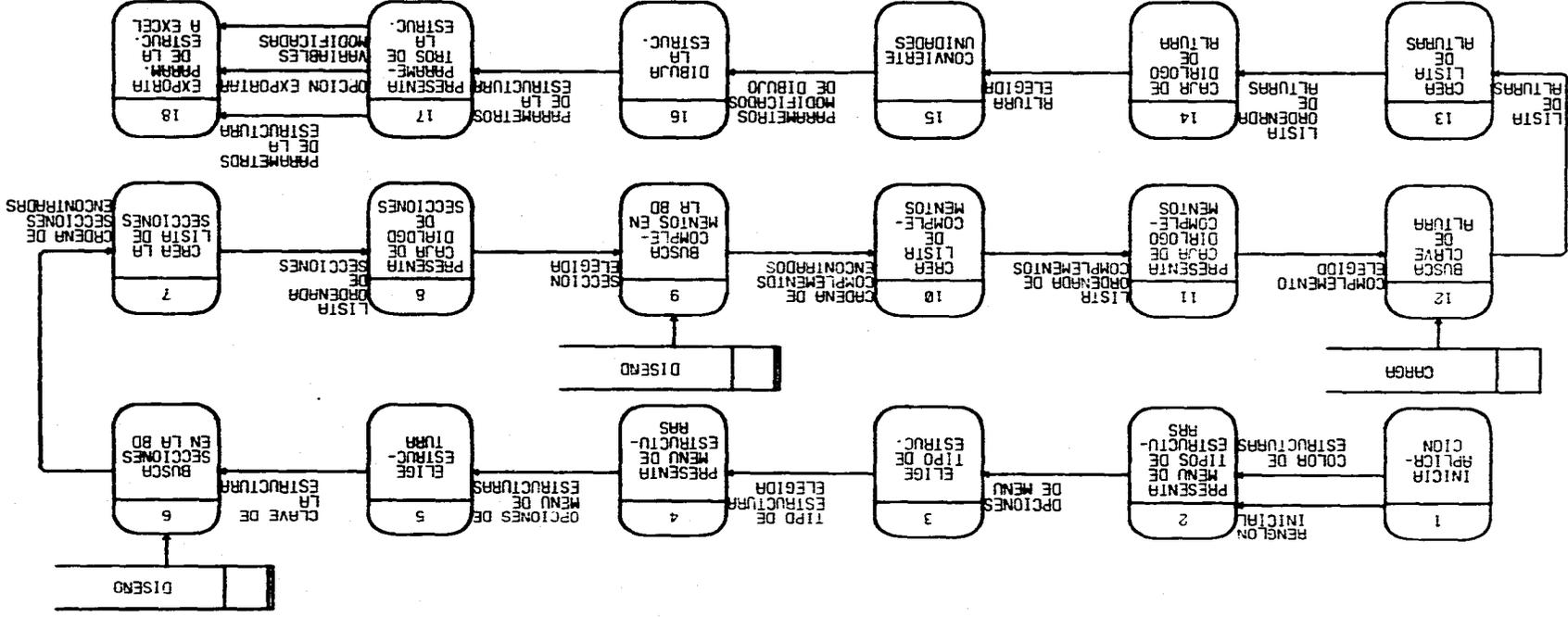


DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 0 SISTEMA TECALTIA

ANÁLISIS Y DISEÑO

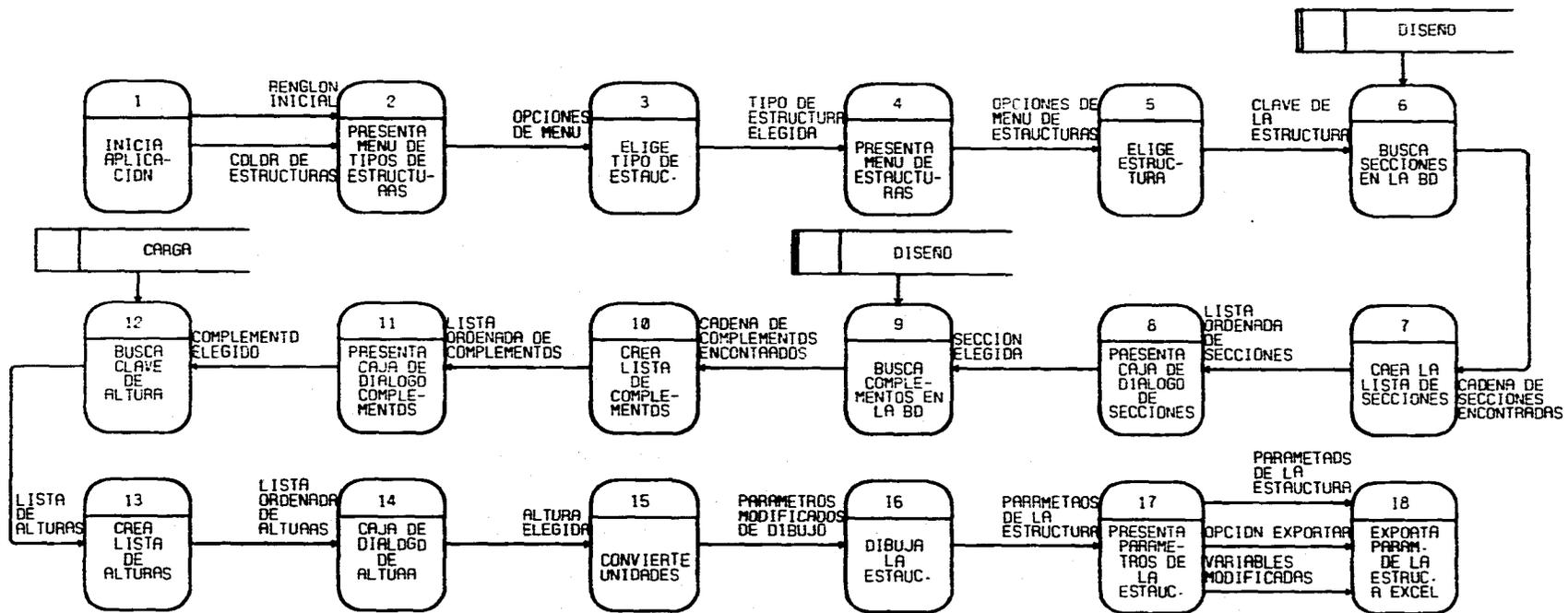


DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 6 BUSCA SECCION

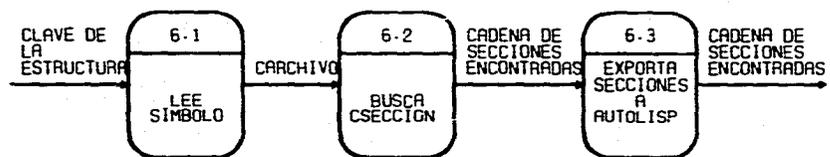


DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 6.2 BUSCA CLAVE DE SECCION

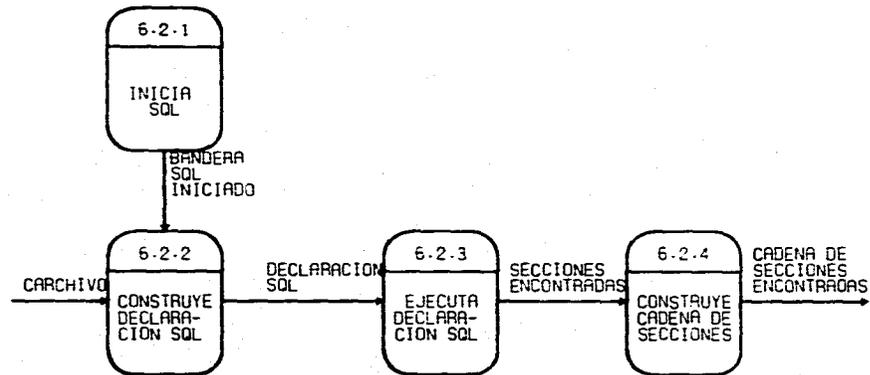


DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 7 CREA LISTA DE SECCIONES

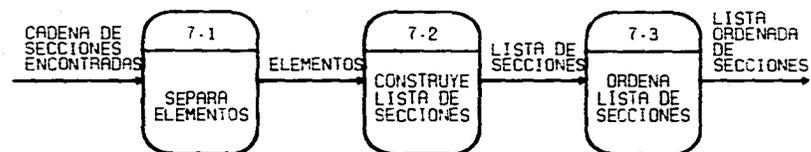


DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 8 CAJA DE DIALOGO DE SECCIONES

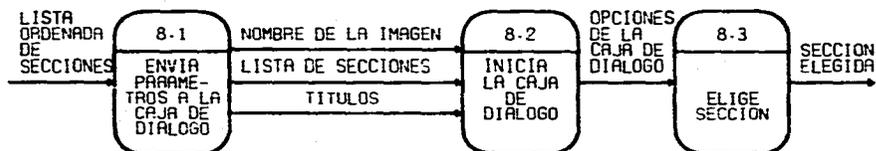


DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 9 BUSCA COMPLEMENTOS

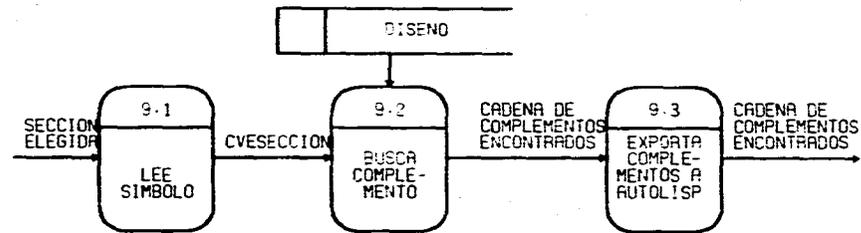


DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 9.2

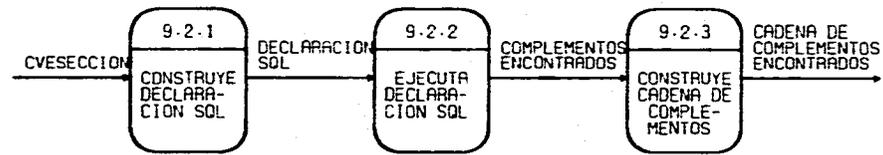


DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 10 CREA LISTA DE COMPLEMENTOS



DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 11 CAJA DE DIALOGO DE COMPLEMENTOS

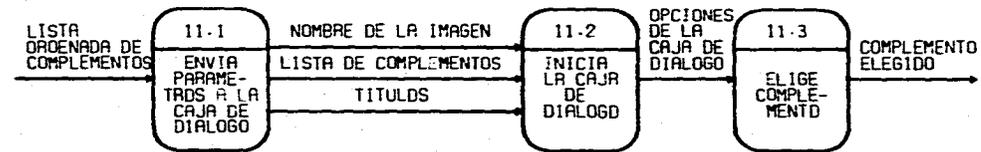


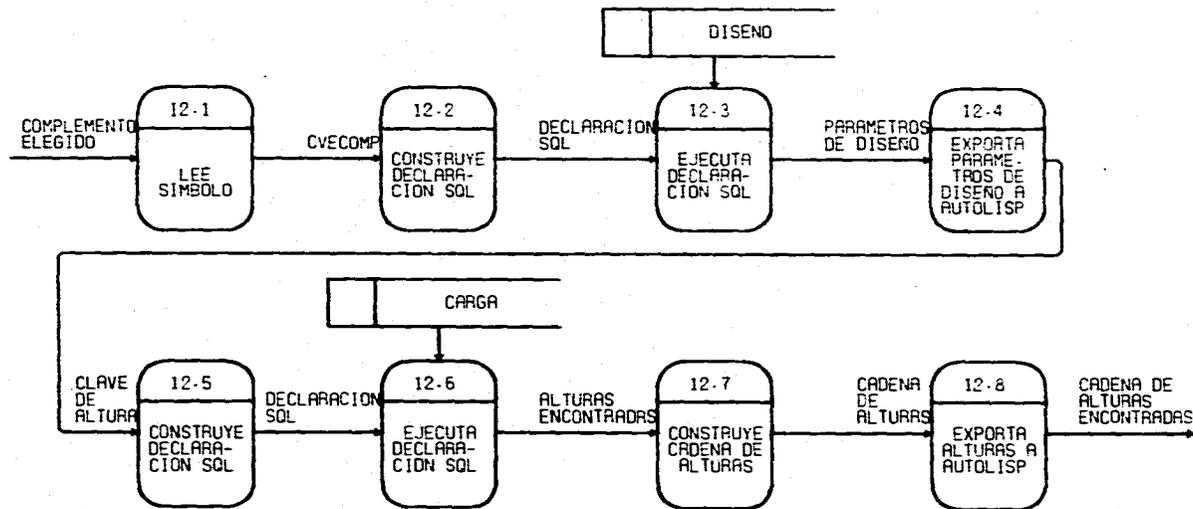
DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 12
BUSCA CLAVE DE ALTURA

DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 14 CAJA DE DIALOGO DE ALTURA

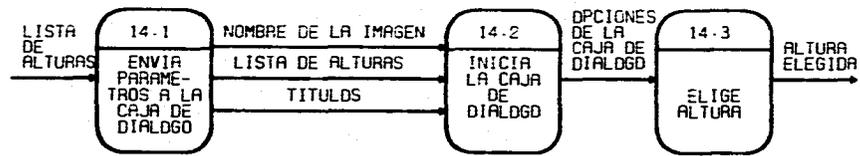


DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 15 CONVIERTE UNIDADES

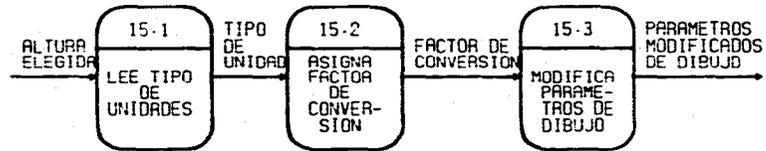


DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 16 DIBUJA LA ESTRUCTURA

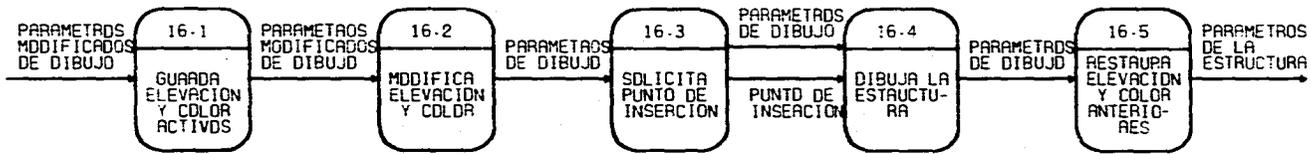
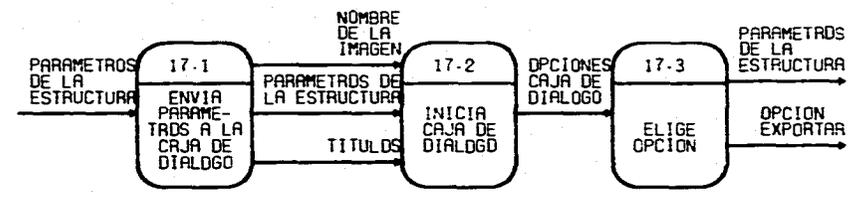


DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS 17 PRESENTA PARAMETROS DE LA ESTRUCTURA



DESARROLLO E IMPLANTACIÓN

ESTÁNDARES DE PROGRAMACIÓN

Para el nombramiento de variables y funciones dentro del sistema, utilizamos la convención de la notación Húngara, desarrollada por Charles Simonyi, la cual ha sido utilizada por los equipos de programación de Microsoft, Xerox, Apple, IBM y 3Com, entre otras compañías.

