

54
20jn



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**SINTETIZACION DE SISTEMAS DIGITALES
EMPLEANDO HERRAMIENTAS CAD**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN COMPUTACION

P R E S E N T A N :

ARMANDO RODOLFO LUNA SANTOS
GERMAN ROMAN CHAVARRIA
GABRIELA ALEJANDRA TOVAR MAYET

DIRECTOR DE TESIS: ING. MARTIN PEREZ MONDRAGON



México, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

Prefacio	V
Objetivos	VI
I. INTRODUCCION	1
I.1 Antecedentes Digitales	1
I.2 Herramientas CAD-CAM	2
I.3 Descripción del sistema digital propuesto para sintetización	3
I.4 Conclusiones	4
II. DISPOSITIVOS LOGICOS PROGRAMABLES	5
II.1 Descripción y características	5
II.1.1 Memoria programable de solo lectura	5
II.1.2 Arreglos lógicos programables	5
II.1.3 Arreglo lógico genérico	8
II.1.4 Arreglo lógico programable	8
II.1.4.1 Descripción de una arquitectura PAL	8
II.1.4.2 Arquitectura del plano AND	11
II.1.4.3 Arquitectura del plano OR	11
II.1.4.4 Arquitectura de pines entrada-salida	11
II.1.4.5 Características de la arquitectura PAL	11
II.2 Comparación entre dispositivos PLD	13

II.3 Conclusiones	13
III SISTEMA DE DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS (CBDS)	14
III.1 Descripción del sistema	14
III.1.1 Subsistemas del sistema empleado	14
III.1.1.1 Diseño esquemático (LOK1)	16
III.1.1.1.1 Funciones	16
III.1.1.2 Diseño físico	16
III.1.1.2.1 Funciones	16
III.1.1.3 Datos de manufactura	17
III.1.1.3.1 Funciones	17
III.1.1.4 Base de datos de componentes (CDB)	19
III.1.1.4.1 Propósito	19
III.1.1.4.2 Funciones	19
III.2 Utilerías	20
III.3 Secuencia de eventos al diseñar un circuito impreso	21
III.3.1 Diseño esquemático	21
III.3.2 Diseño físico	23
III.3.3 Generación de datos de manufactura	28
III.4 Conclusiones	30
IV INTERCAMBIO DE DATOS ENTRE SISTEMAS CAD/CAM	31

IV.1.2 Formato basado en los datos del producto	33
IV.2 IGES	33
IV.2.1 Descripción	34
IV.2.2 Representación de datos	35
IV.2.2.1 Geometría	36
IV.2.2.2 Anotación	39
IV.2.2.3 Estructura	41
IV.2.3 Estructura del archivo y formato	41
IV.2.4 Procesadores	45
IV.2.4.1 Diseño	45
IV.2.4.2 Verificación	46
IV.2.4.3 Manejo de errores	48
IV.3 Procedimiento para transferir los datos del sistema CBDS al sistema I-DEAS	48
IV.4 Conclusiones	49
V INGENIERIA ASISTIDA POR COMPUTADORA (I-DEAS)	51
V.1 Familias de I-DEAS	51
V.1.1 La familia de modelado de sólidos	53
V.1.1.1 Modelado de objetos	53
V.1.1.2 Ensamble de sistemas	55
V.1.1.3 Solución de mecanismos	55
V.1.2 La familia de análisis de ingeniería	57

V.1.2.1 Pre/Post procesamiento	57
V.1.2.2 Solución del modelo	58
V.1.2.3 Optimización	58
V.1.2.4 Recuperadores de datos	58
V.1.3 La familia de dinámica de sistemas	59
V.1.4 La familia de dibujo	61
V.1.5 La familia de análisis de datos de prueba	61
V.1.5.1 Análisis generales de datos de prueba	62
V.1.5.2 Análisis específico de datos de prueba	64
V.1.5.3 Administración del proyecto y adquisición de datos	65
V.2 Desarrollo de un análisis de ingeniería para el trabajo de investigación	66
V.3 Conclusiones	72
CONCLUSIONES FINALES	74
BIBLIOGRAFIA	75

PREFACIO

Dentro del campo del Diseño Asistido por Computadora están las áreas de diseño electrónico y de diseño mecánico. El presente trabajo muestra una integración de estas dos áreas en una misma aplicación.

Para el diseño electrónico se realiza la integración de un sistema digital, optimizando el empleo de los recursos disponibles. Una vez terminado el diseño electrónico se hace un análisis mecánico a los modelos resultantes con objeto de predecir su comportamiento bajo ciertas condiciones para seleccionar el mejor diseño con los materiales óptimos de fabricación.

Para poder realizar lo anterior fue necesario hacer una transferencia de información entre el sistema de diseño electrónico y el sistema de análisis de ingeniería.

Este trabajo escrito se desarrolla de la siguiente manera:

En el capítulo uno se presenta la evolución de los circuitos integrados que nos pueden permitir realizar una optimización de un sistema digital, dicho sistema digital es propuesto en este capítulo y se mencionan también las herramientas CAD que nos auxilian durante todo el proceso de diseño y análisis.

En el capítulo dos se describen y analizan las diferentes opciones que tenemos para optimizar el sistema digital propuesto, seleccionándose finalmente uno de ellos en base a una comparación de sus características.

En el capítulo tres se describe el sistema de CAD/CAM en el cuál nos basamos para llevar a cabo la optimización del diseño electrónico, así como la secuencia de eventos necesaria para este desarrollo.

El capítulo cuatro habla sobre los sistemas de transferencia de información entre sistemas CAD/CAM, enfocándose en un formato en especial y finalmente una explicación del procedimiento utilizado para realizar dicho intercambio.

En el capítulo cinco se menciona el sistema CAD/CAM/CAE utilizado para llevar a cabo el análisis mecánico del sistema digital propuesto, así como la secuencia de eventos necesarios para realizar este análisis.

El último capítulo trata de las conclusiones finales de este trabajo.

OBJETIVOS

Los objetivos principales de este trabajo son:

- Realizar la sintetización y el análisis físico de un sistema digital, utilizando las ventajas que nos ofrecen los ambientes de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora.
- Comparar las ventajas y desventajas que ofrecen los diferentes grados de integración (SSI, MSI y LSI) de los circuitos integrados, así como identificar las diferencias que existen entre los Dispositivos Lógicos Programables.
- Llevar a cabo un intercambio de información entre sistemas CAD/CAM contemplando para ello las opciones disponibles.

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES DIGITALES

Con la aparición en el mercado de grandes bloques LSI (integración a gran escala) y MSI (integración a mediana escala) a bajo precio, ha cambiado el planteamiento para la implantación de sistemas digitales. Así el concepto de costo mínimo al emplear compuertas SSI (integración a baja escala) coincidía con la utilización del número mínimo de éstas con el mayor número de entradas. Al utilizar bloques LSI este valor se convierte en el número mínimo de pines del circuito integrado. Esto es así dado que el costo de un circuito LSI depende más del número de pines que de la complejidad interna del mismo, porque el mayor peso del costo total del circuito integrado recae en el número de conexiones que se realizan entre la pastilla de silicio y el mundo exterior, siendo este número igual al número de pines del circuito.

La fiabilidad de un circuito es en gran parte función del número de soldaduras que se deben de realizar, por lo que al implantar circuitos digitales utilizando bloques LSI su fiabilidad aumenta notablemente. Esto se debe a que el número de soldaduras que se deben realizar resulta mucho menor, debido a que, como se mencionó anteriormente, al utilizar bloques LSI se minimiza tanto el número pines como el de las conexiones a realizar. Por consiguiente la tarjeta de circuito impreso resultante es de menor tamaño y complejidad en contraste con circuitos implementados con tecnología SSI o MSI.

De entre los diferentes bloques LSI disponibles, los más apropiados para implantar circuitos digitales son los **Dispositivos Lógicos Programables** como por ejemplo:

- Memoria programable de sólo lectura (PROM)
- Arreglos Lógicos Programables (PLA)
- Arreglo Lógico Genérico (GAL)
- Arreglo Lógico Programable (PAL)

El empleo de lógica programable, (la cuál predominantemente es de la forma de arreglos de compuertas AND-OR) proporciona al diseñador de sistemas digitales importantes ventajas sobre el empleo de productos estándar; así, comparando las implementaciones con tecnologías SSI/MSI, se reduce la cantidad de circuitos integrados necesarios, siendo esta característica de gran importancia en el diseño de prototipos.

Los productos estándar LSI, proporcionan algunos beneficios al diseñador, pero lo forza al empleo de una arquitectura rígida. Por otra parte, las arquitecturas lógicas programables benefician al diseñador debido a que puede implementar su propia arquitectura. Esta libertad genera soluciones innovadoras a problemas en una aplicación, lo cuál puede significar la ventaja competitiva de un producto al reemplazar más del 90% de componentes TTL estándar por lógica programable.