El nombramiento mediante la notación Húngara es de especial interés, ya que muchos equipos de programadores lo utilizan bajo plataformas Windows y OS/2. Muchos productos han sido desarrollados bajo ésta como son: Word, Multiplan, Excel e incluso muchas partes de Windows.

Mediante esta convención los nombres se dividen de dos partes:

- 1) **Tipo.** Para poder asignar el tipo es necesario saber los datos que se manipularán con esa variable o función, por ejemplo, si son de tipo carácter, numérico, etc. Siempre va al inicio del nombre.
- 2) **Calificador.** La palabra o mezcla de palabras descriptivas que signifiquen algo para el contenido de la variable o función.

En nuestro caso el tipo está representado por un carácter en minúscula para el caso de variables y en mayúscula en caso de ser una función. El calificador es un nombre o mezcla de nombres que describen lo que realiza el nombre o función y empieza con una letra mayúscula cada nombre. A continuación listamos los tipos utilizados así como su descripción:

Claves para los tipos de datos.

Clave	Tipo
e	entero
l	lógico (Falso o verdadero)
r	real
c	carácter
t	tabla (tabla de base de datos)
a	ASIHANDLE (utilizado para la interfaz con la base de datos)
p	parámetros (registros de la tabla de diseño de la base de datos)
b	lista (arreglo de símbolos o valores)
s	estructura (variables complejas creadas a partir de elementos básicos)
V	función que retorna un tipo void de lenguaje C

De igual forma se utilizó una convención para nombrar los diferentes archivos de programación que se fueron depurando durante el desarrollo del sistema, la cual consistió en utilizar un nombre que nos indicara la funcionalidad del archivo y la fecha de realización utilizando cuatro caracteres (DD/MM).

A continuación se describen las distintas fases del desarrollo e integración del sistema.

ELABORACIÓN DE LOS MENÚES

ESTRUCTURA DE LOS MENÚES EN AUTOCAD

En la versión 12 de AutoCAD para Windows, la estructura de los menús se divide en dos partes, que son menús colgantes y menús de iconos.

Para el desarrollo de aplicaciones existen dos opciones, crear un menú propio o alterar el menú de ambiente de AutoCAD (ACAD.MNU).

Nosotros utilizamos la segunda opción, por lo que el sistema aparece directamente dentro del ambiente común de AutoCAD, ya que es una herramienta complementaria. Las opciones del sistema aparecen dentro del menú *File*, y éste a su vez contiene un submenú colgante, con las diferentes opciones. En la opción *Representación* de este menú, accesa a menús de iconos.

Una descripción breve de la realización de estos tipos de menús se hace a continuación. Una descripción completa de la elaboración de los menús la encontrará en el capítulo 20 de la Guía de Usuario de AutoCAD.

Menús colgantes (pull-down)

Estos menús son también conocidos como de cascada, de cortina, etc. Para la definición de los menús, existe una simbología a seguir, que se encuentra descrita a detalle en la Guía de Usuario. Con estos menús se pueden hacer divisiones entre ellos, referencias a otros menús, despliegue de submenús, efectuar una secuencia de acciones, etc. A continuación se muestra un ejemplo de la elaboración y sintaxis de un menú.

```

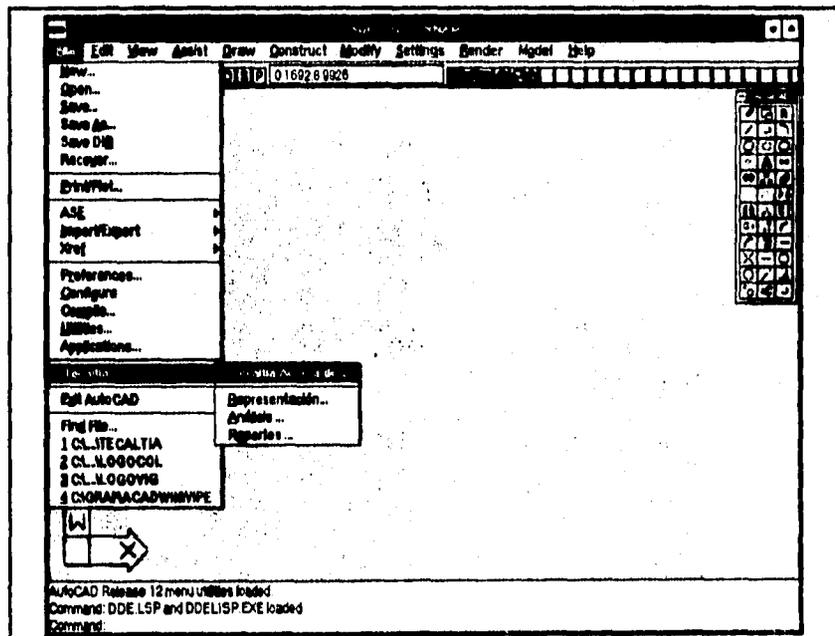
***POP1
[/File]
[/NNew...]^C^C_new
[/OOpen...]^C^C_open
[/SSave...]^C^C_qsave
[/ASave As...]^C^C_saveas
[/BSave DIB]^C^C_savedib
[/vRecover...]^C^C_recover
[-]
[/PPrint/Plot...]^C^C_plot
[-]

```

Donde:

- *** Define el tipo de menú.
- [] Opciones del menú, mnemónico (una letra precedida por una diagonal) y etiqueta
- ^C^C Cancela un comando previo, recomendado para cualquier acción posterior.
- [-] Dibuja una línea de separación.

La forma en la que se despliegan este tipo de menús es como sigue:



Menús de Iconos

Para este tipo de menús existe una ventana predefinida, con separaciones para incluir el ícono y su nombre (hasta 20 podrán ser desplegados en una misma ventana a la vez) y elegirlo de una u otra forma. Para elaborar los iconos es necesario que el dibujo sea convertido a una transparencia (slide, opción dentro de AutoCAD con extensión *SLD*). Para poder elaborar un slide se deben seguir los siguientes pasos:

- No deben existir VIEWPORTS activos.
- El valor de TILEMODE debe ser 0.
- MVIEW debe ser definido como 0,0 para la primera esquina y 3,2 para la segunda.
- El comando ZOOM debe estar en modo EXTENTS.
- Ejecutar el comando MSPACE.

Otras recomendaciones y la sintaxis a seguir para la elaboración de los menús de iconos aparecen en el capítulo 20 de la Guía de Usuario. Un ejemplo de la definición de este tipo de menú sería:

```

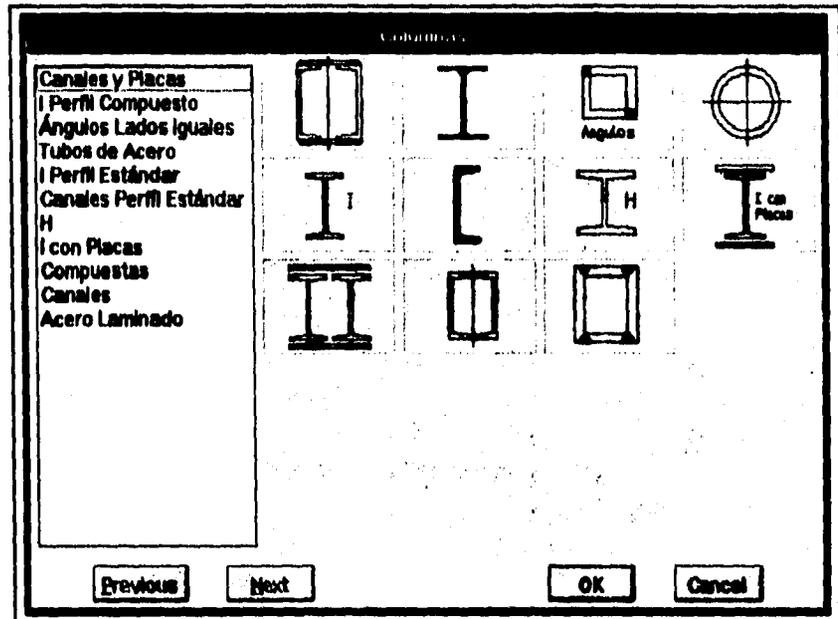
**Icon_3DObjects
[3D Objects]
[acad(box3d,3D Box)]^C^Cai_box
[acad(Pyramid)]^C^Cai_pyramid
[acad(Wedge)]^C^Cai_wedge
[acad(Dome)]^C^Cai_dome
[acad(Sphere)]^C^Cai_sphere
[acad(Cone)]^C^Cai_cone
[acad(Torus)]^C^Cai_torus
[acad(Dish)]^C^Cai_dish
[acad(Mesh)]^C^Cai_mesh

```

Donde:

[3D Objects]	Define el título del menú.
[acad(box3d,3D Box)]	Nombre del archivo (SLD) que contiene el dibujo a desplegar y su etiqueta.

Un menú de íconos se presenta de la siguiente manera dentro de AutoCAD:



TRANSPARENCIAS (SLIDES)

Un archivo slide es el equivalente a una transparencia y AutoCAD lo guarda con la extensión SLD. El archivo slide guardará la imagen desplegada en pantalla. Con este tipo de archivos se puede realizar una secuencia de imágenes o utilizarlo para presentaciones, además de formar Iconos. Los archivos slide no se pueden modificar.

Con este tipo de archivos se pueden hacer librerías para tener una mejor organización de los iconos y en dado caso tener librerías por aplicaciones, por niveles de menú, por tipos, según nos convenga.

AUTOLISP

En el capítulo "AutoCAD" se explicó el funcionamiento de AutoLISP, por lo cual en esta sección únicamente describimos las técnicas que fueron utilizadas en la programación del sistema

Definición de una función como comando

Si al definir una función al nombre de ésta se le agrega al principio "C:", esta función será reconocida como un comando propio de AutoCAD, Ejemplo:

```
(defun C:CUADRADO ()  
..... )
```

la función definida anteriormente se ejecutaría desde la línea de comandos de la siguiente manera:

Command: CUADRADO

Función para cargar un programa

Esta función es útil y se recomienda para programas que están sujetos a cambios constantes, para programas de prueba o durante la depuración de cualquier programa

```
(defun C:CARGA ()  
  (load "C:\\PROG\\LSP\\ARCHIVO.LSP")  
)
```

La finalidad de esta función es evitar el escribir la segunda línea (load) cada vez que se quiera ejecutar el programa modificado, de esta manera solo tenemos que escribir CARGA para realizar lo anterior. Es especialmente útil cuando los archivos no están dentro del mismo directorio de AutoCAD y la ruta de acceso es larga.

Existen dos formas para escribir una ruta, la primera se muestra en el ejemplo anterior, la cual utiliza doble antidiagonal (\\) para la separación de subdirectorios. La segunda forma utiliza la diagonal (/). Ejemplo:

```
(load "C:/PROG/LSP/ARCHIVO.LSP")
```

Mandando mensajes al usuario al cargar un programa

Cuando cargamos un programa resulta de gran utilidad que se nos mencione cómo podemos ejecutar las aplicaciones, esto lo podemos lograr agregando al final de nuestro programa y fuera de las funciones definidas, lo cual se muestra en las siguientes líneas:

```
(princ "Mensaje para el usuario COMANDO1, COMANDO2.")  
(princ)
```

Si el segundo princ no se incluye el mensaje se repetirá, ya que AutoLISP hace eco del resultado de la última instrucción ejecutada.

Se pueden tener varios programas de AutoLISP residentes en AutoCAD al mismo tiempo, lo cual resulta muy útil para elaborar programas de prueba en módulos separados y una vez verificado su correcto funcionamiento incluirlos en un mismo archivo.

ADS

COMPILACIÓN DE UN PROGRAMA EN LENGUAJE C

ADS contiene una serie de librerías para poder trabajarlas en lenguaje "C"

Para la compilación de este tipo de programas no se utilizó directamente el Entorno Integrado de Desarrollo IDE (Integrated Development Environment) propio del compilador de Borland C versión 3.1, puesto que se hicieron varias pruebas modificando los diferentes parámetros de entorno, compilación y ligado del compilador sin embargo la compilación no se pudo realizar. En lugar de esto se hizo la compilación desde la línea de comandos de DOS utilizando dos archivo batch.

Los pasos para realizar la compilación fueron:

La forma de realizar la compilación no se encuentra documentada en los manuales propios de AutoCAD ni en bibliografía supuestamente especializada.

La investigación continuó en los archivos de documentación de AutoCAD, de los cuales ninguno contenía la información para la plataforma escogida (Windows), por lo que se procedió a investigar en otra plataforma.

DOS

La forma correcta de compilación para la plataforma DOS se encontró en un archivo de cambios de última hora llamado REALMODE.TXT

Existen una serie de parámetros específicos para poder compilar y ligar un programa. Estos fueron incluidos en dos archivos de procesamiento en lote y se muestran a continuación:

REM Archivo BAT para compilar programas en "C" para AutoCAD,
REM utilizando Borland C Versión 3.1.

BCC -I\GRAFACAD\ADS;\LENG\BC\INCLUDE -AT -1 -ml -vi -f287 -N- -G -
DTURBOC -DPROTOTYPES -DRMADS -c %1

Donde:

- BCC** **Compilador de Borland C desde la línea de comandos.**
- I** **Especifica la ruta donde el compilador buscará los archivos de encabezado para este caso son los siguientes \ACAD\ADS y \BC\INCLUDE.**
- AT** **Especifica al compilador que reconozca palabras reservadas de Borland C.**
- 1** **Especifica que el compilador generará instrucciones 80186 y 80286.**
- ml** **Especifica que el compilador generará FAR CODE y apuntadores de datos. Esto es requerido para aplicaciones en modo Real de ADS.**
- vi** **Sirve para generar información de depuración (debug) en línea en los archivos objeto.**
- f287** **Especifica que el compilador generará instrucciones en línea de punto flotante 80287.**
- N-** **Especifica que el compilador no debe generar código para verificación de la pila.**
- G** **Especifica que el compilador debe optimizar el código para incrementar la velocidad.**
- D** **Define los símbolos TURBOC, PROTOTYPES y RMADS.**
- c** **Especifica al compilador que debe crear el archivo objeto y no invocar automáticamente el ligador.**
- %1** **Parámetro utilizado en un archivo BATCH para poder pasar valores desde la línea de comandos. En este parámetro se especifica el archivo a compilar.**

```
REM Archivo BAT para ligar programas en "C" para AutoCAD,  
REM utilizando Borland C Versión 3.1.
```

```
TLINK /x/d/c/Tde/v c0l.obj %1.obj,%1.exe,,tbcads3.LIB FP87 mathl cl
```

Donde:

- TLINK** Ligador de Borland C desde la línea de comandos.
- /x** Especifica que el ligador no debe crear un archivo de mapeo.
- /d** Especifica que el ligador debe desplegar advertencias (warnings) para símbolos duplicados.
- /c** Especifica que el ligador diferencie los símbolos en mayúsculas y minúsculas.
- /Tde** Especifica que el ligador creará un ejecutable para DOS en formato *.EXE
- /v** Especifica que el ligador incluirá toda la información simbólica del depurador (debugger).
- c0l.obj** Especifica que el código de arranque proporcionado por Borland C deberá ser utilizado para esta aplicación.
- %1.obj** Parámetro utilizado en un archivo BATCH para poder pasar valores desde la línea de comandos. En este parámetro se especifica el archivo objeto.
- %1.exe** Parámetro utilizado en un archivo BATCH para poder pasar valores desde la línea de comandos. En este parámetro se especifica el archivo ejecutable.

tbcads3.LIB, FP87, mathl, cl Especifica que estas librerías deben estar ligadas dentro de la aplicación.

Windows

Como ya se mencionó anteriormente, no existe documentación acerca de la compilación para esta plataforma, por lo cual se procedió a consultar tanto a un desarrollador autorizado de AutoDesk, el Ing. Alberto Guzmán de la compañía DaSoft, como al Dr. Carlos Ramos de AutoDesk de México los cuales nos dieron las pautas necesarias sobre las cuales investigar.

Después de la investigación y una serie de pruebas se obtuvo finalmente que los pasos necesarios para la compilación, en la plataforma Windows, son los siguientes:

- 1) Asegurarse de que existen los siguientes archivos:
 - + **bcmake.bat** - Archivo de procesamiento por lotes (Batch) específico para el compilador Borland C, el cual se utiliza para compilar y ligar un programa ADS.
 - + **winads.bc** - Programa escrito en C++ el cual sirve para compilar y ligar la aplicación en el compilador Borland C.
 - + **winadsbc.lib** - Librería de ADS para el compilador y el ligador de Borland C.
 - + **winadsbc.obj** - Programa winads.bc ya compilado.
- 2) Asegurarse de que el compilador de Borland C esté configurado para hacer la compilación y el ligado de programas desde la línea de comandos de DOS. Además de que el subdirectorio BIN de Borland C se encuentre en la ruta (PATH) de DOS.
- 3) Recomendamos que los archivos de encabezado (*.H) de ADS se copien al subdirectorio INCLUDE de Borland C.
- 4) El archivo **bcmake.bat** es el siguiente:

`make -fwinads.bc %1 %2`

donde:

- make** Archivo de compilación y ligado de Borland C.
- f** Parámetro para indicar el nombre del archivo que contiene las especificaciones para la compilación y ligado en la plataforma Windows.
- winads.bc** Archivo que contiene las especificaciones para la compilación y ligado de una aplicación ADS de AutoCAD para Windows.
- %1** Parámetro utilizado en un archivo BATCH para poder pasar valores desde la línea de comandos. Este primer parámetro debe contener el nombre del archivo fuente (*.C).
 - %2** Parámetro utilizado en un archivo BATCH para poder pasar valores desde la línea de comandos. Este segundo parámetro debe contener el nombre del archivo ejecutable que se va a crear (*.EXE).

DESARROLLO CON BASE EN EL DISEÑO

A continuación presentamos una descripción general del desarrollo con base en los diagramas presentados en el capítulo "Análisis y Diseño" y en los procedimientos explicados anteriormente. Para una explicación más detallada de cada una de las funciones, refiérase a la documentación incluida en los listados.

Proceso 1. Inicia Aplicación

Este proceso es utilizado para poder mantener la aplicación residente durante la sesión de trabajo en AutoCAD. Aquí se asigna un valor inicial a las variables y los parámetros de ambiente requeridos para el correcto funcionamiento de la aplicación. Este módulo se programó en AutoLISP y es cargado automáticamente cuando se inicia AutoCAD.

Procesos 2 y 3. Presenta menú y elige tipo de estructura

En esta parte se programó una interfaz gráfica para que el usuario pueda elegir el tipo de estructura que desea analizar o representar (actualmente solo están disponibles columnas y vigas). Esta interfaz fue programada mediante el procedimiento descrito anteriormente para la elaboración de menús de iconos.

Procesos 4 y 5. Presenta menú y elige estructura

Estos procesos son similares a los dos anteriores, pero en lugar de presentar un menú de tipos de estructuras, presenta las diferentes estructuras que pertenecen al tipo elegido en los procesos anteriores.

Proceso 6. Busca secciones en la base de datos

Una vez elegida la estructura, se le asigna la clave correspondiente a un símbolo de AutoLISP el cual identifica la clave de la estructura para ser buscada en la base de datos (tabla Diseño). Para realizar la búsqueda se tiene que iniciar la interfaz entre AutoCAD y SQL, construir y ejecutar una declaración SQL válida y posteriormente exportar de regreso a AutoLISP las

secciones encontradas pertenecientes a la clave de la estructura. La interfaz AutoCAD - SQL se programó en lenguaje C utilizando la herramienta ADS.

Cabe señalar que este módulo se programó para poder ser utilizado por las distintas bases de datos que soporta AutoCAD, es por esto que dentro de la definición de variables globales se incluyen dos, para la clave de usuario y la clave de acceso (password), en dBASE no son necesarias por lo cual se encuentran definidas con cadenas vacías.

Dentro de este proceso existen dos módulos, uno para importar un símbolo de AutoLISP (en este caso el que contiene la clave de la estructura) y otro módulo para exportar las secciones encontradas en la base de datos en forma de elementos de una lista a AutoLISP.

Proceso 7. Crea la lista de secciones

Separa, ordena y crea la lista de secciones considerando cada elemento de la lista como un símbolo individual. Todo este proceso está programado en AutoLISP.

Proceso 8. Caja de diálogo de secciones

Aquí se programó una interfaz gráfica con el usuario, mediante el procedimiento descrito anteriormente para elaborar cajas de diálogo, la cual nos presenta la lista de secciones de la estructura elegida. La programación se desarrolló en AutoLISP y DCL.

Proceso 9. Busca complementos en la base de datos

Este proceso se desarrolló de forma similar al que realiza la búsqueda de las secciones en la base de datos (proceso 6).

Proceso 10. Crea lista de complementos

Este proceso se realiza con la misma rutina utilizada en el proceso 7.

Proceso 11. Caja de diálogo de complementos

Este proceso es básicamente el mismo que presenta la caja de diálogo de secciones.

Proceso 12. Busca clave de altura

Es similar a los procesos 6 y 9. Este proceso realiza también una búsqueda en la tabla Carga, es decir, realiza una doble búsqueda, en la primera se busca la clave de altura en la tabla Diseño y después se realiza la búsqueda de alturas correspondientes a esta clave. También se exportan las alturas a AutoLISP, para ser manipuladas en el siguiente proceso.

Proceso 13. Crea lista de alturas

Utiliza una rutina muy similar a la de los procesos 7 y 10, la única diferencia es que la lista es creada a partir de una serie de valores reales.

Proceso 14. Caja de diálogo de altura

Es similar a los procesos de caja de diálogo anteriores.

Proceso 15. Convierte unidades

Dentro de este proceso se detecta en qué tipo de unidades está trabajando actualmente el usuario de AutoCAD (decimal, científica, de ingeniería, arquitectónica o fraccional) y se convierten entonces los valores calculados a este tipo de unidades, para que la representación de la estructura sea proporcional con el dibujo.

Proceso 16. Dibuja la estructura

Es una rutina programada en AutoLISP que dibuja la estructura elegida en tres dimensiones a partir de un punto de inserción que el usuario proporciona, utilizando los valores convertidos anteriormente. Esta estructura es dibujada en color amarillo (color dado por omisión), pero puede ser modificado como se indica en la guía de usuario. Al terminar de dibujar se restaura al color original.

Proceso 17. Presenta parámetros de la estructura

Es una caja de diálogo que contiene toda la información que el sistema proporciona acerca de la estructura elegida.

Proceso 18. Exporta a Excel parámetros de la estructura

En la caja de diálogo del proceso anterior se presentan dos opciones, **Exportar** que nos permite enviar la información a una hoja de cálculo en Excel y **Terminar**.

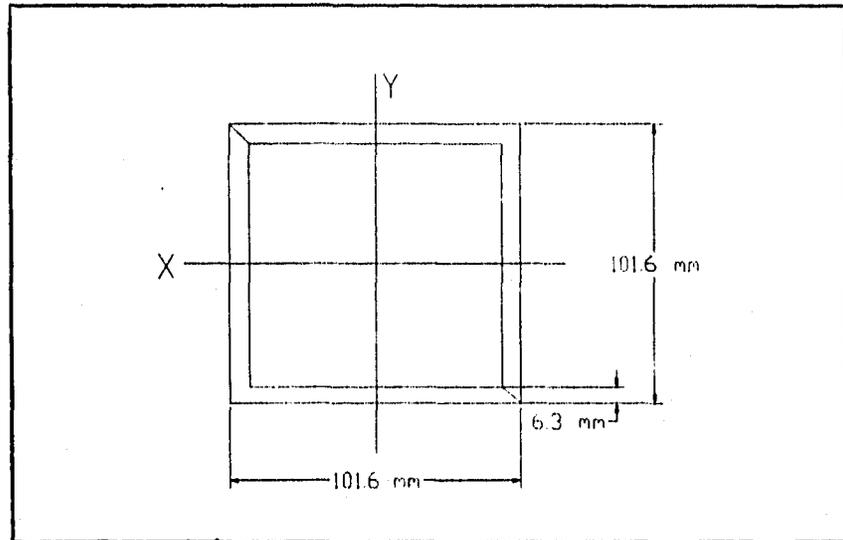
RESULTADOS

El objetivo inicial ha sido alcanzado mediante el tipo de solución y desarrollo realizados, ya que mediante este software ahora podemos obtener los resultados de manera automática, mientras que antes era necesario hacer un procedimiento de diseño y cálculo manuales.

De forma manual, el primer paso es que el diseñador proponga una estructura y después consulte si ésta existe, o por experiencia o consultando algún manual con perfiles comerciales. En el caso del sistema únicamente hay que elegir la estructura mediante menús y presentará los perfiles o secciones existentes. Mediante el procedimiento manual, el siguiente paso sería realizar los cálculos pertinentes y obtener resultados y conclusiones, mientras que en el sistema únicamente se eligen las dimensiones de la estructura y nos presenta los resultados del análisis, pudiéndolos enviar a una hoja de cálculo para su posible manipulación.

Para poder comprender mejor los resultados obtenidos, presentamos a continuación un ejemplo real, partiendo de una estructura propuesta, tomando el planteamiento del problema 4.8.3., pág. 72 del libro "Fundamentos de Diseño Estructural":

En la columna formada por dos ángulos soldados, 4" x 1/4" ó 102 x 6 mm, según la figura siguiente con una altura de 6.00 m, calcúlese su carga axial admisible como doblemente articulada ($K=1$).



En la tabla de "Propiedades de secciones compuestas de 2 ángulos con lados iguales soldados", se obtienen los datos siguientes:

$$I_x = I_y = 383.5 \text{ cm}^4$$

$$R_x = 3.91 \text{ cm}$$

$$L/R_x = 600/3.91 = 153.45 > 126$$

$$A = 25.07 \text{ cm}^2$$

Por tanto, para poder obtener el esfuerzo admisible:

$$f_a = 10\,480\,000 / (153.45)^2 = 445.1 \text{ Kg/cm}^2$$

Como $K L/R_x > (K L/R_x)_c$ el valor del coeficiente de seguridad de la fórmula anterior y de la tabla es el mismo: 1.92

$$P = 25.04 \text{ cm}^2 \times 445 \text{ Kg/cm}^2 = 11143 \text{ Kg}$$

En la tabla el valor de la carga es igual a 11.2 Ton.

Siguiendo los pasos descritos en la guía de usuario, los valores que dan solución a este problema se presentan en la siguiente figura, que es la caja de diálogo de reportes:

Valores de la Estructura



Diagrama de la estructura de un pilar, mostrando un eje vertical con una sección transversal rectangular y una altura indicada.

Sección : (mm)	102x102
Ancho : (mm)	0.006
Área (cm ²) :	25.04
Peso total (kg/m) :	19.64
Ix (cm ⁴) :	383.50
Sx (cm ³) :	75.50
Rx (cm) :	3.91
Iy (cm ⁴) :	383.50
Sy (cm ³) :	75.50
Ry (cm) :	3.91
Altura (mm) :	6000
Carga (ton) :	11.20

Exportar **Terminar**

CONCLUSIONES

A continuación presentamos las principales conclusiones que se obtuvieron de este trabajo de tesis. Están divididas en dos secciones, la primera, relacionada con el diseño y el desarrollo del sistema (1-6), y la segunda, con las disciplinas a las que está dirigido el sistema (7-8).

1. Aprendimos y aplicamos la forma de intercomunicar distintas aplicaciones por medio de los lenguajes C y AutoLISP.
2. Aprovechamos la versatilidad que brindan las herramientas de AutoCAD para la programación de aplicaciones que pueden ejecutarse en diversas plataformas.
3. Tuvimos éxito en el diseño y elaboración de la interfaz con el usuario, ya que es una interfaz gráfica y está orientada a personas no especializadas en cómputo.
4. Conseguimos hacer un uso eficiente de los manejadores o manipuladores, en especial en el proceso de abrir y cerrar declaraciones SQL hacia la base de datos, lo cual permite una comunicación eficiente y transparente entre los módulos. Aunque éstos fueron desarrollados en diferentes lenguajes y herramientas, el usuario recibe la impresión de estar en una sola aplicación muy amplia.
5. Mantuvimos siempre el manejo de memoria dentro de las recomendaciones necesarias para la ejecución del software, sin requerimientos de memoria adicional.
6. Nos enfrentamos a problemas de falta de documentación o documentación incompleta. Por ejemplo, no está documentada la transferencia de datos entre aplicaciones cuando tenemos listas, pues lo que se transfiere son símbolos. Tampoco se pudo encontrar la documentación que explicara como compilar una aplicación ADS para Windows. Estos problemas se resolvieron con trabajo propio de una manera eficiente.

7. Aplicamos los conocimientos adquiridos en la formación universitaria para el desarrollo de un proyecto interdisciplinario.
8. Debido a la finalidad de la tesis adquirimos diversos conocimientos en las áreas de arquitectura, diseño y cálculo estructural.

Con el desarrollo del sistema se cumplió con el objetivo propuesto en este trabajo de tesis. Debido a la amplitud de las áreas de aplicación se tuvo que acotar el número de estructuras que se pueden analizar y la profundidad de este análisis, centrándose en los datos de mayor utilidad para una primera fase.

Esta primera fase contiene un análisis estructural básico de columnas de acero que reporta los resultados en la pantalla y/o enviándolos a una hoja de cálculo.

En esta primera versión no se incluyen otros tipos de estructuras debido a la limitante de tiempo que un trabajo de este tipo exige, tampoco se profundizó en el cálculo estático (no se incluyen análisis de vientos, de sismos, celular, etc.).

El sistema puede ser complementado con los puntos mencionados en el párrafo anterior, los cuales se pueden añadir con módulos de programación y/o modificando la base de datos.