Una de las partes más sensibles de un sistema digital la representa el enlace entre circuitos integrados; así, al reducir el número de conexiones externas se incrementa la confiabilidad del sistema.

1.2 HERRAMIENTAS CAD/CAM

Por otro lado, las herramientas de CAD/CAM son una valiosa ayuda durante todo el ciclo de diseño de un producto, ya que su empleo reduce el tiempo de desarrollo de un diseño y facilita la optimización del uso de materiales, esto se traduce en un ahorro considerable en desarrollo de un producto.

HERRAMIENTAS CAD	
Fase del diseño	Herramienta CAD
Conceptualización	Técnicas de modelado geométrico; ayuda gráfica, manipulación y visualización.
Modelado y Simulación	Algunos como: animación y ensamble.
Análisis	Sistemas existentes y programas de acuerdo a las necesidades.
Optimización	Optimización estructural.
Evaluación	Dimensionamiento, tolerancias, cantidad de material, control numérico.
Comunicación y Documentación	Dibujo y detalle.

En el presente trabajo se involucran herramientas CAD con el fin de optimizar el diseño de prototipos digitales, teniendo como objetivo minimizar la cantidad de elementos y llevar a cabo una mayor integración de los mismos.

En la actualidad los objetivos básicos de toda empresa en el entorno económico consisten en incrementar la productividad y mejorar la competitividad. Para ello es necesario reducir los costos involucrados en la fase de desarrollo del producto; el tiempo empleado desde la especificación hasta la puesta en el mercado del producto; así como incrementar la calidad del mismo.

Dentro del proceso típico de fabricación de un determinado producto electrónico se pueden identificar las siguientes fases:

- Construcción del prototipo.
- Pruebas y puestas a punto del prototipo.
- Elaboración en serie del producto final.

Las herramientas CAD inciden en forma directa sobre dicho proceso de diferentes maneras:

- Reducción de tiempos en la etapa de diseño.
- Garantizar un correcto funcionamiento, ya que se puede simular el prototipo sin necesidad de elaborarlo.
- Fácil integración dentro de un proceso en serie para su manufactura.
- Obtención de un producto económico de óptima calidad y en el menor tiempo posible.

Se considera que hoy en día más del 30% de los diseños industriales se realizan con estas herramientas. Pero, debido a la mayor complejidad y competitividad del mercado se prevee que antes del año 2000 el grado de utilización se aproximará al 80%.

1.3 DESCRIPCION DEL SISTEMA DIGITAL PROPUESTO PARA SINTETIZACION

Ante la necesidad de tener un control sobre ciertas variables ambientales (temperatura y humedad), una de las opciones que se nos presenta es la de tener un control automatizado que haga uso de los modernos recursos de cómputo y que brinde la mayor cantidad de información posible acerca de las variables que se están monitoreando.

La implantación de un controlador de este tipo requiere conjuntar recursos tanto materiales (tarjetas, circuitos integrados, etc.), como intangibles (programación, lógica de operación, etc.) además de una planeación detallada para optimizar el uso de todos estos recursos.

El sistema digital en cuestión consiste de una interfase entre una computadora personal y equipo eléctrico, es decir, dicho sistema es el hardware para llevar a cabo la adquisición de señales atmosféricas con el propósito de realizar un control "ON-OFF" para mantener un ambiente óptimo en lugares donde se requieran condiciones controladas. Como por ejemplo:

- Salas de equipo de cómputo.
- Museos.
- Laboratorios.
- Bodegas.

Dicho circuito esta encargado de recibir información de los sensores de temperatura y humedad enviándola a la computadora para ser almacenada, en el circuito se generan las señales de arranque y paro para los equipos de calefacción, refrigeración, humidificación y dehumidificación de acuerdo a los puntos de ajuste establecidos.

El sistema utilizaba originalmente bancos de componentes SSI los cuáles fueron reemplazados para su integración por bloques LSI.

1.4 CONCLUSIONES

Al lograr una mayor integración física de los elementos de un prototipo, se puede ofrecer en una tarjeta de circuito impreso un mayor número de funciones o reducir el número de tarjetas que realizan una función específica.

La competencia es cada día mayor y el tiempo de lanzamiento de un producto de calidad es primordial al momento de conseguir mayores beneficios.

Por lo tanto, el uso de las herramientas CAD es una ayuda importante para lograr los puntos anteriores.

**C
A
P
I
T
U
L
O

I
I**

DISPOSITIVOS LOGICOS PROGRAMABLES.

II.1 DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS.

II.1.1 MEMORIA PROGRAMABLE DE SOLO LECTURA (PROM)

Las PROM's (Programmable Read Only Memory) están organizadas internamente por una matriz de compuertas AND y compuertas OR, donde el arreglo de compuertas AND está pregrabado con información la cuál consiste de direcciones de entrada y el arreglo de las compuertas OR está intacto, es decir, el usuario programa este arreglo. Figura 2.1

Un circuito combinacional puede tener ocasionalmente condiciones de no importa. Cuando se configura con una PROM una condición de no importa se convierte en una dirección de entrada que nunca ocurre, el resultado es que no todos los patrones de bits disponibles en la PROM se emplean, lo cuál se considera como un desperdicio de equipo disponible.

Existen otras PROM que pueden ser programadas y borradas, para poder ser usadas con otra información, estas son las EEPROM y EPROM, y difieren de una PROM en que una vez programada ésta no se puede borrar para reprogramarse.

II.1.2 ARREGLOS LOGICOS PROGRAMABLES (PLA)

Para aquellos casos en los cuales el número de condiciones de no importa es excesivo, es más económico emplear un componente LSI llamado Arreglos Lógicos Programables o PLA (Programmable Logic Array).

Los PLA son dos matrices de compuertas AND-OR pero con programación en ambos arreglos.

Este dispositivo presenta una gran ventaja contra la PROM, lo cuál consiste en utilizar también el complemento en las entradas con lo que se tienen también los productos parciales, entonces mientras en una PROM tenemos 16 entradas con 8 salidas en un PLA tenemos 16 entradas con 8 salidas por combinaciones de productos parciales.

Un PLA es similar a una PROM en concepto, sin embargo, el PLA no produce la decodificación completa de las variables y no genera todos los términos mínimos como en una PROM.

En un PLA, el decodificador se reemplaza mediante un grupo de compuertas AND, cada una de las cuáles puede ser programada para generar un término producto de las variables de entrada. Figura 2.2

Esta estructura básica, hace que los dispositivos programables sean ideales para la implementación de lógica booleana (suma de productos) la cuál es generada por alguna técnica de diseño lógico para la obtención de funciones booleanas como los mapas de Karnaugh.

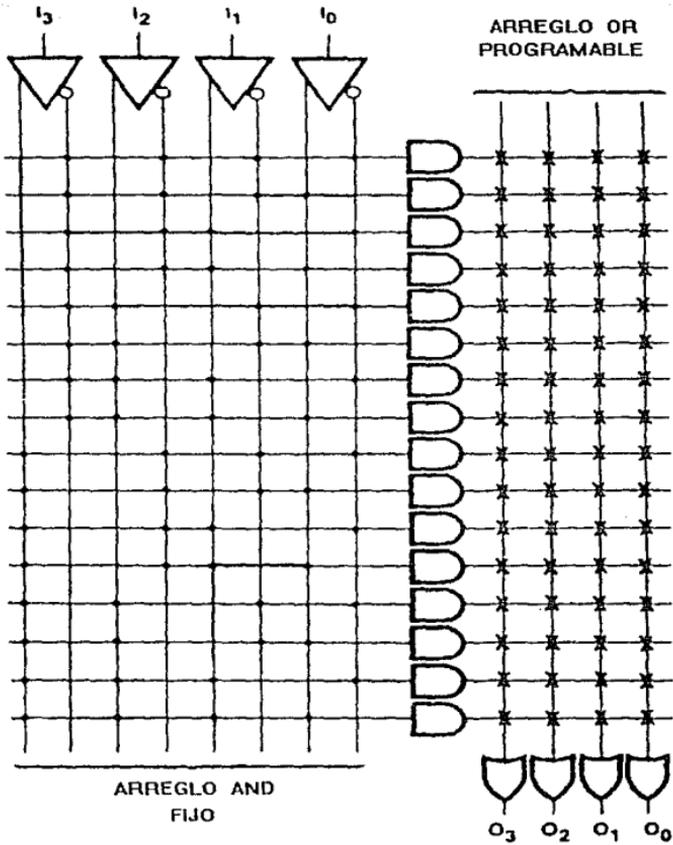


FIGURA 2.1 DIAGRAMA LOGICO DE UNA PROM

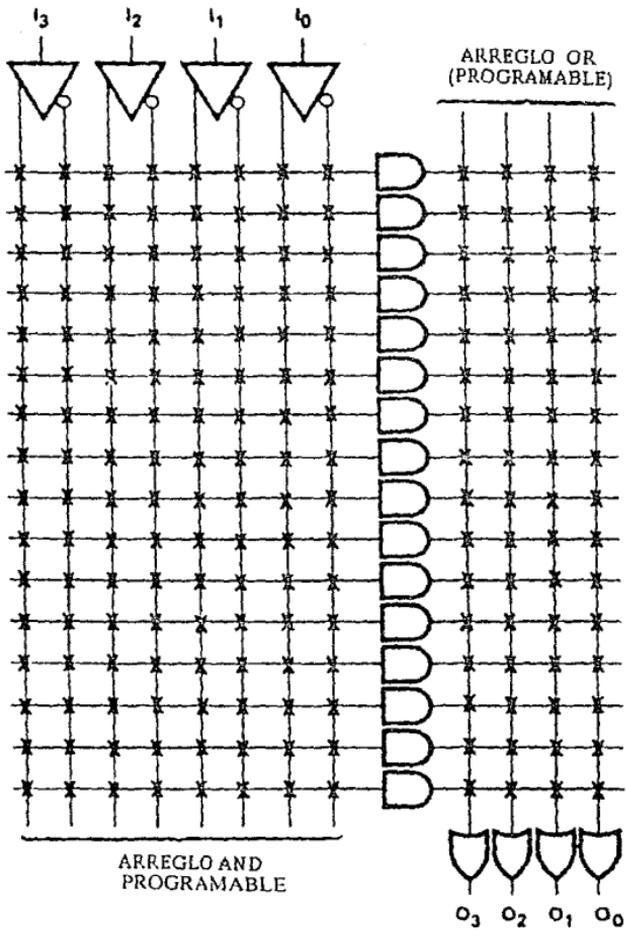


FIGURA 2.2 DIAGRAMA LOGICO DE UN PLA

II.1.3 ARREGLO LOGICO GENERICO (GAL)

Esta es una familia de dispositivos reprogramables eléctricamente borrables. Una de las características importantes de éstos es que intentan presentar el diseño del PLD como una arquitectura genérica al incorporar macroceldas programables.

La similitud entre PAL's y GAL's (generic array logic) particularmente está en términos de su arquitectura básica de arreglos programables AND seguidos por arreglos OR fijos. Figura 2.3 diagrama lógico de un GAL.

Las macroceldas presentan las siguientes ventajas: programación de la polaridad de salida, señales de realimentación, configuración de modo dedicado de entrada, precarga de registros y bits de control de arquitectura. Figura 2.4 diagrama lógico de una macrocelda

Como resultado de la flexibilidad ofrecida por la arquitectura de macroceldas programables, un dispositivo GAL puede emular numerosos dispositivos PAL diferentes, por supuesto es desde el punto de vista arquitectónico de la familia de los GAL's.

II.1.4 ARREGLO LOGICO PROGRAMABLE (PAL).

Los dispositivos de Arreglo Lógico Programable (PAL) poseen varias características en común con las memorias (PROM), los Arreglos Lógico Genéricos (GAL) y los Arreglos Lógicos Programables (PLA), ya que todos estos dispositivos comparten una estructura básica interna a base de compuertas AND-OR pero varían en sus características lógicas y en su modo de programación.

II.1.4.1 Descripción de una arquitectura PAL.

La arquitectura de un PAL se muestra en la figura 2.5 de donde la estructura básica de un dispositivo PAL es opuesta a la de una PROM: el arreglo de compuertas AND es fijo y el arreglo de compuertas OR es programable. otra diferencia con la PROM es que las entradas no son decodificadas; ya que no se cumple que el número de compuertas AND sea 2^n (donde n es el número de entradas) razón por la cuál los dispositivos PAL eliminan la ineficiencia de las PROM donde se debe de cumplir que existan 2^n compuertas AND para n entradas, por lo tanto, de lo anterior podemos afirmar que la utilización de los dispositivos PAL permite tener un número de entradas mayor. Figura 2.5 diagrama lógico de un PAL.

El arreglo de compuertas OR de los dispositivos PAL es dedicado. A una compuerta OR de salida se pueden tener varias conexiones de compuertas AND en particular, por ejemplo podemos tener 4 compuertas AND dedicadas para cada una de estas compuertas OR de salida. En un dispositivo PAL, la salida que nos proporciona está limitada por el número de compuertas AND dedicadas a una compuerta OR como se mencionó anteriormente; de lo cuál se concluye que el número de compuertas AND requeridas para una función lógica no debe exceder este número de compuertas.

Por el número de entradas y las características que presenta su arquitectura, los dispositivos PAL son ideales para la implementación de una gran variedad de funciones lógicas; dentro de estas características se incluye: la programación de entradas/salidas, salidas combinacionales o con registros, con realimentación interna hacia el arreglo de compuertas AND, o niveles de salida.

II.1.4.2 Arquitectura del plano AND

Este plano proporciona la interconexión de las entradas (ambas verdadera o complemento) que requieren compuertas AND de manera lógica para crear de esta forma los términos producto lógico y producto control, de donde los términos producto lógico son utilizados para funciones lógicas típicas y los términos producto control son requeridos para aplicaciones en funciones de control tales como:

Habilitación de salidas, inicialización, precargado de datos y observabilidad.

El número total de entradas y el término producto es determinado por el tamaño del plano AND que ofrece la arquitectura del dispositivo PAL, por tal motivo se debe seleccionar el tipo de PAL que cumpla con los requerimientos de la función lógica deseada.

II.1.4.3 Arquitectura del plano OR

Este plano determina la conectividad de las compuertas AND con las salidas y en el cual además se definen 3 características principales:

- El número de compuertas OR.
- El número de términos producto (PT's) por salida.
- La distribución de términos producto.

En una arquitectura típica de un dispositivo PAL, las salidas de las compuertas AND son conectadas a compuertas OR mediante el arreglo del plano OR.

Empero, existe una limitación en los PAL's a ser considerada, la cuál está presente en el plano AND-OR donde hay un número finito de entradas a compuertas AND y un número de compuertas OR dedicadas como salidas que deben ser tomadas en cuenta al momento de diseñar.

II.1.4.4 Arquitectura de pines entrada-salida.

La programación de los pines para ser empleados como entrada-salida, es uno de los más importantes recursos que presentan los dispositivos PAL, con lo cuál se pueden llevar a cabo implementaciones de las más complejas y variadas funciones lógicas. Además, se pueden determinar los pines que funcionan como entradas dedicadas, pines para salida ó control dinámico de pines para entrada-salida de acuerdo a los requerimientos de diseño.