ANEXO A - GUÍA DE USUARIO

INTRODUCCIÓN

El propósito de esta guía es indicar al usuario de Tecaltia la secuencia de pasos que debe seguir para la representación de estructuras y obtención de reportes.

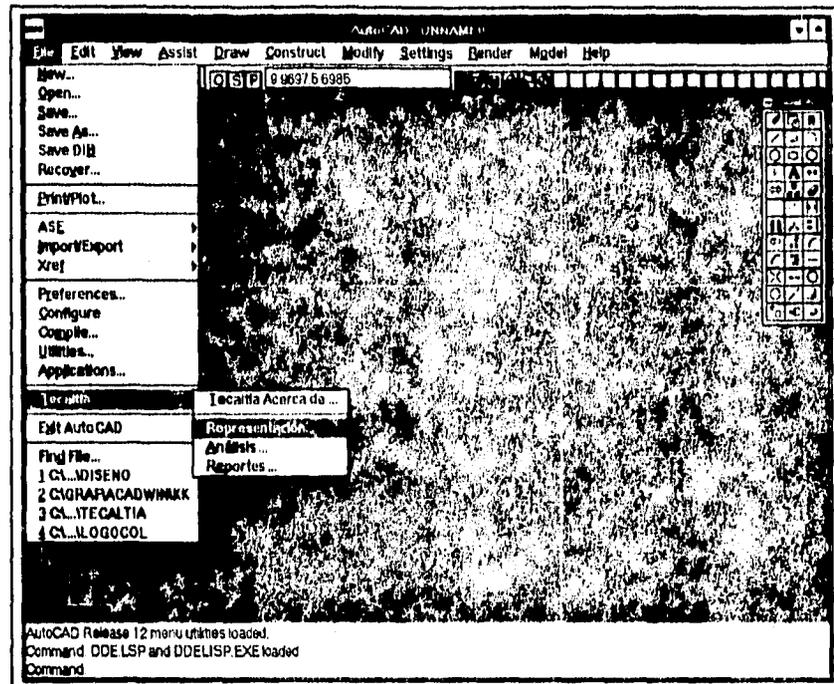
La interfaz de Tecaltia es sencilla y amigable ya que está dirigida a usuarios no expertos en cómputo mediante menús de íconos, cajas de diálogo y mensajes al usuario.

REPRESENTACIÓN DE ESTRUCTURAS

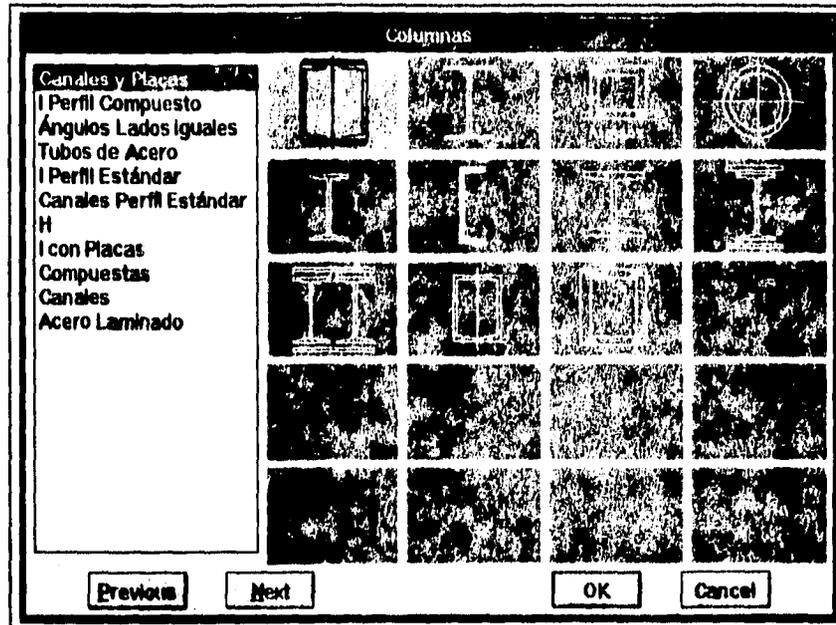
Puesto que Tecaltia es una herramienta complementaria que se inicia junto con AutoCAD y que permanece residente durante la sesión de trabajo, no es necesario realizar ninguna operación previa para su utilización.

Para la representación gráfica de estructuras se deben seguir los siguientes pasos:

- 1) Seleccionar la opción del menú **E**llo (Archivo) de AutoCAD y elegir **I**ecaltia. Se despliega un menú colgante del cual se debe elegir la opción **R**epresentación.



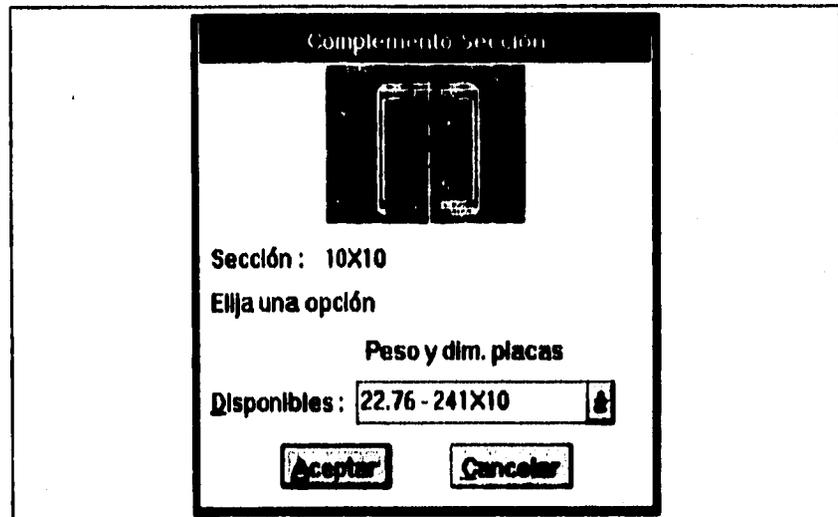
- 2) Se despliega un menú de iconos con los diferentes tipos de estructuras (en esta versión sólo están disponibles columnas y vigas). Se elige el tipo de estructura. Esto se puede lograr haciendo doble clic en el ícono deseado o un sólo clic sobre el mismo ícono y un segundo clic en el botón **OK**.
- 3) A continuación se despliega un menú de iconos con las distintas estructuras del tipo elegido. Aquí se debe elegir la estructura a representar.



- 4) En la caja de diálogo **Sección** que aparece, se muestra la estructura elegida y una serie de secciones o perfiles disponibles, los cuales se pueden desplegar haciendo clic en el botón con una flecha. Se elige la sección o perfil a representar y se presiona el botón **Aceptar**.



- 5) Después aparece la caja de diálogo **Complemento Sección** presentando una serie de complementos disponibles para la identificación de las dimensiones de la estructura que se representará. Se elige la opción apropiada y se presiona el botón **Aceptar**.

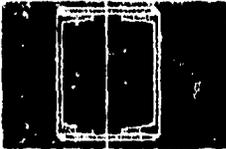


- 6) La tercera caja de diálogo, **Altura**, nos muestra las diferentes alturas disponibles para las dimensiones elegidas. Se elige la altura deseada y se presiona el botón **Aceptar**.



- 7) A continuación se presentará un mensaje en la línea de comandos que solicita el punto de inserción de la estructura. Posterior a la elección del punto se dibuja la estructura en color amarillo (color dado por omisión).
- 8) Se despliega una ventana con los valores propios de la estructura elegida, la cual muestra dos botones con las opciones **Exportar** y **Terminar**. La primera envía los datos desplegados a una hoja de cálculo en Excel, ya sea para la manipulación de los datos o para su impresión; la segunda opción termina el procedimiento.

Valores de la Estructura



Sección (pulg.):	10X10
Altura de las placas (m):	241.00
Ancho de las placas (m):	0.010
Área (cm²):	102.90
Peso del canal (kg/m):	22.76
Peso total (kg/m):	81.56
Ix (cm⁴):	13584.00
Sx (cm³):	992.00
Rx (cm):	11.50
Iy (cm⁴):	9919.00
Sy (cm³):	781.00
Ry (cm):	9.80
Altura (mm):	2000
Carga (ton):	149.30
Esbeltez:	20.40

Exportar
Terminar

REPORTES

La secuencia de pasos necesarios para la emisión de reportes es casi idéntica a la de representación, pero resulta de utilidad cuando sólo se desea obtener los valores de una estructura sin dibujarla.

Para la emisión de reportes de estructuras se deben seguir los siguientes pasos:

- 1) Elegir la opción del menú **F**ile (Archivo) de AutoCAD y elegir **T**ecaltia. Se despliega un menú colgante del cual se debe elegir la opción **R**eportes.
- 2) Se despliega un menú de iconos con los diferentes tipos de estructuras (en esta versión sólo están disponibles columnas y vigas). Se elige el tipo de estructura. Esto se puede lograr haciendo doble clic en el icono deseado o un sólo clic en el mismo icono y un segundo clic en el botón **OK**.
- 3) A continuación se despliega un menú de iconos con las distintas estructuras del tipo elegido. Aquí se debe elegir la estructura a representar.
- 4) En la caja de diálogo **Sección** que aparece, se muestra la estructura elegida y una serie de secciones o perfiles disponibles, los cuales se pueden desplegar haciendo clic en el botón con una flecha. Se elige la sección o perfil a representar y se presiona el botón **A**ceptar.
- 5) Después aparece la caja de diálogo **Complemento Sección** presentando una serie de complementos disponibles para la identificación de las dimensiones de la estructura que se representará. Se elige la opción apropiada y se presiona el botón **A**ceptar.
- 6) La tercera caja de diálogo, **Altura**, nos muestra las diferentes alturas disponibles para las dimensiones elegidas. Se elige la altura deseada y se presiona el botón **A**ceptar.

- 7) Se despliega una ventana con los valores propios de la estructura elegida, la cual muestra dos botones con las opciones **Exportar** y **Terminar**. La primera envía los datos desplegados a una hoja de cálculo en Excel, ya sea para la manipulación de los datos o para su impresión; la segunda opción termina el procedimiento.

COLOR DE LAS ESTRUCTURAS

Si por alguna razón se desea que las estructuras sean dibujadas en un color diferente al amarillo (color dado por omisión), será necesario teclear en la línea de comandos, antes de elegir la opción de **Representación**, la siguiente línea:

```
Command: (setq cColor "COLOR")
```

donde COLOR puede ser:

RED, GREEN, WHITE, MAGENTA, CYAN, BLUE, c algún número (entre 1 y 256) disponible en la paleta de colores.

ANEXO B - LISTADOS

A continuación incluimos parte de los listados que consideramos más importantes de la programación del sistema. No se incluyen los listados completos ya que son muy extensos.

.....

Archivo : TECALTIA.C

Objetivo : Programación de la interfaz entre SQL y AutoLISP, para la manipulación de una base de datos.

Descripción : Dentro del programa se incluyen las siguientes funciones:

- Carga automática del manejador de base de datos DBASE3.
- Terminación del manejador de base de datos.
- Búsqueda y manipulación de la base de datos.
- Importación y exportación de símbolos de AutoLISP.

Realizado por :

Flores Velasco Horacio
Rodríguez Velázquez Rafael

.....
/.....
Programa principal que maneja la interfaz con ADS y SQL.
.....

void main (argc, argv)

/* Número de Argumentos */

int argc;

/* Arreglo de Argumentos */

char **argv;

{

int eStatus;

/* Código de resultado por omisión */

short sCodigo = RSRSLT;

/* Inicia la interfaz con ADS */

```
ads_init (argc, argv);

/* Ciclo infinito para verificación de los requerimientos de
funciones desde AutoLISP */

while (TRUE)
{
    if ((eStatus = ads_link (sCodigo)) < 0)
    {

        /* No se debe usar el ads_printf() para desplegar
este mensaje porque la conexión falló */

        printf("\nNo se estableció comunicación con AutoCAD ");
        printf("(eStatus = %d)\n", eStatus);
        fflush (stdout);

        /* exit(1) únicamente requerida para una terminación anormal */

        exit (1);
    }

    /* Código de resultado por omisión */

    sCodigo = RSRSLT;

    /* Los casos en el siguiente switch verifican los códigos de
requerimiento de AUTOLISP */

    switch (eStatus)
    {

        /* Requerimiento para registrar las funciones externas */

        case RQXLOAD:

            sCodigo = ECargaFunciones();
            if (sCodigo == RSRSLT)

                /* Inicia la interfaz con SQL */

                asi_initsql ();

            break;

        /* Los siguientes "case" pueden ser manipulados normalmente
regresando RSRSLT -- no necesitan estar presentes si no
son manipulados explícitamente. */

        /* Requerimiento para descargar un programa */
    }
}
```

```
case RQXUNLD:

/* Requerimiento de salida de AutoCAD */

case RQQUIT:

/* Requerimiento de terminación de Aplicación */

case RQEND:

/* Terminación de la conexión con la base de datos */

if (ISqlActivo)
{
    asi_loff(&aConector);
    ISqlActivo = FALSE;
}

/* Termina el manejador de la base de datos */

if (IManActivo)
{
    asi_termdrv (&aManejador);
    IManActivo = FALSE;
}

/* Termina la interfaz SQL */

asi_termsql ();

}
}

/*****
Función que carga las funciones como comandos de AutoCAD
*****/

static int ECargaFunciones(void)
{

/* Estructura que asigna los nombres de las funciones a un comando
para que sean reconocidos por AutoCAD */

static struct
{
    char *cNombre;
    void (*VFuncion) _((void));
} sComando[] = { {"BUSCASEC", VBuscaSec},
                {"BUSCACOM", VBuscaComp},
                {"BUSCACVE", VBuscaCveH},
```

```
        {"BUSCACAR", VBuscaCarga}};

/* Contador para el número de comandos */
int i = 4;

/* Ciclo de definición de funciones como comandos */
while (i--)
{
    if (ads_defun(sComando[i].cNombre, i) != RTNORM)
        return RSERR;
    if (ads_regfunc((int(*)())sComando[i].VFuncion, i) != RTNORM)
        ads_abort ("\nNo se puede asignar esta función");
}
return RSRSLT;
}

/*****
Inicio de la interfaz con SQL y carga del manejador
*****/

static void VIniciaSql(void)
{
    int eCodigoRetorno;

    /* Desactiva la base de datos anterior */
    if (ISqlActivo)
    {
        asi_lof(&aConector);
        ISqlActivo = FALSE;
    }

    /* Cerrando el manejador anterior */
    if (IManActivo)
    {
        asi_termdrv(&aManejador);
        IManActivo = FALSE;
    }

    /* Carga manejador, BD y tabla */
    IManActivo = eCodigoRetorno = asi_initdrv(&aManejador, MANEJADOR);
    ads_printf("\n%s\n", eCodigoRetorno ? "Manejador cargado." :
        asi_errmsg(&aManejador));
    ISqlActivo = eCodigoRetorno =
        asi_lon(&aConector, &aManejador, TDISENO, CUSUARIO, CCLAVE);
    ads_printf("\n%s\n", eCodigoRetorno ? "Conectado a la BD." :