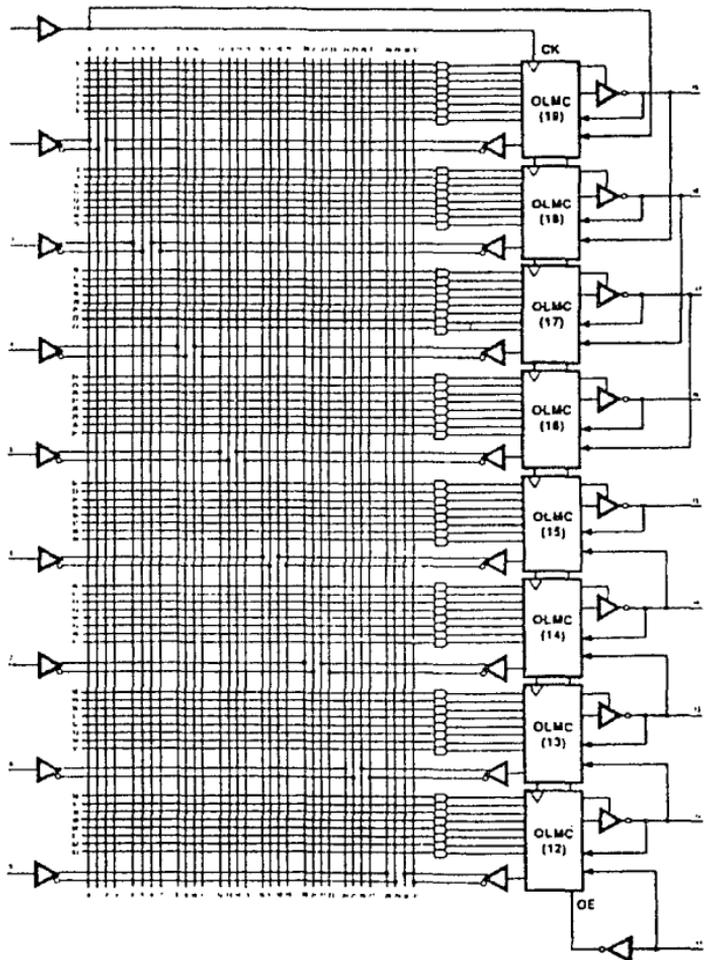


FIGURA 2.3 DIAGRAMA LOGICO DE UN GAL

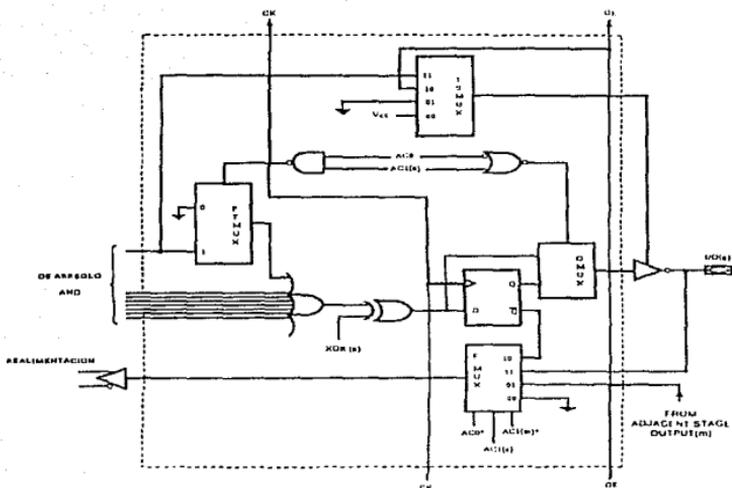


FIGURA 2.4 MACROCELDA DE SALIDA DE UN GAL

II.1.4.5 Características de la arquitectura PAL.

Los dispositivos PAL poseen una gran cantidad de atributos que los hacen perfectos para la implementación de funciones lógicas, de los cuales a continuación se mencionan sus características más distintivas de dichos dispositivos a manera de recapitulación.

- Pines programables para entrada-salida.
- Flexibilidad para el control de habilitación de salidas y entradas-salidas bidireccionales.
- Polaridad programable.

Características adicionales:

- Accesabilidad
- Controlabilidad
- Observabilidad

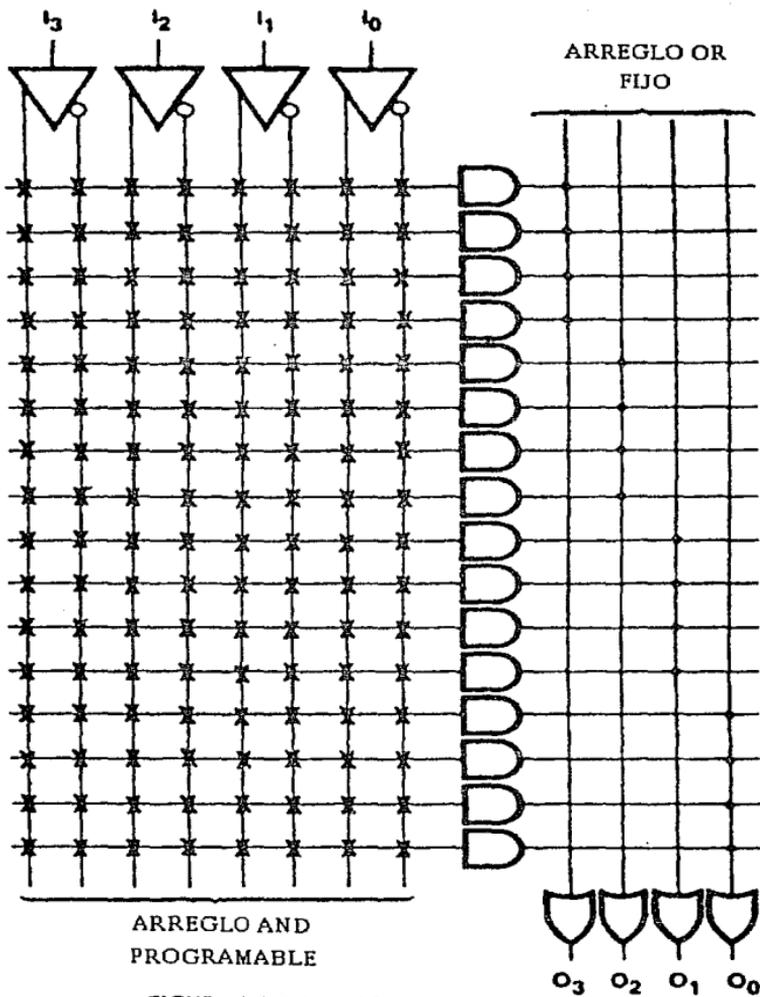


FIGURA 2.5 DIAGRAMA LOGICO DE UN PAL

II.2 COMPARACION ENTRE DISPOSITIVOS PLD

Dispositivo	Arreglo AND/ OR	Tiempo de Acceso (ns)	Observaciones
PROM	Fijo/Prog.	60-150	Fácil de conseguir, programación sencilla, bajo costo, amplio uso.
PLA	Prog./Prog.	<100	Programación compleja, poco empleada, difícil de conseguir.
PAL	Prog./Fijo	<70	Programación optimizada, fácil de conseguir, bajo costo, versatilidad para diseño, amplio uso.
GAL	Prog./Fijo	<50	Programación sencilla, difícil de conseguir, costo elevado, versatilidad para diseño, uso limitado.

II.3 CONCLUSIONES

JUSTIFICACION PARA LA SELECCION DE UN PLD.

Finalmente podemos hacer una descripción general de los dispositivos PAL, a manera de justificar su elección al comparar con otros Dispositivos Lógicos Programables (PLD's), de tal manera que a continuación se mencionan en forma general las principales características de los dispositivos PAL.

- Disminución en el tiempo requerido para el proceso de diseño.
- Incremento en la velocidad de ejecución.
- Reducción en los tiempos de retardo de las señales.
- Reducción de costos totales.
- Reducción en el número de componentes.
- Reducción en el número de interconexiones.
- Diseño final más confiable.
- Facilidad de programación.

C
A
P
I
T
U
L
O

I
I
I

SISTEMA DE DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS

(CIRCUIT BOARD DESIGN SYSTEM)

III.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

Circuit Board Design System (CBDS) es un sistema que auxilia en el diseño, control y documentación de circuitos electrónicos. Este sistema ha sido desarrollado para reducir el tiempo empleado y simplificar los procesos de diseño, documentación y revisión de la Tarjeta de Circuito Impreso (PCB).

En la mayoría de los casos el usuario de CBDS interactúa con el software a través de una terminal gráfica. Esto permite al usuario:

- Desarrollar o capturar diseños esquemáticos o físicos.
- Desarrollar diseños físicos de tarjetas a partir de los datos de un circuito esquemático utilizando sesiones en la terminal gráfica y procesos de cálculos algorítmicos para el trazo de pistas y colocación de componentes en terminales alfanuméricas.
- Obtener dibujos en forma automática en cualquier fase del ciclo de diseño.
- Actualizar diseños esquemáticos para reflejar el diseño físico final implantado.
- Producir información referente a la fabricación del circuito como cortes en la tarjeta, perforaciones, fotoherramientas y otro tipo de reportes de manufactura (p. ej. listas de materiales, reportes de componentes, etc.).

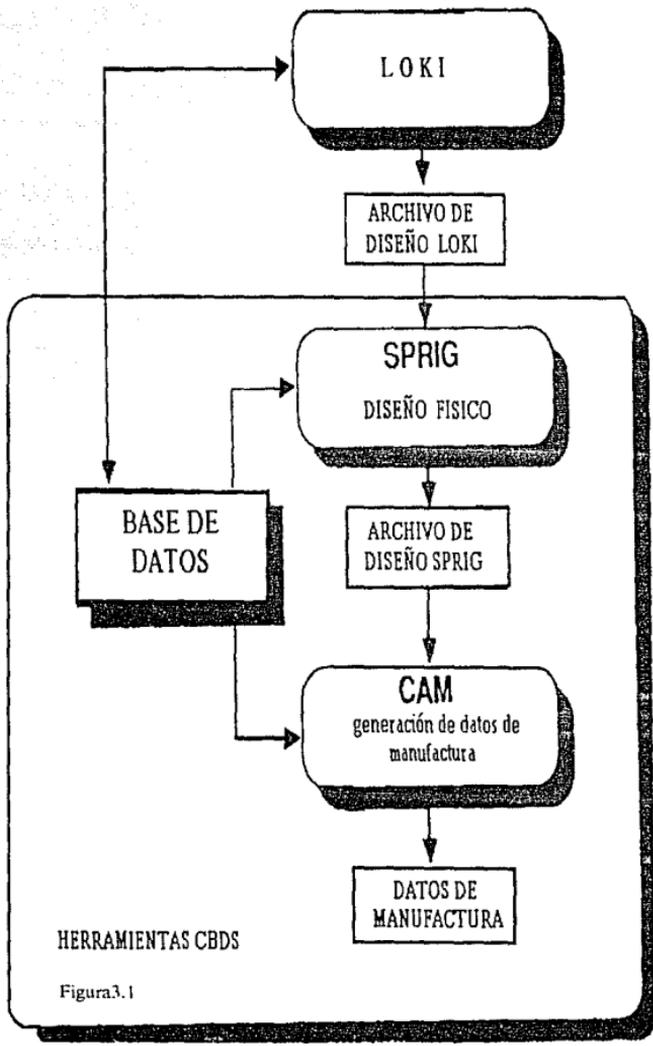
III.1.1 SUBSISTEMAS DEL SISTEMA EMPLEADO.

CBDS cuenta con los siguientes subsistemas:

- a) Subsistema de Diseño Esquemático (Schematic Layout Subsystem **LOKI**)
- b) Subsistema de Diseño Físico (Physical Layout Subsystem **SPRIG**)
- c) Subsistema de Generación de Datos de Manufactura (Manufacturing Data Generation Subsystem **CAM**)
- d) Base de Datos de Componentes (Component Data Base **CDB**)

La figura 3.1 ilustra las relaciones entre los subsistemas.

La comunicación entre subsistemas se lleva a cabo mediante un archivo de diseño que puede ser generado en un subsistema determinado, éste nos que sirve de entrada a otro subsistema



HERRAMIENTAS CBDS

Figura3.1

y contiene toda la información referente a un circuito (identificación, símbolos y sus conexiones, asignación de símbolos a componentes reales, asignaciones de señales a terminales, etc.).

III.1.1.1 DISEÑO ESQUEMATICO (LOKI)

El subsistema de diseño esquemático **LOKI** es empleado para crear y editar diagramas esquemáticos de circuitos electrónicos. Este subsistema permite al usuario en una estación gráfica la creación y edición de diseños esquemáticos; el diseño resultante puede ser enviado a un graficador (plotter) o a cualquier otro dispositivo de salida (por ejemplo perforadora de cinta, fotoplotter, impresora, etc.).

En la creación del diseño **LOKI** accesa automáticamente a la base de datos **CDB**, en la cuál se encuentran las librerías que contienen los símbolos utilizados en el diseño esquemático.

Un diseño puede consistir de hasta 30 hojas esquemáticas donde el tamaño y formato de las mismas son definidas por el usuario.

III.1.1.1.1 FUNCIONES

LOKI proporciona un conjunto de funciones que permiten al usuario controlar el proceso de diseño. Para utilizar cualquiera de estas funciones, el usuario simplemente selecciona la opción requerida del menú que aparece en la pantalla.

El usuario entonces puede llamar símbolos de **CDB** y posicionarlos dentro de la hoja de diseño. Los símbolos esquemáticos pueden ser definidos tanto a nivel de compuerta (and, or, inv, etc.) como a nivel de componente (contador, microprocesador, etc.), mientras que para su colocación se cuentan con opciones de rotación y alteración de tamaño (zoom).

El diseño creado a través de **LOKI** es la primera parte del Archivo de Diseño, el cuál, como se mencionó anteriormente, es la principal forma de comunicación entre los subsistemas **CBDS**.

III.1.1.2 DISEÑO FISICO

Para realizar la fase de diseño físico de **PCB** se utiliza el subsistema **SPRIG**, el cuál utiliza el archivo de diseño producido por **LOKI** como la primera etapa para el proceso de diseño de la tarjeta.

III.1.1.2.1 FUNCIONES

SPRIG proporciona tanto funciones interactivas como funciones automáticas para realizar lo siguiente:

- Asignación de compuertas a componentes reales.
- Colocación de componentes.

- Trazo de rutas físicas de conexión.
- Validación de las características del diseño de PCB contra reglas de diseño prefijadas.

Las funciones automáticas se ofrecen con el fin de obtener un ahorro de tiempo en el diseño siendo éste significativo para el usuario. Sin embargo también se tienen funciones interactivas para manejar casos especiales y proporcionar facilidades de edición. Como en LOKI, el usuario puede seleccionar funciones automáticas o interactivas de los diferentes menús que aparecen en la pantalla de la terminal.

Bajo el control del diseñador en la terminal gráfica, SPRIG asigna los componentes de diseño lógico (compuertas lógicas) dentro de componentes físicos (circuitos integrados comerciales) accediendo las librerías de componentes de CDB. Una vez asignados los componentes físicos los posiciona en la tarjeta y traza las conexiones entre los componentes.

También existen funciones que permiten realizar la verificación del circuito completo contra algunas características predefinidas en los niveles tecnológicos estándares (bicapa, multicapa, híbridos, etc).

El diseño de la tarjeta resultante es documentado en el archivo de diseño. Este archivo es utilizado por LOKI para actualizar el diseño esquemático original, y por el subsistema de generación de datos de manufactura (CAM) para generar todos los datos de manufactura necesarios para fabricar el circuito (detallados a continuación).

III.1.1.3 DATOS DE MANUFACTURA (CAM)

El subsistema de generación de datos de manufactura CAM proporciona las salidas (archivos, cintas perforadas, materiales gráficos, etc.) necesarias para la fabricación de la tarjeta de circuito impreso.

CAM genera todo el material gráfico (artwork), especificaciones para perforaciones de precisión, reportes y archivos necesarios para la manufactura del circuito impreso; está organizado como muestra la figura 3.2

III.1.1.3.1 FUNCIONES

CAM incluye un conjunto de funciones que permite al usuario la generación de la siguiente información:

- Reporte de materiales empleado
- Datos que sirven de entrada a un fotoplotter para generar las máscaras de circuito impreso y soldadura de resistencia (solder resist).
- Datos de fotoplotter para generar máscaras de disposición de elementos (silkscreen) o dibujos de ensamble final.

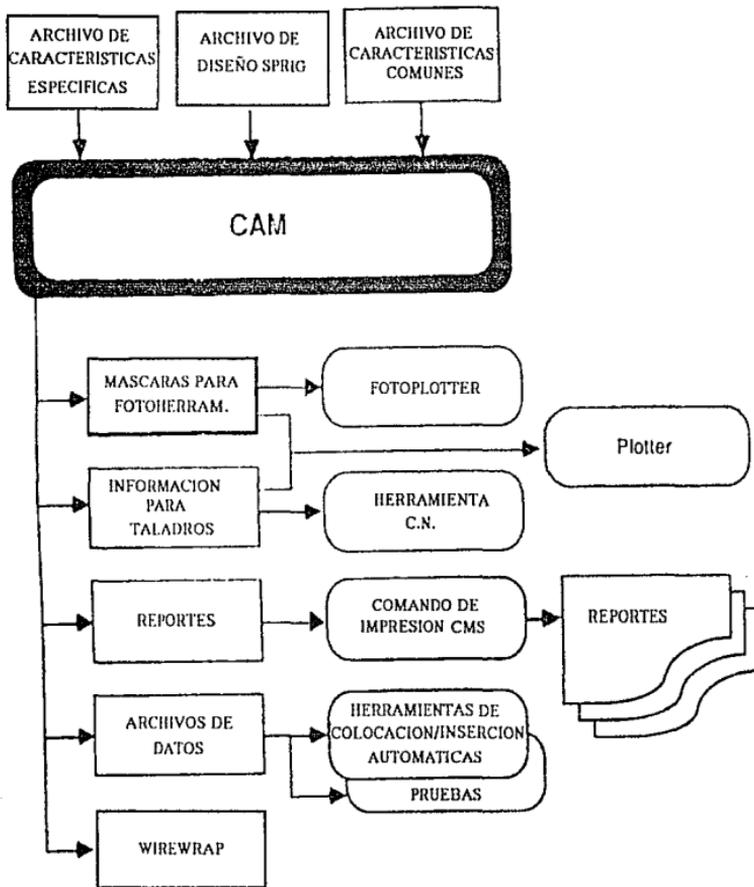


Figura 3.2

- Datos para herramientas de taladro de control numérico.
- Tabla de ubicación de perforaciones y sus diámetros.
- Datos para programar herramientas automáticas de colocación/inserción.
- Reportes de utilización de elementos.
- Lista de origen y destino por señal y por componente.

Cada función de CAM crea un archivo que contiene los datos apropiados para el documento requerido. Además se tiene una opción que permite crear toda la información referente al producto en forma automática.