```

```

asi_errmsg (&aConector));

ads_retvoid();
}

/*****
Busca la llave de la estructura seleccionada en una caja de diálogo de
AutoLISP.
*****/

static void VBuscaSec(void)
{
    char cCveEstruc[5],
        cDeclaracion[MAX_BUFF+1];

    /* Declaración SQL para la búsqueda en la tabla DISENO de la clave
       de la sección de la estructura elegida en AutoCAD */

    VIniciaSql();
    strcpy(cDeclaracion,"SELECT * FROM DISENO WHERE CCVE = ");
    VLeeSimbolo("cArchivo",&cCveEstruc);
    strcat(cDeclaracion,cCveEstruc);

    /* La siguiente expresión es necesaria para ordenar y posteriormente
       poder comparar la serie de elementos encontrados en la BD. */

    strcat(cDeclaracion," ORDER BY CSECCION");

    /* Abriendo comunicación */

    asi_ohdl(&aComunicador, &aConector);

    /* Imprime la declaración SQL */
    /* ads_printf("\n%s",cDeclaracion); */

    if (asi_com(&aComunicador,cDeclaracion) == ASI_BAD)
    {
        ads_printf("\nError en la declaración SQL.\n");
        ads_printf("Posición : %d",asi_synerrpos(&aComunicador));
    }
    else
    {

        /* Ejecuta declaración SQL. */

        if (asi_exe (&aComunicador) == ASI_BAD)
            ads_printf("\nError : %s", asi_errmsg(&aComunicador));
        else if (asi_stm (&aComunicador) == ASI_CURSOR)
        {

            /* Verifica cuantos registros fueron seleccionados */

```

```
        /* ads_printf("\n%d Registros seleccionados",
                    asi_rowqty(&aComunicador)); */

        VConsLista(1);
    }
}
asi_chdl(&aComunicador);
}

/*****
Asigna los valores de los parámetros encontrados en la búsqueda de una
estructura y los envía a AutoLISP
*****/

static void VAsignaValores(void)
{
    char cValor[256];
    int eTipo;

    /* Posiciona el cursor en el primer registro seleccionado */

    asi_fet(&aComunicador);

    /* Verifica que la selección no esté vacía */

    if (asi_carrow(&aComunicador) == -2)
        ads_prompt("\nNada a buscar");

    /* (char *) convierte el valor encontrado a una cadena de caracteres */

    asi_cvl(&aComunicador, 0, cValor, 255, &eTipo);
    strcpy(pRenglon.cCve, (char *) cValor);

    asi_cvl(&aComunicador, 1, cValor, 255, &eTipo);
    strcpy(pRenglon.cSeccion, (char *) cValor);

    asi_cvl(&aComunicador, 2, cValor, 255, &eTipo);
    strcpy(pRenglon.cID, (char *) cValor);

    asi_cvl(&aComunicador, 20, cValor, 255, &eTipo);
    strcpy(pRenglon.cVeH, (char *) cValor);

    /* (real *) convierte el valor encontrado a un valor numérico real */

    asi_cvl(&aComunicador, 3, cValor, 255, &eTipo);
    pRenglon.rLadoD = (real *) cValor;

    asi_cvl(&aComunicador, 4, cValor, 255, &eTipo);
    pRenglon.rLadoB = (real *) cValor;
}
```

```
asi_cvI(&aComunicador, 5, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rPH = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 6, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rPA = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 7, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rTf = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 8, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rT = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 9, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rTw = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 10, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rArea = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 11, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rPesoC = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 12, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rPesoTot = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 13, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rIx = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 14, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rSx = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 15, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rRx = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 16, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rIy = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 17, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rSy = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 18, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rRy = (real *) cValor;

asi_cvI(&aComunicador, 19, cValor, 255, &eTipo);
pRenglon.rRb = (real *) cValor;

VMandaValor(pRenglon.rLadoB, "rLadoB");
VMandaValor(pRenglon.rLadoD, "rLadoD");
VMandaValor(pRenglon.rPA, "rPA");
VMandaValor(pRenglon.rPH, "rPH");
VMandaValor(pRenglon.rTf, "rTf");
VMandaValor(pRenglon.rT, "rT");
```

```

VMandaValoR(pRenglon.rTw,"rTw");
VMandaValoR(pRenglon.rArea,"rArea");
VMandaValoR(pRenglon.rPesoC,"rPesoC");
VMandaValoR(pRenglon.rPesoTot,"rPesoTot");
VMandaValoR(pRenglon.rIx,"rIx");
VMandaValoR(pRenglon.rSx,"rSx");
VMandaValoR(pRenglon.rRx,"rRx");
VMandaValoR(pRenglon.rIy,"rIy");
VMandaValoR(pRenglon.rSy,"rSy");
VMandaValoR(pRenglon.rRy,"rRy");
VMandaValoR(pRenglon.rRb,"rRb");
}

/*****
Lee un símbolo de AutoLISP "cSimLISP" y lo almacena en la variable de ADS
"cSimADS".
*****/

static void VLeeSimbolo(char cSimLISP,char cSimADS)
{
    struct resbuf *sBufRes;
    int eCodRes;

    /* Lee símbolo de AutoLISP */

    eCodRes = ads_getsym(cSimLISP,sBufRes);

    if (eCodRes == RTNORM && sBufRes->restype == RTSTR)
        strcpy(cSimADS,sBufRes->resval.rstring);

    ads_relrb(sBufRes);

    /* Terminación normal de la función */

    return RSRSLT;
}

/*****
Manda un valor real como símbolo a AutoLISP
*****/

static void VMandaValoR(float rValor, char cSim)
{
    struct resbuf *sValor;

    sValor = ads_buildlist(RTREAL,rValor,0);

    if (sValor == NULL)

```

```
    {
        ads_fail("\nNo se pudo crear la lista\n");
        return(0);
    }

/* Exporta la lista como símbolo de AutoLISP. */

ads_putsym(*cSim,sValor);
ads_retlst(sValor);
ads_relrb(sValor);
}

; .....

;Archivo : TECALTIA.LSP

;Objetivo : Interfaz entre el usuario y AutoCAD.

;Descripción : Dentro del programa se incluyen las siguientes funciones :

    - Presentación de cajas de diálogo.
    - Actualización de los valores de los símbolos de AutoLISP.
    - Dibujo de estructuras.
    - Cambio y restablecimiento de variables de ambiente.

;Realizado por :
    Flores Velasco Horacio
    Rodríguez Velázquez Rafael

; .....

; .....
; Función que presenta la caja de diálogo de sección (SECCION).
; "eDclld" es el identificador del archivo DCL.
; .....

(defun SECCION(/ eDclld)

    ; Lectura de la caja de diálogo

    (setq eDclld (load_dialog "C:/TESIS/PROG/DCL/TECALTIA.DCL"))
    (if ( not (new_dialog "SECCION" eDclld ) )
        (exit))

```

; Retorno de los valores seleccionados

```
(action_tile "listaSeccion" "(progn (setq eIndice (atoi value))))"
(action_tile "Aceptar" (strcat "(progn (setq lContinua "V"))" "done_dialog"))
(action_tile "Cancelar" (strcat "(progn (setq lContinua "F"))" "done_dialog"))
```

; Inserta la lista de secciones encontradas en el programa ADS

```
(set_tile "cTitSec" cTitSec)
(start_list "listaSeccion")
(mapcar 'add_list bLista)
(end_list)
```

; Inserta el "slide" de la estructura elegida identificando
; el archivo del "slide" mediante la variable "cArchivo"

```
(setq x (dimx_tile "imagen") y (dimy_tile "imagen"))
(start_image "imagen")
(slide_image 0 0 x y cArchivo)
(end_image)
```

; Inicia la caja de diálogo

```
(start_dialog)
```

; Termina la caja de diálogo

```
(unload_dialog eDclId)
```

; Asigna a la variable "cSeccionSel" el valor seleccionado de la lista

```
(setq cSeccionSel (nth eIndice bLista))
(princ)
```

)

```
; .....
```

; Función que crea la lista que es presentada en las cajas de diálogo

```
; .....
```

(defun CREALISTA)

```
(if (= lContinua "V")
(progn
;Ciclo que añade los elementos a una lista auxiliar tomándolos de una
; cadena de caracteres.
```

```
(while (> (strlen bLista) 1)
(setq cElemento (read bLista))
(setq bLista2 (cons cElemento bLista2))
(setq bLista (substr bLista (+ (strlen cElemento) 3)))
```

```

)
;Invierte el orden de la lista auxiliar y la reasigna a la lista
;a presentar en las cajas de diálogo
)
)
(princ)
)

;*****
; Función que dibuja la estructura 2C2P en tres dimensiones
; "THICKNESS" es la variable de ambiente para el espesor de las entidades
;*****

(defun Dib2c2p()

  (if (= lContinua "V")
    (progn
      (setq TitEstruc "Columna con 2 canales y 2 placas")

      ;Modificación de las variables de proporciones por
      ;del tipo de unidad

      ;Asignación de valores a variables de ambiente

      (setq rHAnterior (getvar "THICKNESS"))
      (setvar "THICKNESS" (* cAlturaSel rFactor))
      (setq rCAnterior (getvar "CECOLOR"))
      (setvar "CECOLOR" cColor)

      (initget 32 "POINT")
      (setq sPto1 (getpoint "\nSeleccione el punto de inserción (Esq. Sup. Izq.):" ))
      (setq sZ (caddr sPto1))

      (setvar "CMDECHO" 0)

      ;Cálculo de los vértices de la estructura, tomados de símbolos importados
      ;de ADS

      (setq sPto2 (cons (+ (car sPto1) (- (/ rLadoB 2) (/ r7 2))) sPto2))
      (setq sPto2 (cons (cadr sPto1) sPto2))
      (setq sPto2 (cons sZ sPto2))
      (setq sPto2 (reverse sPto2))
      (setq sPto2 (cdr sPto2))

      (setq sPto3 (cons (car sPto2) sPto3))
      (setq sPto3 (cons (- (cadr sPto2) rPA) sPto3))
      (setq sPto3 (cons sZ sPto3))
      (setq sPto3 (reverse sPto3))

```

```
(setq sPto3 (cdr sPto3))
```

```
(setq sPto4 (cons (+ (car sPto1) rPA) sPto4))  
(setq sPto4 (cons (- (cadr sPto1) (* rPA 1.3)) sPto4))  
(setq sPto4 (cons sZ sPto4))  
(setq sPto4 (reverse sPto4))  
(setq sPto4 (cdr sPto4))
```

```
(setq sPto5 (cons (car sPto4) sPto5))  
(setq sPto5 (cons (+ (- (cadr sPto1) rLadoD) (* rPA 1.3)) sPto5))  
(setq sPto5 (cons sZ sPto5))  
(setq sPto5 (reverse sPto5))  
(setq sPto5 (cdr sPto5))
```

```
(setq sPto6 (cons (car sPto3) sPto6))  
(setq sPto6 (cons (+ (- (cadr sPto2) rLadoD) rPA) sPto6))  
(setq sPto6 (cons sZ sPto6))  
(setq sPto6 (reverse sPto6))  
(setq sPto6 (cdr sPto6))
```

```
(setq sPto7 (cons (car sPto6) sPto7))  
(setq sPto7 (cons (- (cadr sPto6) rPA) sPto7))  
(setq sPto7 (cons sZ sPto7))  
(setq sPto7 (reverse sPto7))  
(setq sPto7 (cdr sPto7))
```

```
(setq sPto8 (cons (car sPto1) sPto8))  
(setq sPto8 (cons (- (cadr sPto1) rLadoD) sPto8))  
(setq sPto8 (cons sZ sPto8))  
(setq sPto8 (reverse sPto8))  
(setq sPto8 (cdr sPto8))
```

```
(setq sPto9 (cons (+ (car sPto2) r7) sPto9))  
(setq sPto9 (cons (cadr sPto2) sPto9))  
(setq sPto9 (cons sZ sPto9))  
(setq sPto9 (reverse sPto9))  
(setq sPto9 (cdr sPto9))
```

```
(setq sPto10 (cons (+ (car sPto1) rLadoB) sPto10))  
(setq sPto10 (cons (cadr sPto9) sPto10))  
(setq sPto10 (cons sZ sPto10))  
(setq sPto10 (reverse sPto10))  
(setq sPto10 (cdr sPto10))
```

```
(setq sPto11 (cons (car sPto10) sPto11))
(setq sPto11 (cons (- (cadr sPto10) rLadoD) sPto11))
(setq sPto11 (cons sZ sPto11))
(setq sPto11 (reverse sPto11))
(setq sPto11 (cdr sPto11))
```

```
(setq sPto12 (cons (car sPto9) sPto12))
(setq sPto12 (cons (cadr sPto11) sPto12))
(setq sPto12 (cons sZ sPto12))
(setq sPto12 (reverse sPto12))
(setq sPto12 (cdr sPto12))
```

```
(setq sPto13 (cons (car sPto12) sPto13))
(setq sPto13 (cons (cadr sPto6) sPto13))
(setq sPto13 (cons sZ sPto13))
(setq sPto13 (reverse sPto13))
(setq sPto13 (cdr sPto13))
```

```
(setq sPto14 (cons (- (car sPto11) rPA) sPto14))
(setq sPto14 (cons (cadr sPto5) sPto14))
(setq sPto14 (cons sZ sPto14))
(setq sPto14 (reverse sPto14))
(setq sPto14 (cdr sPto14))
```

```
(setq sPto15 (cons (car sPto14) sPto15))
(setq sPto15 (cons (cadr sPto4) sPto15))
(setq sPto15 (cons sZ sPto15))
(setq sPto15 (reverse sPto15))
(setq sPto15 (cdr sPto15))
```

```
(setq sPto16 (cons (car sPto13) sPto16))
(setq sPto16 (cons (cadr sPto3) sPto16))
(setq sPto16 (cons sZ sPto16))
(setq sPto16 (reverse sPto16))
(setq sPto16 (cdr sPto16))
```

```
(setq sPto17 (cons (+ (car sPto1) r3) sPto17))
(setq sPto17 (cons (cadr sPto1) sPto17))
(setq sPto17 (cons sZ sPto17))
(setq sPto17 (reverse sPto17))
(setq sPto17 (cdr sPto17))
```

```
(setq sPto18 (cons (- (car sPto10) r3) sPto18))
(setq sPto18 (cons (cadr sPto17) sPto18))
```

```
(setq sPto18 (cons sZ sPto18))  
(setq sPto18 (reverse sPto18))  
(setq sPto18 (cdr sPto18))
```

```
(setq sPto19 (cons (car sPto18) sPto19))  
(setq sPto19 (cons (+ (cadr sPto18) rPA) sPto19))  
(setq sPto19 (cons sZ sPto19))  
(setq sPto19 (reverse sPto19))  
(setq sPto19 (cdr sPto19))
```

```
(setq sPto20 (cons (car sPto17) sPto20))  
(setq sPto20 (cons (cadr sPto19) sPto20))  
(setq sPto20 (cons sZ sPto20))  
(setq sPto20 (reverse sPto20))  
(setq sPto20 (cdr sPto20))
```

```
(setq sPto21 (cons (+ (car sPto8) r3) sPto21))  
(setq sPto21 (cons (cadr sPto8) sPto21))  
(setq sPto21 (cons sZ sPto21))  
(setq sPto21 (reverse sPto21))  
(setq sPto21 (cdr sPto21))
```

```
(setq sPto22 (cons (car sPto21) sPto22))  
(setq sPto22 (cons (- (cadr sPto21) rPA) sPto22))  
(setq sPto22 (cons sZ sPto22))  
(setq sPto22 (reverse sPto22))  
(setq sPto22 (cdr sPto22))
```

```
(setq sPto23 (cons (car sPto18) sPto23))  
(setq sPto23 (cons (cadr sPto22) sPto23))  
(setq sPto23 (cons sZ sPto23))  
(setq sPto23 (reverse sPto23))  
(setq sPto23 (cdr sPto23))
```

```
(setq sPto24 (cons (car sPto23) sPto24))  
(setq sPto24 (cons (cadr sPto21) sPto24))  
(setq sPto24 (cons sZ sPto24))  
(setq sPto24 (reverse sPto24))  
(setq sPto24 (cdr sPto24))
```