III.1.1.4 BASE DE DATOS DE COMPONENTES (CDB)

III.1.1.4.1 Propósito

La base de datos de los componentes (Component Data Base - CDB) contiene todos los componentes y símbolos que requiere el usuario para el desarrollo de su diseño, además de incluir facilidades que permiten al usuario controlar y actualizar los datos contenidos en la base.

Con el sistema CBDS se proporciona una librería inicial de aproximadamente 12000 elementos comúnmente utilizados y pueden agregarse fácilmente nuevos elementos.

La CDB es la librería central para almacenamiento de todos los datos de símbolos y componentes que utilizan los subsistemas de CBDS. Esta dividido en dos secciones principales:

i) Base datos.- La versión proporcionada con CBDS almacena los datos de los símbolos y componentes hasta en cuatro niveles diferentes (corporativo, proyecto, usuario y LOKI). También incluye un directorio el cuál especifica el formato de los datos para cada nivel.

ii) Módulo de control de librerías.- Realiza la administración de la base de datos y proporciona la interfase de usuario a las bases de datos de CBDS.

Los símbolos que identifican a cada elemento se encuentran en una librería que contiene símbolos tanto a nivel de compuertas (or, and, inv, etc.) como a nivel de componentes (contadores, mux, etc.). También se incluyen símbolos de documentación (como por ejemplo los márgenes de hoja de un esquemático). Los símbolos de compuertas y componentes son mapeados a la descripción apropiada del componente en la base de datos, la cuál incluye descripciones físicas y eléctricas de los componentes.

LOKI y SPRIG también contienen utilerías que permiten al usuario autorizado acceder y actualizar los datos de la base CDB.

CDB está estrictamente controlada para asegurar la integridad y estandarización de los datos.

III.1.1.4.2 Funciones

La base de datos tiene un diseño tal que permite al usuario estructurarla de acuerdo a los requerimientos de una organización. Ya que está dividida en una base de datos de corporación y una base de datos de proyectos, dependiendo de las necesidades de los usuarios se puede agregar una base de datos de usuario.

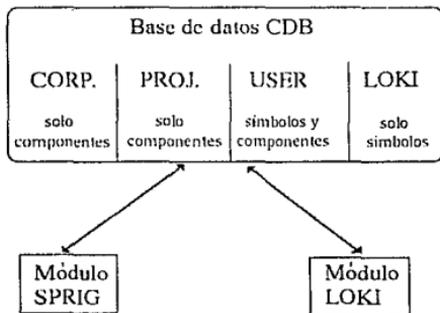


Fig. 3.3 Organización de la base de datos

III.2 UTILERIAS

Entre las utilerías con que cuenta CBDS fuera del ambiente gráfico se encuentran las siguientes:

CADPLOT.- Sistema de administración de plotter. Proporciona un medio sencillo para obtener planos de un diseño.

BDL.- Traduce un archivo de diseño CBDS en un archivo de descripción para el probador de circuitos FAIRCHILD FAULTFINDER. Es una interfase entre CBDS y un sistema para la verificación de circuito.

CBDSIGES.- Traductor de CBDS hacia IGES (Initial Graphics Exchange Specification). Es un traductor que convierte un archivo de diseño a un archivo neutral en formato IIF (IBM's IGES Format) para la transferencia de datos entre CBDS y otros sistemas CAD/CAM que utilicen este formato.

NFGEN. - Traduce un archivo de diseño CBDS a un archivo neutral para probador PCB. Se trata de una utilidad que traduce el archivo de CBDS a un formato útil para la verificación de un circuito en otro sistema.

NETLIST. - Convierte un archivo de descripción de redes (netlist) de un dibujo esquemático a un archivo de diseño el cual es aceptado por SPRIG. Proporciona una interfase para el intercambio de información entre CBDS y otro sistema que proporcione como salida un archivo de netlist.

SPRIGRTR. - Permite al usuario trazar rutas de conexiones automáticamente de acuerdo a reglas definidas en SPRIG. Se trata de un programa que realiza en forma automática las conexiones físicas entre los diferentes componentes de un circuito.

III.3 SECUENCIA DE EVENTOS AL DISEÑAR UN CIRCUITO IMPRESO

III.3.1 DISEÑO ESQUEMATICO

Dentro del ambiente de LOKI el primer paso es definir el formato de la hoja en donde se trabajará. Cuando ha sido definido se procede a llamar los componentes que formarán el circuito y colocarlos dentro de la hoja.

Una vez que los símbolos de los componentes han sido posicionados, el usuario puede agregarles texto (nombres de señales, designaciones de símbolos, etc.), además de poder adicionar, donde sea requerido, comentarios y gráficas, como por ejemplo tablas de funciones y descripciones de formas de señal. Las designaciones de los componentes pueden ser asignadas automáticamente por el sistema o interactivamente por el usuario.

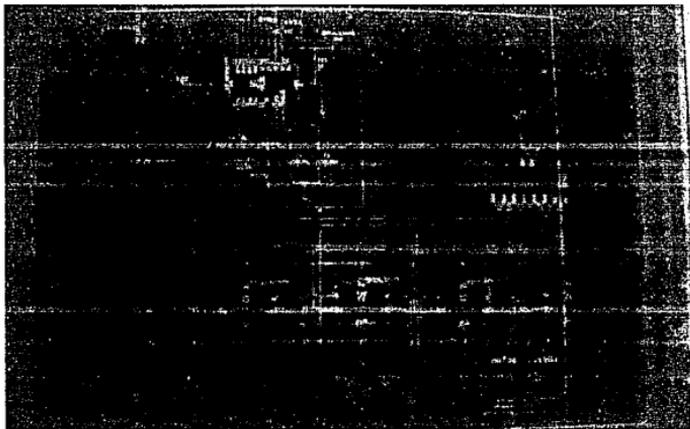


Foto III. 1 circuito esquemático

En cualquier etapa durante el proceso de diseño, el usuario puede alterar la posición de los elementos esquemáticos. LOKI proporciona funciones que mueven compuertas o grupos de elementos y funciones que copian grupos de elementos para acelerar el proceso de entrada de datos. Este módulo permite al usuario diseñar porciones del circuito frecuentemente utilizadas y manejarlas como un solo elemento.

El usuario puede conectar los símbolos lógica y gráficamente utilizando funciones interactivas de conexión o la conexión que proporciona este módulo en forma automática. Además se puede emplear la agrupación de líneas de conexión en forma de bus de señales para hacer el diagrama más sencillo. LOKI realiza en forma automática una verificación de conectividad para asegurar que exista una consistencia en el diseño (verifica que no se conecten dos señales distintas, que todas las terminales tengan asignada una línea de conexión, etc.).

Figura de bus y conexiones Foto III. 2.

Durante el proceso de creación de un diagrama dentro del ambiente LOKI, se cuenta con un conjunto de funciones de despliegue gráfico (acercamientos, alejamientos, paneos, despliegues, etc.) que proporcionan el control de los elementos que aparecen en la pantalla de la terminal. Por ejemplo, el usuario puede especificar el tamaño de los componentes desplegados en la pantalla, amplificando una porción del esquemático. Además se puede controlar la cantidad de información que aparece en la pantalla (símbolos, designaciones, líneas de conexión, texto, etc.).

Estas características de tamaño y visibilidad también pueden ser especificadas para el proceso que nos permite obtener una copia en papel por medio de un plotter.

Una vez que el diseño esquemático ha sido concluído y el desarrollo físico se ha elaborado en el subsistema SPRIG, se puede utilizar la función de actualización de datos (back-annotation)



Foto III. 2 Conexiones a bus.

para obtener un diagrama esquemático actualizado, con los datos precisos acerca de la colocación de los componentes en circuito impreso. Además cualquier diferencia entre el diseño esquemático y el diseño físico se actualiza y se hace notar al usuario de esta situación.

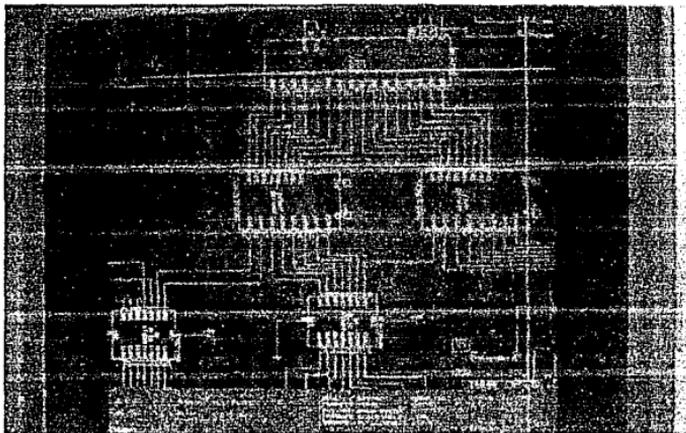


Foto III. 3 Circuito Implementado con PAL's.

III.3.2 DISEÑO FISICO

Generalmente, la información del diseño es proporcionada a SPRIG en la forma de un **archivo de diseño** creado por LOKI. Pero además SPRIG cuenta con funciones interactivas que pueden ser utilizadas para proporcionar esta información. Alternativamente, para casos en los cuales un diseño de PCB ya haya sido realizado en forma manual, SPRIG acepta la entrada de información desde una tableta digitalizadora.

En cualquier caso el usuario puede definir la forma y el tamaño de la tarjeta. Pueden ser implementadas hasta 99 capas de distintos materiales (conductor, aislante, etc.).

Las áreas de cobre, cortes en la tarjeta y formas de terminales se pueden especificar fácilmente. SPRIG permite al diseñador optimizar este proceso para casos en los cuales múltiples tarjetas tienen características básicas comunes. Cuando ocurre una situación como esta, tal información se puede almacenar como un archivo de entrada, en vez de la repetición de una serie de comandos de SPRIG.

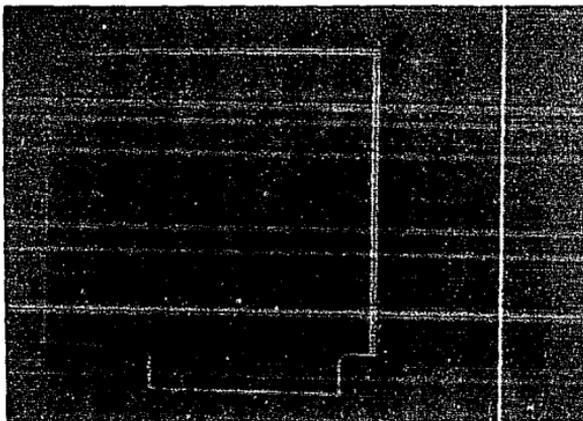


Foto III. 4 Definición de la forma de una tarjeta

Una vez que las características de la tarjeta están definidas, se puede utilizar la función de asignación automática para asignar las compuertas lógicas a circuitos integrados.

El siguiente paso es la colocación de los componentes en la tarjeta.

La función de colocación automática de los componentes se basa en el costo de un parámetro crítico, que en este caso fue la longitud de las conexiones a realizar. Se cuenta además con una función de optimización de colocación, que a partir de una disposición de elementos dada, trata de reducir la longitud de las conexiones cambiando de lugar algunos elementos.

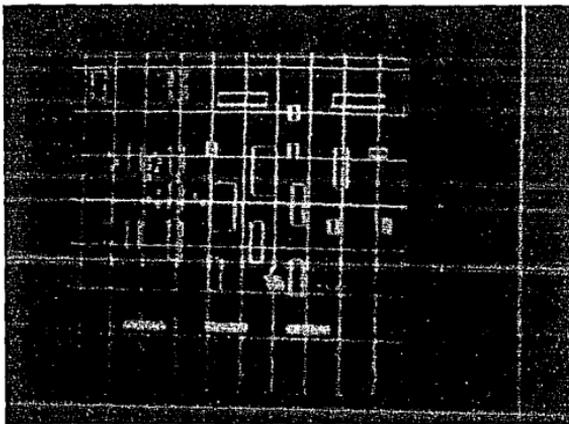


Foto III. 5 Tarjeta con elementos.

Cuando se ha llegado a una disposición de elementos conveniente se lleva a cabo una **optimización** de asignaciones de compuertas y terminales, a fin de simplificar aún más las conexiones a trazar.

El trazo de las rutas de conexión puede ser hecho en forma automática o interactiva. Existe dentro de SPRIG una función para trazar automáticamente las conexiones más simples y algunos patrones repetitivos; y fuera del ambiente SPRIG se cuenta con el programa **SPRIGRTR** que automáticamente traza la mayor parte de las rutas de conexión (80-90% del total) a partir de un archivo que genera SPRIG y el cuál contiene la información referente a las rutas a trazar.

Cuando se han terminado las conexiones del circuito, éstas pueden ser simplificadas automáticamente con la finalidad de incrementar la confiabilidad de la tarjeta y simplificar su fabricación. La simplificación de las pistas de la tarjeta se realiza por medio de la minimización de cambios de capa conductora y conexiones entre capas (vias); corte de dobleces de pistas y rodeo por terminales. Foto III. 6. - Circuito conectado completamente.

Al igual que en LOKI, el despliegue de elementos esta bajo el control del usuario durante todo el proceso de diseño, así que se pueden especificar el tamaño de la ventana a desplegar y la cantidad de información que aparece en la pantalla. Una característica de SPRIG es que permite al usuario visualizar las conexiones lógicas que aún no hayan sido trazadas. Foto III. 7 Conexiones Lógicas en el circuito.

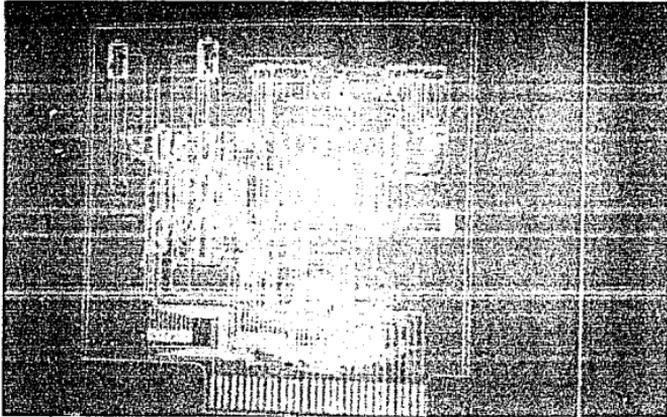


Foto III. 6 Circuito conectado completamente

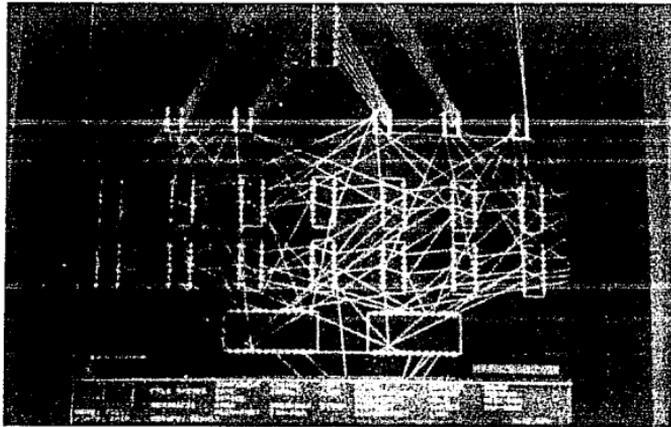


Foto III. 7 Conexiones lógicas en un circuito TTL

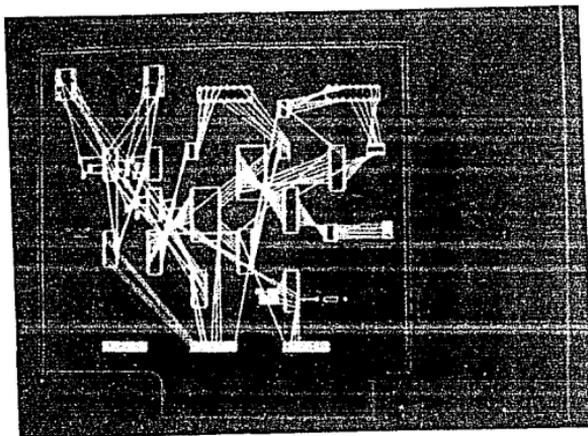


Foto III. 8 Conexiones lógicas en un circuito con PAL's.

El diseño físico completo es utilizado para actualizar el diseño esquemático con asignaciones de compuertas y terminales, así como datos de colocación de componentes.

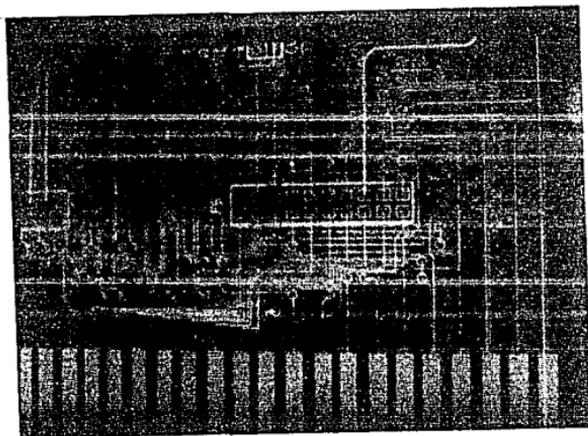


Foto III. 9 Detalle del circuito terminado.