;Dibujo de la estructura

```
(command "PLINE" sPto1 sPto2 sPto3 sPto4 sPto5 sPto6 sPto7 sPto8 "C")  
(command "PLINE" sPto9 sPto10 sPto11 sPto12 sPto13 sPto14 sPto15 sPto16 "C")  
(command "PLINE" sPto17 sPto18 sPto19 sPto20 "C")
```

```

(command "PLINE" sPto21 sPto22 sPto23 sPto24 "C")

;Se reestablecen las variables de ambiente

(setvar "THICKNESS" rHAnterior)
(setvar "CECOLOR" rCAnterior)
(Rep2C2P)
)
)
(princ)
)

; *****
; Función que manda un reporte a pantalla con los valores de la estructura
; 2C2P mediante una caja de diálogo
; *****

(defun Rep2C2P/ eDclld)

  (if (= lContinua "V")
    (progn

      ; Lectura de la caja de diálogo

      (setq eDclld (load_dialog "C:/TESIS/PROG/DCL/TECALTIA.DCL"))
      (if (not (new_dialog "REP2C2P" eDclld ))
        (exit))

      ; Retorno de los valores seleccionados

      (action_tile "Aceptar" (strcat "(progn (setq lContinua \"V\")) \"(done_dialog)\"))

      (set_tile "seccion" cSeccionSel)
      (set_tile "PH" (rtos rPH 2 2))
      (set_tile "PA" (rtos rPA 2 3))
      (set_tile "area" (rtos rArea 2 2))
      (set_tile "pesoC" (rtos rPesoC 2 2))
      (set_tile "pesoTot" (rtos rPesoTot 2 2))
      (set_tile "Ix" (rtos rIx 2 2))
      (set_tile "Sx" (rtos rSx 2 2))
      (set_tile "Rx" (rtos rRx 2 2))
      (set_tile "Iy" (rtos rIy 2 2))
      (set_tile "Sy" (rtos rSy 2 2))
      (set_tile "Ry" (rtos rRy 2 2))
      (set_tile "Altura" (rtos cAlturaSel)

    )

    (set_tile "Carga" (rtos rCarga 2 2))
    (set_tile "Esbeltz" (rtos rEsbeltz 2 2))

```

```

; Inserta el "slide" de la estructura elegida identificando
; el archivo del "slide" mediante la variable "cArchivo"

(setq x (dimx_tile "imagen") y (dimy_tile "imagen"))
(start_image "imagen")
(slide_image 0 0 x y cArchivo)
(end_image)

(action_tile "Aceptar" (strcat "(progn (setq lContinua \"V\"))" "(done_dialog)"))
(action_tile "Cancelar" (strcat "(progn (setq lContinua \"F\"))" "(done_dialog)"))

; Inicia la caja de diálogo

(start_dialog)

; Termina la caja de diálogo

(unload_dialog eDclld)

(if (= lContinua "V")
    (Exp2c2p)
)
)
)
(princ)
)

; *****
; Función que envía los datos obtenidos de la estructura 2C2P a Excel,
; utilizando la herramienta DDE
; *****

(defun Exp2c2p()

    (princ "\nExportando datos de la estructura...\n")

    ;Asignación de la celda inicial en la hoja de cálculo
    ;En esta sección se envía el dato a la celda asignada

    (setq rRenglon (+ rRenglon 1))
    (setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
    (poke canal celda TitEstruc)

    (setq rRenglon (+ rRenglon 2))
    (setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
    (poke canal celda "Sección (pulg.)")
    (setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
    (poke canal celda cSeccionSel)

```

(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Altura de las Placas (mm)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rPH 2 2))

(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Ancho de las Placas (m)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rPA 2 3))

(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Area (cm²)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rArea 2 2))

(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Peso del Canal (kg/m)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rPesoC 2 2))

(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Peso Total (kg/m)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rPesoTot 2 2))

(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Ix (cm⁴)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rIx 2 2))

(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Sx (cm³)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rSx 2 2))

(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Rx (cm)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rRx 2 2))

(setq rRenglon (+ rRenglon 1))

```
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Iy (cm4)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rIy 2 2))
```

```
(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Sy (cm3)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rSy 2 2))
```

```
(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Ry (cm)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rRy 2 2))
```

```
(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Altura (mm)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda cAlturaSel)
```

```
(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Relación de Esbeltez")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rEsbeltez 2 2))
```

```
(setq rRenglon (+ rRenglon 1))
(setq celda (cellstr rRenglon 1 1))
(poke canal celda "Carga Máxima (ton.)")
(setq celda (cellstr rRenglon 2 1))
(poke canal celda (rtos rCarga 2 2))
(setq rRenglon (+ rRenglon 3))
```

```
(princ)
```

```
)
```

```
; *****
; Función que asigna al valor del factor de conversión para unidades
; lineales, de acuerdo al que se esté utilizando en el momento de dibujar
; *****
```

```
(defun asigFactor()
  (if (= lContinua "V")
    (progn
      (if (= (getvar "LUNITS") 1)
        (setq rFactor 0.001)
      )
    )
  )
)
```

```
(if (= (getvar "LUNITS") 2)
  (setq rFactor 0.001)
)

(if (= (getvar "LUNITS") 3)
  (setq rFactor 0.039370)
)

(if (= (getvar "LUNITS") 4)
  (setq rFactor 0.039370)
)

(if (= (getvar "LUNITS") 5)
  (setq rFactor 0.001)
)

(setq rLadoB (* rLadoB rFactor))
(setq rLadoD (* rLadoD rFactor))
(setq rPA (* rPA rFactor))
)
)
(princ)
)
```

/*

Archivo : TECALTIA.DCL

Objetivo : Definición de cajas de diálogo

Descripción : Dentro del programa se incluyen las siguientes funciones :

- Cajas de diálogo para elegir una sección o perfil, el complemento de la sección y la altura, utilizando listas, "slides", texto, botones, etc.
- Reportes de las estructuras.
- Caja de diálogo "Acerca de Tecaltia".

Realizado por :

Flores Velasco Horacio
Rodríguez Velázquez Rafael

..... */

/*

Caja de diálogo de sección

..... */

SECCION : dialog {

/* Encabezado */

label = "Sección";

/* Dimensiones de la caja de diálogo */

width = 15;

height = 15;

/* Despliegue del "slide" de la estructura elegida */

:row {

:text { }

:image {

key = "imagen";

color = graphics_background;

height = 5;

width = 7;

}

:text { }

}

/* Etiquetas guía */

:text {

label = "Elija alguna sección";

}

:text {

key = "cTitSec";

}

/* Despliegue de la lista de las secciones encontradas en la base de datos
para la estructura elegida */

:popup_list {

label = "Secciones disponibles :";

key = "listaSeccion";

is_tab_stop = true;

fixed_height = true;

width = 30;

fixed_width = true;

```
mnemonic = "S";
}

/* Sección de botones */

:row {
  :spacer { width = 1; }

  :button {
    label = "Aceptar";
    is_default = true;
    key = "Aceptar";
    width = 8;
    fixed_width = true;
    mnemonic = "A";
  }

  :button {
    label = "Cancelar";
    key = "Cancelar";
    width = 8;
    fixed_width = true;
    mnemonic = "C";
  }

  :spacer { width = 1; }
}
}
```

ANEXO C - REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES

A continuación presentamos los artículos del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal sobre los cuales está basado este trabajo de tesis, que son de referencia o de consulta.

Art. 1 Es de orden público e interés social el cumplimiento y observancia de las disposiciones de este Reglamento, de sus Normas Técnicas Complementarias y de las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables en materia de desarrollo urbano, planificación, seguridad, estabilidad e higiene, así como las limitaciones y modalidades que se impongan al uso de los terrenos o de las edificaciones de la propiedad pública o privada, en los programas principales y las declaratorias correspondientes.

Las obras de construcción, instalación, modificación, ampliación, reparación y demolición, así como el uso de las edificaciones y los usos, destinos y reservas de los predios del territorio del Distrito Federal, se sujetarán a las disposiciones de la Ley del Desarrollo Urbano del Distrito Federal, de este Reglamento y demás disposiciones aplicables.

Art. 3 De conformidad con lo dispuesto por la Ley y por La Ley Orgánica, la aplicación y vigilancia del cumplimiento de las disposiciones de este Reglamento corresponderá al Departamento, para lo cual tendrá las siguientes facultades:

- I. Fijar los requisitos técnicos a que deberán sujetarse las construcciones e instalaciones en predios y vías públicas, a fin que satisfagan las condiciones de habitabilidad, seguridad, higiene, comodidad y buen aspecto;
- II. Fijar las restricciones a que deberán sujetarse las edificaciones y los elementos tales como fuentes, esculturas, arcos, columnas, monumentos y similares localizados en zonas de patrimonio artístico y cultural, de acuerdo con la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas;

- III. Establecer de acuerdo con las disposiciones legales aplicables, los fines para los que se pueda autorizar el uso de los terrenos y determinar el tipo de construcciones que se puedan levantar en ellos, en los términos de lo dispuesto por la Ley;
- IV. Otorgar o negar licencias y permisos para la ejecución de las obras y el uso de edificaciones y predios a que se refiere el artículo 1 de este Reglamento;
- V. Llevar un registro clasificado de Directores Responsables de Obra y Corresponsables;
- VI. Realizar inspecciones a las obras en proceso de ejecución o terminadas;
- VII. Practicar inspecciones para verificar que el uso que se haga de un predio, estructura, instalación, edificio o construcción, se ajuste a las características previamente registradas;
- VIII. Acordar las medidas que fueren procedentes en relación con las edificaciones peligrosas, malsanas o que causen molestias;
- IX. Autorizar o negar, de acuerdo con este Reglamento, la ocupación o el uso de una instalación, predio o edificación;
- X. Realizar, a través del programa al que se refiere la Ley, los estudios para establecer o modificar las limitaciones respecto a los usos, destinos y reservas de construcción, tierras, aguas y bosques y determinar las densidades de población permisibles;
- XI. Ejecutar con cargo a los responsables, las obras que hubiere ordenado realizar y que los propietarios, en rebeldía, no las hayan llevado a cabo;
- XII. Ordenar la suspensión temporal o la clausura de obras en ejecución o terminadas y la desocupación en los casos previstos por la Ley y este Reglamento;

- XIII. Ordenar y ejecutar demoliciones de edificaciones en los casos previstos por este Reglamento;
- XIV. Imponer las sanciones correspondientes por violaciones a este Reglamento;
- XV. Expedir y modificar, cuando lo considere necesario, las Normas técnicas complementarias de este Reglamento, los acuerdos, instructivos, circulares y demás disposiciones administrativas que procedan para el debido cumplimiento del presente Ordenamiento;
- XVI. Utilizar la fuerza pública cuando fuere necesario para hacer cumplir sus determinaciones, y
- XVII. Las demás que le confieren este Reglamento y las disposiciones legales aplicables.

Art. 72 Para garantizar las condiciones de habitabilidad, funcionamiento, higiene, acondicionamiento ambiental, comunicación, seguridad en emergencias, seguridad estructural, integración al contexto e imagen urbana de las edificaciones en el Distrito Federal, los proyectos arquitectónicos correspondientes deberán cumplir con los requerimientos establecidos en este Título (Título quinto) para cada tipo de edificación y las demás disposiciones legales aplicables.

TITULO SEXTO

Seguridad estructural de las construcciones

CAPÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Este es uno de los Títulos más cuidadosamente vigilados en cuanto a los procedimientos de análisis estructural y de responsabilidad para con las construcciones habiéndose adecuado a nuevos límites de seguridad estructural.

Art. 172 Este titulo contiene los requisitos que deben cumplirse en el proyecto, ejecución y mantenimiento de una edificación para lograr un nivel de seguridad adecuado contra fallas estructurales, así como un comportamiento estructural aceptable en condiciones normales de operación.

La documentación requerida del proyecto estructural deberá cumplir con lo previsto en el artículo 56 de este Reglamento.

En el libro de bitácora deberá anotarse, en lo relativo a los aspectos de seguridad estructural, la descripción de los procedimientos de edificación utilizados, las fechas de las distintas operaciones, la interpretación y la forma en que se han resuelto detalles estructurales no contemplados en el proyecto estructura, así como cualquier modificación o adecuación que resulte necesaria al contenido de los mismos. Toda modificación, adición o interpretación de los planos estructurales deberá ser aprobada por el Director Responsable de Obra o por el Corresponsable en Seguridad Estructural, en su caso. Deberán elaborarse planos que incluyan las modificaciones significativas del proyecto estructural que se hayan aprobado y realizado.

Las disposiciones en este Título se aplican tanto a las Edificaciones nuevas como a las modificaciones, ampliaciones, obras de refuerzo, reparaciones y demoliciones de las obras a que se refiere este Reglamento.

Para puentes, túneles, torres, chimeneas y estructuras industriales no convencionales, pueden requerirse disposiciones específicas que difieran en algunos aspectos de las contenidas en este Título. Los procedimientos de revisión de la seguridad para cada uno de estos casos deberán ser aprobados por las autoridades competentes del Departamento.

Art. 173 El Departamento expedirá Normas Técnicas Complementarias para definir los requisitos específicos de ciertos materiales y sistemas estructurales, así como procedimientos de diseño para acciones particulares, como efectos de sismos y vientos.

Las Normas Técnicas Complementarias se dividen en:

1. Para diseño por viento;
2. Para diseño por sismo;
3. Para diseño y construcción de cementaciones;
4. Para diseño y construcción de estructuras de mampostería;
5. Para diseño y construcción de estructuras de concreto;
6. Para diseño y construcción de estructuras metálicas;
7. Para diseño y construcción de estructuras de madera.

Art. 174 Para los efectos de este Título las construcciones se clasifican en los siguientes grupos:

- I. **Grupo A. Edificaciones cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales excepcionalmente altas, o que constituyen un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como edificaciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana, como: hospitales, escuelas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, centrales eléctricas y de telecomunicaciones; estadios, depósitos de sustancias inflamables y tóxicas; museos y edificios que alojen archivos y registros públicos de particular importancia, a juicio del Departamento; y**
- II. **Grupo B. Edificaciones comunes destinadas a vivienda, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no incluidas en el Grupo B, las que se subdividen en:**
 - a) **Subgrupo B1. Edificaciones de más de 30 m de altura o con más de 6000 m² de área total construida, ubicadas en la zona I y II a que se aluden en el artículo 175, y construcciones de más de 15 m de altura o 3000 m² de área total construida, en zona III; en ambos casos las áreas se refieren a un solo cuerpo del edificio que cuente con medios propios de desalojo (acceso y escaleras), incluyen las áreas de anexos, como pueden ser los propios cuerpos de escaleras de área de un cuerpo que no cuente con medios propios de desalojo se adicionará a la de aquél o a través de la cual se desaloje. Además templos, salas de espectáculos y edificios que tengan salas de reunión que puedan alojar más de 200 personas, y**
 - b) **Subgrupo B2. Las demás de este grupo.**

CAPÍTULO III

CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Art. 182 Toda estructura y cada una de sus partes deberán diseñarse para cumplir con los requisitos básicos siguientes:

- I. Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada, y
- II. No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que corresponden a condiciones normales de operación.

El cumplimiento de estos requisitos se comprobará con los procedimientos establecidos en este Capítulo.

Art. 183 Se considera como estado límite de falla cualquier situación que corresponda al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualesquiera de sus componentes, incluyendo la cimentación, o al hecho de que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente la resistencia ante nuevas aplicaciones de carga.

Art. 184 Se considerará como estado límite de servicio la ocurrencia de desplazamientos, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten al correcto funcionamiento de la edificación, pero no perjudiquen su capacidad para soportar cargas.

En las edificaciones comunes, la revisión del estado límite de desplazamientos se cumplirá si se verifica que no exceden los valores siguientes:

- I. Un desplazamiento vertical en el centro de trabes en el que se incluyen efectos a largo plazo, igual al claro entre 240 más 0.5 cm; además, en miembros en los cuales sus desplazamientos afectan elementos no estructurales, como muros de mampostería, los cuales no sean capaces de soportar desplazamientos apreciables, se considerará como estado límite a un desplazamiento vertical, medido después de colocar los elementos no estructurales igual al claro de la trabe entre 480 más 0.3 cm. Para elementos en voladizo los límites anteriores se duplicarán.
- II. Un desplazamiento horizontal relativo entre dos niveles sucesivos de la estructura, igual a la altura del entrepiso dividido entre 500 para edificaciones en las cuales se hayan unido los elementos no estructurales capaces de sufrir daños bajo pequeños desplazamientos; en otros casos, el límite será igual a la altura del entrepiso dividido entre 250. Para diseño sísmico se observará lo dispuesto en el Capítulo VI de este Reglamento;

Se observará, además, lo que dispongan las Normas Técnicas Complementarias relativas a los distintos tipos de estructuras.

Adicionalmente se respetarán los estados límites de servicio de la cimentación y los relativos a diseño sísmico, especificados en los capítulos respectivos de este Título.

Art. 185 En el diseño de toda estructura deberán tomarse en cuenta los efectos de las cargas muertas, de las cargas vivas, del sismo y del viento, cuando este último sea significativo. Las intensidades de estas acciones que deban considerarse en el diseño y la forma en que deban calcularse sus efectos se especifican en los Capítulos IV, V, VI y VII de este Título. La manera en que deben combinarse sus efectos se establece en los artículos 188 y 193 de este Reglamento.

Cuando sean significativos, deberán tomarse en cuenta los efectos producidos por otras acciones, como los empujes de tierras y líquidos, los cambios de temperatura, las contracciones de los materiales, los hundimientos de los apoyos y las solicitaciones originadas por el funcionamiento de maquinaria y equipo que no estén tomadas en cuenta en las cargas especificadas en el Capítulo V de este Título para diferentes destinos de las Edificaciones. Las intensidades de estas acciones que deben considerarse para el diseño, la forma en que deben integrarse a las distintas combinaciones de acciones y a la manera de analizar sus efectos en las estructuras se apegarán a los criterios generales establecidos en este Capítulo.

Art. 186 Se considerarán tres categorías de acciones, de acuerdo con la duración en que obran sobre las estructuras con su intensidad máxima:

- I. Las acciones permanentes son las que obran en forma continua sobre la estructura y cuya intensidad varía poco con el tiempo. Las principales acciones a que pertenecen a esta categoría son: la carga muerta; el empuje estático de tierras y de líquidos Y las deformaciones y desplazamientos impuestos a la estructura que varían poco con el tiempo, como los debidos a preesfuerzos o a movimientos diferenciales permanentes de los apoyos;
- II. Las acciones variables son las que obran sobre la estructura con una intensidad que varía significativamente con el tiempo. Las principales acciones que entran en esta categoría son: la carga viva; los efectos de temperatura; las deformaciones impuestas y los hundimientos diferenciales que tengan una intensidad variable con el tiempo, y las acciones debidas al funcionamiento de maquinaria y equipo, incluyendo los efectos dinámicos que pueden presentarse debido a vibraciones, impacto o frenaje, y

- III. Las acciones accidentales son las que no se deben al funcionamiento normal de la edificación y que pueden alcanzar intensidades significativas sólo durante lapsos breves. Pertenecen a esta categoría: las acciones sísmicas; los efectos del viento; los efectos de explosiones, incendios y otros fenómenos que pueden presentarse en casos extraordinarios. Será necesario tomar precauciones en las estructuras, en su cimentación y en los detalles constructivos, para evitar un comportamiento catastrófico de la estructura para el caso de que ocurran estas acciones.

Art. 188 La seguridad de una estructura deberá verificarse para el efecto combinado en todas las acciones que tengan probabilidad despreciable de ocurrir simultáneamente considerándose dos categorías de combinaciones.

- I. Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes y acciones variables, se considerarán todas las acciones permanentes que actúen sobre la estructura y las distintas acciones variables, de las cuales la más desfavorable se tomará con su intensidad máxima y el resto con su intensidad instantánea, o bien todas ellas con su intensidad media cuando se trate de evaluar efectos a largo plazo.

Para la combinación de carga muerta más carga viva, se empleará la intensidad máxima de carga viva del artículo 199 de este Reglamento considerándola uniformemente repartida sobre toda el área. Cuando se tomen en cuenta distribuciones de la carga viva más desfavorables que uniformemente repartida, deberán tomarse los valores de intensidad instantánea especificada en el mencionado artículo, y

- II. Para las combinaciones que incluyen acciones permanentes, variables y accidentales se considerarán todas las acciones permanentes, las acciones variables con sus valores instantáneos y únicamente una acción accidental en caso de combinación.

En ambos tipos de combinación los efectos de todas las acciones deberán multiplicarse por los factores de carga apropiados de acuerdo con el artículo 194 de este Capítulo.

Art. 189 Las fuerzas internas y las deformaciones producidas por las acciones se determinarán mediante un análisis estructural realizado por un método reconocido que tome en cuenta las propiedades de los materiales ante los tipos de carga que se estén considerando.

Art. 190 Se entenderá por resistencia la magnitud de una acción, o de una combinación o acciones, que provocaría la aparición de un estado límite de falla de la estructura o cualesquiera de sus componentes.

En general, la resistencia se expresará en términos de la fuerza interna, o combinación de fuerzas internas, que correspondan a la capacidad máxima de las secciones críticas de la estructura. Se entenderá por fuerzas internas las fuerzas axiales y cortantes y los momentos de flexión y torsión que actúan en una sección de la estructura.

Art. 191 Los procedimientos para la determinación de la resistencia de diseño y de los factores de resistencia correspondientes a los materiales y sistemas constructivos más comunes se establecerán en las Normas Técnicas Complementarias de este Reglamento. Para determinar la resistencia de diseño ante estados límite de falla de cimentaciones se emplearán procedimientos y factores de resistencia especificados en el Capítulo VIII de este Título y en sus Normas Técnicas Complementarias.

En casos no comprendidos en los documentos mencionados, la resistencia de diseño se determinará con procedimientos analíticos basados en evidencia teórica y experimental, o con procedimientos experimentales de acuerdo con el artículo 192 de este Reglamento.

Quando se diga un procedimiento no establecido en las Normas Técnicas Complementarias, el Departamento podrá exigir una verificación directa de la resistencia por medio de una prueba de carga realizada de acuerdo con lo que dispone el Capítulo XI de este Título.

Art. 192 La determinación de la resistencia podrá llevarse a cabo por medio de ensayos diseñados para simular, en modelos físicos de la estructura o de porciones de ella, el efecto de las combinaciones de acciones que deban considerarse de acuerdo con el artículo 188 de este Reglamento.

Quando se trate de estructuras o elementos que se produzcan en forma industrializada, los ensayos se harán sobre muestras de la producción o de prototipos. En otros casos, los ensayos podrán efectuarse sobre modelos de la estructura en cuestión.

La selección de las partes de la estructura que se ensayen y del sistema de carga que se aplique deberá hacerse de manera que se obtengan las condiciones más desfavorables que puedan presentarse en la práctica, pero tomando en cuenta la interacción con otros elementos estructurales.

Con base en los resultados de los ensayos, se deducirá una resistencia de diseño, tomando en cuenta las posibles diferencias entre las propiedades mecánicas y geométricas medidas en los especímenes ensayados y las que puedan esperarse en las estructuras reales.

El tipo de ensaye, el número de especímenes y el criterio para la determinación de la resistencia de diseño se fijarán con base en criterios probabilísticos y deberán ser aprobados por el Departamento, el cual podrá exigir una comprobación de la resistencia de la estructura mediante una prueba de carga de acuerdo con el Capítulo XI de este Título.

Art. 193 Se revisará que para distintas combinaciones de acciones especificadas en el artículo 188 de este reglamento y para cualquier estado límite de falla posible, la resistencia de diseño sea mayor o igual al efecto de las acciones que intervengan en la combinación de cargas en estudio, multiplicado por los factores de carga correspondientes, según lo especificado en el artículo 194 de este Reglamento.

También se revisará que bajo el efecto de las posibles combinaciones de acciones sin multiplicar por factores de carga, no se rebase algún estado límite de servicio.

Art. 194 El factor de carga se determinará de acuerdo con las reglas siguientes:

- I. Para combinaciones de acciones clasificadas en la fracción I del artículo 188, se aplicará un factor de carga de 1.4.

Quando se trate de edificaciones del Grupo A, el factor de carga para este tipo de combinación se tomará igual a 1.5;

- II. Para combinaciones de acciones clasificadas en la fracción II del artículo 188 se considerará un factor de carga de 1.1 aplicado a los efectos de todas las acciones que intervengan en la combinación;
- III. Para acciones o fuerzas internas cuyo efecto sea favorable a la resistencia o estabilidad de la estructura, el factor de carga se tomará igual a 0.9; además, se tomará como intensidad de la acción el valor mínimo probable de acuerdo con el artículo 187 de este Reglamento, y
- IV. Para revisión de estados límite de servicio se tomará en todos los casos un factor de carga unitario.

Es decir, para las acciones permanentes y variables se aplicará un factor de carga de 1.4, que es el mismo factor que se considerará en artículo anterior; los demás factores mencionados en este artículo son los mismos que se consideraban anteriormente.

Art. 195 Se podrán emplear criterios de diseño diferentes de los especificados en este capítulo y en las Normas Técnicas Complementarias si se justifica, a satisfacción del Departamento, que los procedimientos de diseño empleados dan lugar a niveles de seguridad no menores que los que se obtengan empleando los previstos en este Ordenamiento, tal justificación deberá realizarse previamente a la solicitud de la licencia.

CAPITULO IV

CARGAS MUERTAS

Art. 196 Se considerarán como cargas muertas los pesos de todos los elementos constructivos, de los acabados y de todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo.

Para la evaluación de las cargas muertas se emplearán las dimensiones especificadas de los elementos constructivos y los pesos unitarios de los materiales. Para estos últimos se utilizarán valores mínimos probables cuando sea más desfavorable para la estabilidad de la estructura considerar una carga muerta menor, como el caso de volteo, flotación, lastre y succión producida por viento. En otros casos se emplearán valores máximos probables.

Tabla de pesos de algunos materiales

Material	Peso en t/m ³	
	Mínimo	Máximo
I. Piedras naturales		
Chilucas y canteras (secas)	1.75	2.45
Chilucas y canteras (saturadas)	2.00	2.50
Basaltos (piedra brava)	2.35	2.60
Granito	2.40	3.20
Mármol	2.55	2.60
Pizarras	2.30	2.60
Tepalcates (seco)	0.75	1.60
Tepalcates (saturado)	1.30	1.95
Tezontle (seco)	0.65	1.25
Tezontle (saturado)	1.15	1.55
II. Suelos		
Arena de mina (seca)	1.40	1.75
Arena de mina (saturada)	1.85	2.10
Grava	1.40	1.60
Arcilla típica del Valle de México	1.20	1.50
Cemento	1.50	1.60
Mortero	1.00	1.00
III. Piedras artificiales y concretos		
Concretos simple y agregado normal	2.00	2.20
Concreto reforzado	2.20	2.40
Mortero, cal y arena	1.40	1.60
Mortero, cemento y arena	1.90	2.10
Yeso	1.10	1.50
Tabique de barro macizo recocido	1.30	1.50
Tabique de barro prensado	1.60	2.20
Bloque hueco de concreto (ligero)	0.90	1.30
Bloque hueco de concreto (intermedio)	1.30	1.70
Bloque hueco de concreto (pesado)	2.00	2.20
IV. Varios		
Caoba (seca)	0.55	0.65
Caoba (saturada)	0.70	1.00
Cedro (seco)	0.40	0.55
Cedro (saturado)	0.50	0.70
Oyamel (seco)	0.30	0.40
Oyamel (saturado)	0.55	0.65
Pino (seco)	0.45	0.65
Pino (saturado)	0.80	1.00
Encino (seco)	0.60	0.90
Encino (saturado)	0.60	1.00
Vidrio plano	0.80	3.10

Tabla de pesos de algunos materiales (cont.)		
Material	Peso en kg/m ²	
	Mínimo	Máximo
Azulejo	10	15
Mosaico de pasta	25	35
Mosaico de terrazo (20 x 20)	35	45
Mosaico de terrazo (30 x 30)	45	55
Granito de terrazo (40 x 40)	55	65
Loseta asfáltica o vinílica	5	10
Falso plafón de aplanado (incluye malla)	40	
Mármol de 2.5 cm de espesor	52.50	
Cancelería metálica para oficina	35.0	
Tablaroca de 1.25 cm	8.50	

Art. 197 El peso muerto calculado de losas de concreto de peso normal coladas en el lugar se incrementará en 20 Kg/m². Cuando sobre una losa colada en el lugar o precolada, se coloque una capa de mortero de peso normal, el peso calculado de esta capa se incrementará también en 20 kg/m², de manera que el incremento total será de 40 kg/m². Tratándose de losas y morteros que posean pesos volumétricos diferentes del normal, estos valores se modificarán en proporción a los pesos volumétricos.

Estos aumentos no se aplicarán cuando el efecto de la carga muerta sea favorable a la estabilidad de la estructura.

CAPITULO V

CARGAS VIVAS

Art. 198 Se considerarán cargas vivas las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las Edificaciones y que no tienen carácter permanente. A menos que se justifiquen racionalmente otros valores, estas cargas se tomarán iguales a las especificadas en el artículo 199.

Las cargas especificadas no incluyen el peso de muros divisorios de mampostería o de otros animales, ni el de inmuebles, equipos u objetos de peso fuera de lo común, como cajas fuertes de gran tamaño, archivos importantes, libreros pesados o cortinajes en salas de espectáculos. Cuando se prevean tales cargas deberán cuantificarse y tomarse en cuenta en el diseño en forma independiente de la carga viva especificada. Los valores adoptados deberán justificarse en la memoria de cálculo e indicarse en los planos estructurales.

Art. 199 Para la aplicación de las cargas vivas unitarias se deberá tomar en consideración las siguientes disposiciones:

- I. La carga viva máxima W_m se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como en el diseño estructural de los cimientos ante cargas gravitacionales;
- II. La carga instantánea W_a se deberá usar para diseño sísmico y por viento y cuando se revisen distribuciones de carga más desfavorables que la uniformemente repartida sobre toda el área;
- III. La carga media W se deberá emplear en el cálculo de asentamientos diferidos y para el cálculo de flechas diferidas;
- IV. Cuando el efecto de la carga viva sea favorable para la estabilidad de la estructura, como en el caso de los problemas de flotación, volteo y de succión por viento, su intensidad se considerará nula sobre toda el área, a menos que pueda justificarse otro valor acorde con la definición del artículo 187 de este Reglamento, y
- V. Las cargas uniformes de la tabla, se considerarán distribuidas sobre el área tributaria de cada elemento.

Tabla de cargas vivas unitarias, en kg/m ²				
Destino de piso o cubierta	W	Wa	Wm	Observaciones
a) Habitación (casa-habitación, departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuela, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares).	70	90	170	(1)
b) Oficinas, despachos y laboratorios.	100	180	250	(2)
c) Comunicación para peatones (pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de acceso libre al público).	40	150	350	(3),(4)
d) Estadios y lugares de reunión sin asientos individuales.	40	350	450	(5)
e) Otros lugares de reunión (templos, cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, bibliotecas, aulas, salas de juego y similares).	40	250	350	(5)
f) Comercios, fábricas y bodegas.	0.8 Wm	0.9Wm	Wm	(8)
g) Cubiertas y azoteas con pendiente no mayor de 5%.	15	70	100	(4), (7)
h) Cubiertas y azoteas con pendiente mayor de 5%.	5	20	40	(4), (7), (8)
i) Volados en vía pública (marquesinas, balcones y similares).	15	70	300	
j) Garages y estacionamientos (para automóviles exclusivamente).	40	100	250	(9)

Observaciones a la Tabla de cargas vivas unitarias

1. Para elementos con área tributaria mayor de 36 m², Wm podrá reducirse, tomándola igual a $100 + 420A (-1/2)(A \text{ es el área tributaria en m}^2)$. Cuando sea más desfavorable se considerará en lugar de Wm, una carga de 500 kg aplicada sobre un área de 50 x 50 cm en la posición más crítica.

Para sistemas de piso ligeros con cubierta rigidizante, se considerará en lugar de Wm, cuando sea más desfavorable, una carga concentrada de 250 kg para el diseño de los elementos de soporte y de 100 kg para el diseño de la cubierta, en ambos casos ubicadas en la posición más desfavorable.

Se considerarán sistemas de piso ligeros aquéllos formados por tres o más miembros aproximadamente paralelos y separados entre sí no más de 80 cm y unidos con una cubierta de madera contrachapada, de duelas de madera bien clavadas u otro material que proporcione una rigidez equivalente.

2. Para elementos con área tributaria mayor a 36 m², Wm podrá reducirse, tomándola igual a $180 + 420A (-1/2)$ (A es el área tributaria en m²). Cuando sea más desfavorable se considerará en lugar de Wm, una carga de 1000 kg aplicada sobre un área de 50 x 50 cm en la posición más crítica.

Para sistemas de pisos ligeros con cubierta rigidizante, definidos como en la nota (1), se considerará en lugar de Wm, cuando sea más desfavorable, una carga concentrada de 500 kg para el diseño de los elementos de soporte y de 150 kg para el diseño de la cubierta, ubicadas en la posición más desfavorable.

3. En áreas de comunicación de casas de habitación y edificios de departamentos se considerará la misma carga viva que en el caso a) de esta tabla.
4. Para el diseño de los pretilos y barandales en escaleras, rampas, pasillos y balcones, se deberá fijar una carga por metro lineal no menor de 100 kg/m actuando al nivel de pasamanos y en la dirección más desfavorable.
5. En estos casos deberá presentarse particular atención a la revisión de los estados límite de servicio relativos a vibraciones.
6. Atendiendo al destino del piso se determinará con los criterios del artículo 187, la carga unitaria, Wm, que no será inferior a 350 kg/m² y deberá especificarse en los planos estructurales y en placas colocadas en lugares fácilmente visibles de la edificación.

7. Las cargas vivas especificadas para cubiertas y azoteas no incluyen las cargas producidas por tinacos y anuncios, ni las que se deben a equipos u objetos pesados que puedan apoyarse en o colgarse del techo. Estas cargas deben preverse por separado y especificarse en los planos estructurales.

Adicionalmente, los elementos de las cubiertas y azoteas deberán revisarse con una carga concentrada de 100 kg en la posición más crítica.

8. Además, en el fondo de los valles de techos inclinados se considerará una carga, debida al granizo, de 30 kg por cada metro cuadrado de proyección horizontal del techo de desagüe hacia el valle. Esta carga se considerará como una acción accidental para fines de revisión de la seguridad y se le aplicarán los factores de carga correspondientes según el artículo 194.
9. Más una concentración de 1 500 kg en el lugar más desfavorable del miembro estructural de que se trate.

Art. 200 Durante el proceso de edificación deberán considerarse las cargas vivas transitorias que puedan producirse; éstas incluirán el peso de los materiales que se almacenen temporalmente, el de los vehículos y equipo, el de colado de plantas superiores que se apoyen en la planta que se analiza y del personal necesario, no siendo este último peso menor de 150 kg/m². Se considerará, además, una concentración de 150 kg en el lugar más desfavorable.

Art. 201 El propietario o poseedor será responsable de los perjuicios que ocasione el cambio de uso de una edificación, cuando produzca cargas muertas o vivas mayores o con una distribución más desfavorable que las del diseño aprobado.

GLOSARIO

Alma

- 1.- Núcleo interior de un elemento formado por dos materiales distintos, o de diferente calidad.
- 2.- Palastro que forma la pared de una viga armada.
- 3.- Plano vertical de una viga doble T o de una viga compuesta.
- 4.- Parte central de la madera terciada, por lo general de castaño, álamo o especa similar encima de la que se aplica el enchapado.

Ángulo Diedro

Ángulo formado por dos planos con una recta común que es su intersección. Dicha recta se llama arista del diedro, y los planos caras del diedro.

Ángulo Diedro Recto

Ángulo cuyo rectilíneo correspondiente vale un recto 90° .

Arriostramiento

Conjunto de riostras destinadas a asegurar la indeformabilidad de una estructura.

Axonometría

Estudio de la proyección de figuras sobre un plano.

CAD

(Computer Aided Design) Diseño Asistido por Computadora. El uso de computadoras para el diseño de productos. Los sistemas CAD son estaciones de trabajo especializadas o computadoras personales de alto rendimiento que emplean software y dispositivos de entrada tales como dispositivos apuntadores

(tabletas gráficas, ratones, plumas, etc.) y scanners. La salida de un CAD puede ser la entrada a un sistema CAM, para integrar el diseño y la fabricación (CAD/CAM). El software CAD está disponible para usos generales o para usos especializados tales como el diseño arquitectónico, eléctrico, mecánico, etc. Puede asimismo estar altamente especializado para crear productos tales como circuitos impresos e integrados.

Los sistemas CAD son a menudo sistemas llave en mano que son armados por fabricantes que pueden desarrollar o integrar software con un hardware estándar u optimizado. A excepción de unos pocos casos, los sistemas CAD se basan en el uso extensivo de gráficos.

CAE

(Computer-Aided Engineering) Ingeniería Asistida por Computadora. Software que analiza diseños creados en la computadora o realizados en cualquier otro lugar y luego introducidos en la computadora. Se pueden llevar a cabo diferentes tipos de análisis de ingeniería, tales como análisis estructural y análisis de circuitos electrónicos.

CAM

(Computer Aided Manufacturing) Manufactura Asistida por Computadora. La integración del diseño asistido por computadora con la manufactura controlada por computadora implica que los productos diseñados en el sistema CAD son ingresados directamente al sistema CAM. Por ejemplo, después de que una pieza de maquinaria es diseñada en el CAD, ésta es transferida a un lenguaje de programación de control numérico, el cual genera las instrucciones para controlar la máquina que fabrica la pieza.

Cientificismo

Teoría según la cual las cosas se pueden conocer mediante la ciencia cómo son realmente, y la investigación científica basta para satisfacer las necesidades de la inteligencia humana.// Teoría según la cual los métodos científicos deben extenderse a todos los dominios de la vida intelectual y moral sin excepción.// Teoría según la cual los únicos conocimientos válidos son los que se

adquieren mediante las ciencias positivas, y, por consiguiente, la razón no tiene otro papel que el que representa en la constitución de las ciencias.// Confianza plena en los principios y resultados de la investigación científica, y práctica rigurosa de sus métodos.// Tendencia a dar excesivo valor a las nociones científicas o pretendidamente científicas.

CIM

(Computer-Integrated Manufacturing) Manufactura Integrada por Computadora. La integración de las funciones administrativas y contables con los sistemas automatizados de fabricación. Los puntos de venta, la facturación, la programación de máquinas-herramientas y los pedidos de suministros, son todos parte del CIM.

Claro

Hueco de un arco, ventana o puerta. || Espacio entre dos pilares o muros. || Vano, luz. || Abertura de un muro, por donde penetra la luz solar.

Columna

Punto de apoyo de forma por lo general cilíndrico, de mucha mayor altura que diámetro, que sirve para sustentar techos y vigas o adornar edificios y muebles. se compone de tres partes fundamentales, denominadas basa, fuste y capitel.

Estructura

Conjunto de elementos o partes resistentes de una construcción. || Forma y manera que han sido distribuidas las partes de un edificio.

Fluencia

Fluencia de un material plástico es el estado en que comienza una deformación plástica apreciable y que puede no mostrarse como una inflexión marcada en la curva tensión-deformación.

I_x, I_y

Momentos de inercia en los ejes X y Y.

Palastro

Hierro laminado de 1 a 30 mm de espesor.

r_b

Radio de giro con respecto al eje y-y de la sección compuesta por el patín a compresión más $1/8$ del área del alma.

Riostra

Pieza o barra que, colocada oblicuamente se encarga de aumentar la resistencia de un armazón o estructura, impidiendo su deformación.

R_x, R_y

Radio de giro en los ejes X y Y.

Sección

Corte o sección, dibujo que resultaría al cortar un edificio o elemento arquitectónico por un plano vertical, lo que permitiría ver la disposición interna. ||Diámetro de un cuerpo.

Sección longitudinal

Plano en sección paralela a la directriz de la construcción, elemento o pieza.

Sección transversal

Aquella cuyo plano corta la directriz del modelo reproducido.

S_x, S_y

Módulos en los ejes X y Y.

I_x, I_y

Momentos de inercia en los ejes X y Y.

Palastro

Hierro laminado de 1 a 30 mm de espesor.

r_b

Radio de giro con respecto al eje y-y de la sección compuesta por el patín a compresión más $1/6$ del área del alma.

Riostra

Pieza o barra que, colocada oblicuamente se encarga de aumentar la resistencia de un armazón o estructura, impidiendo su deformación.

R_x, R_y

Radio de giro en los ejes X y Y.

Sección

Corte o sección, dibujo que resultaría al cortar un edificio o elemento arquitectónico por un plano vertical, lo que permitiría ver la disposición interna. ||Diámetro de un cuerpo.

Sección longitudinal

Plano en sección paralela a la directriz de la construcción, elemento o pieza.

Sección transversal

Aquella cuyo plano corta la directriz del modelo reproducido.

S_x, S_y

Módulos en los ejes X y Y.

T

Tangente en vigas y canales laminadas.

tf

Espesor del patín.

tw

Espesor del alma.

Zuncho

1.- Aro o abrazadera metálica que sirve para ceñir, sujetar y reforzar una pieza, o bien para unir firmemente 2 o más piezas.

2.- Armadura en forma de hélice que se aplica como refuerzo en algunos elementos de hormigón.

BIBLIOGRAFÍA

Altos Hornos de México. Manual AHMSA Construcción de Acero, Editado por Altos Hornos de México, México

Arnal, Simón Luis. Betancourt Suárez Max, Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Ed. Trillas, México, 1994, ISBN 968-24-4994-4.

Autodesk Inc. AutoLISP Reference - AutoCAD Release 12, EUA, Junio 28 1993, ISBN 00104-010200-5060.

Autodesk Inc. AutoCAD for Windows Tutorial - AutoCAD Release 12, EUA, Junio 24 1993, ISBN 00104-011400-5050.

Autodesk Inc. Command Reference - AutoCAD Release 12, EUA, Agosto 19 1993, ISBN 00104-010200-5020.

Autodesk Inc. User's Guide - AutoCAD Release 12, EUA, Junio 24 1993, ISBN 00104-010200-5160.

CEAC. Diccionario de la Construcción, Ed. CEAC, España, 1984, ISBN 84-329-2608-6.

Freedman, Alan. Diccionario de Computación, McGraw Hill, México, 1993, ISBN 84-481-0030-1

Fundidora Monterrey. Manual para Constructores, Editado por Fundidora Monterrey, México.

Hearn, Donald y Baker, Pauline. Gráficas por Computadora, Prentice Hall, México, 1990, ISBN 968-880-122-4.

Hill, Louis A. Junior. Fundamentos de Diseño Estructural (acero, concreto y madera), Editorial Representaciones y servicios de ingeniería, México, 1978, ISBN 968-8062-05-0.

Merrit, Frederick S. Enciclopedia de la Construcción: Arquitectura e Ingeniería Volumen 1, Ed. Oceano-Centrum, Barcelona, 1990, ISBN 84-7841-009-0.

Merrit, Frederick S. Enciclopedia de la Construcción: Arquitectura e Ingeniería Volumen 3 Ed. Oceano-Centrum, Barcelona, 1990, ISBN 84-7841-009-0.

Merrit, Frederick S. Enciclopedia de la Construcción: Arquitectura e Ingeniería Volumen 4 Ed. Oceano-Centrum, Barcelona, 1990, ISBN 84-7841-009-0.

Neufert, Ernst. Arte de Proyectar en Arquitectura, Ed. Gustavo Gili, 1958

Salvat Editores. Enciclopedia Salvat diccionario, Salvat Editores S.A., México, 1983, ISBN 968-32-0232-2.

Serie Mundo Electrónico. Sistemas CAD/CAM/CAE Diseño y Fabricación por Computador, Publicaciones Marcombo, México-Barcelona, 1988, ISBN 968-861-041-0.

Smith, Joseph y Gesner, Rusty. Maximizing AutoCAD - Release 12, New Riders Publishing, EUA, 1992, ISBN 1-56205-114-8.

Tammik, Jeremy. ADS Collection 1.0, Autodesk European Support Centre, Switzerland, 1992.

Revistas

Simonyi, Charles y Heller, Martin. The Hungarian Revolution, BYTE, E.U.A., Agosto 1991.