III.3.3 GENERACION DE DATOS DE MANUFACTURA

El archivo de diseño generado a partir del diseño físico completo sirve de entrada al subsistema de generación de datos de manufactura CAM.

Este subsistema genera a partir de esta entrada los archivos con los datos de manufactura, reportes y planos necesarios para la fabricación del circuito.

Una vez que un archivo de manufactura ha sido generado, el usuario lo dirige al dispositivo de salida apropiado (fotoplotter, plotter, perforadora de cinta o impresora). Las máscaras del circuito impreso, soldadura y disposición de elementos se envían al fotoplotter para la producción de transparencias, los datos de los dibujos de ensamble se envían al plotter y los reportes, tablas y listas a la impresora. Cuando el usuario ha creado estos archivos la información contenida en ellos también puede ser examinada en la pantalla de la estación de trabajo.

El reporte de materiales proporciona un análisis cuantitativo de todos los componentes del PCB. Este reporte identifica cada componente por su código de producto y proporciona su descripción y proveedor, así como la cantidad requerida de cada componente. Este reporte se puede utilizar para seleccionar componentes para la manufactura y puede servir de base para otros reportes como son proyecciones de costos, disponibilidad y programación de pedidos para producción.

CAM produce unos archivos que describen las áreas de cobre de las diferentes capas del PCB. Estos archivos se utilizan para controlar un fotoplotter que crea las máscaras para el circuito. Invocando una función de CAM el usuario puede crear un archivo para cada una de las capas del circuito impreso, especificando el tipo de fotoplotter que se utiliza. También puede crear estas máscaras en cualquiera de las dos formas, positivo o negativo, de acuerdo al método de manufactura que este empleando.

El usuario tiene la posibilidad de simular la salida del fotoplotter y ver el resultado en la pantalla de su estación de trabajo o enviar esta salida al plotter.
(figura de máscara)

Una función similar se utiliza para crear los datos para las máscara de soldadura.

Para generar la máscara de disposición de los componentes o el dibujo de ensamble el usuario genera un archivo que contiene esta información mediante una función de CAM. Este archivo contiene los contornos de los componentes, sus códigos de identificación, indicadores de polaridad e identificadores adicionales. Cuando se requiere de la transparencia de la máscara se envía este archivo al fotoplotter, cuando se necesita el dibujo de ensamble este archivo se direcciona al plotter.

El archivo de taladro de control numérico que se genera con CAM se puede enviar a una perforadora de cinta. La cinta perforada resultante se usa para programar un taladro de control numérico con las posiciones y los diámetros de todas las perforaciones que deben ser realizadas en el PCB. Se tiene como otra alternativa la generación de una máscara que contenga las perforaciones del PCB, direccionando este archivo al fotoplotter. Esta información también puede ser generada en la forma de una tabla de perforaciones y diámetros. Este reporte contiene las posiciones (coordenadas x y) y el tamaño de cada una de las perforaciones.

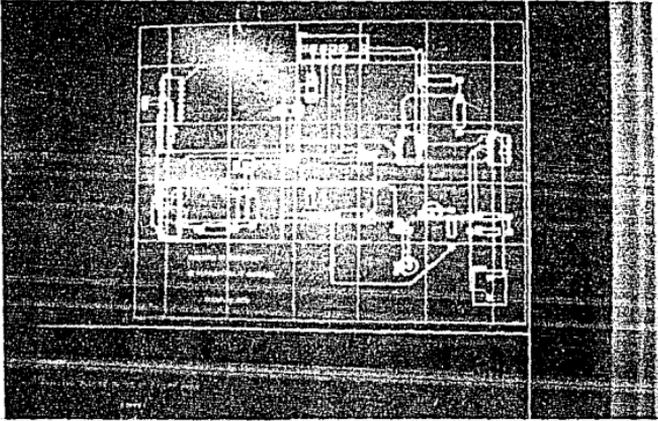


Foto III. 10 Máscaras de circuito impreso.

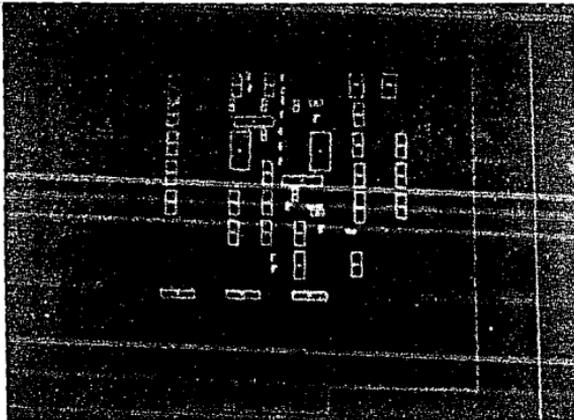


Foto III. 11 Disposición de elementos (Layout).

El reporte de inserción automática lista las posiciones de cada uno de los componentes en la tarjeta, proporcionando los datos necesarios para programar una máquina de inserción automática.

El reporte de utilización de elementos proporciona una lista de todos los elementos utilizados en el diseño y un resumen de las compuertas que no se están aprovechando. Este reporte es de utilidad para cuando se verifica el diseño y puede aprovecharse para la reducción o sustitución de algunos componentes.

El reporte de origen y destino contiene la información de las señales que se manejan en el PCB, donde se originan y a donde se conectan. Estos datos se presentan ordenados, por señal y por componente.

Signal	Status	Track	Spacing	Pads	Wire-length
+5	Supply	20	0	1	0.000
+12	Supply	20	0	1	19.362
+15V	Supply	20	0	1	1.769
TEMP-OUT	Logic/Used	20	0	1	4.347
+0	Logic/Used	0	0	0	4.813
+5V	Logic/Used	0	0	0	2.3107
+1	Logic/Used	0	0	0	2.3107
+2	Logic/Used	0	0	0	3.324
+6	Logic/Used	0	0	0	1.925
+14	Logic/Used	0	0	0	0.970
+12	Logic/Used	0	0	0	3.400
+13	Logic/Used	0	0	0	0.314
+3	Logic/Used	0	0	0	0.769
TEMP-OUT	Logic/Used	0	0	0	1.719
+7	Logic/Used	0	0	0	0.432
+10	Logic/Used	0	0	0	1.477
+11	Logic/Used	0	0	0	0.217
+15V	Logic/Used	0	0	0	4.344
+0	Logic/Used	0	0	0	2.812

Foto III. 12 Reporte de señales.

III.4 CONCLUSIONES

Con la ayuda de este ambiente CAD pudimos desarrollar varios diseños del mismo circuito en un tiempo más corto, lo cuál nos permitió comparar los resultados en el diseño final de una tarjeta implantada con bloques TTL y otra con dispositivos lógicos programables (PAL's).

Dentro del desarrollo de esta tesis nos orientamos más al-empelo de la tecnología lógica programable con lo cuál reducimos el tiempo en la generación de rutas de conexión de los elementos debido a la disminución de componentes; aunado a esto, se decrementa la longitud de pistas, cantidad de perforaciones y la sensibilidad al ruido, así como la dimensión final de la tarjeta de circuito impreso.

**C
A
P
I
T
U
L
O

I
V**

INTERCAMBIO DE DATOS ENTRE SISTEMAS CAD/CAM

Las bases de datos de los sistemas CAD/CAM están reemplazando a los planos en la definición de las características de un producto en todas las fases de diseño y manufactura. Actualmente es muy importante encontrar métodos efectivos para intercambiar estos datos de modelo entre diferentes sistemas.

Conociendo la necesidad de intercambiar los datos del modelo, ¿cómo plantear tal necesidad y solucionar el problema del intercambio de datos?.

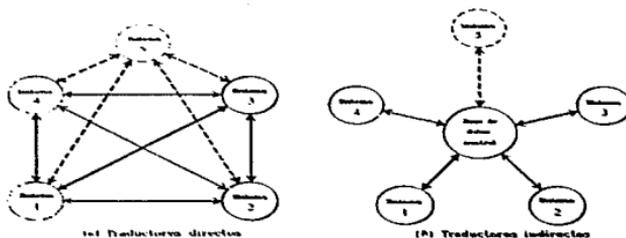
Este problema tiene dos soluciones: Directa e Indirecta.

La solución **directa** consiste en la traducción de los datos del modelo almacenado en la base de datos del producto directamente desde el formato de un sistema CAD/CAM a otro, usualmente en un paso.

La solución **indirecta** es más general y adopta la filosofía de crear estructuras de base de datos neutrales (llamados archivos neutrales) los cuáles son independientes de un sistema CAD/CAM existente o futuro. Esta estructura actúa como un intermediario y punto focal de comunicación entre diferentes estructuras de base de datos de sistemas CAD/CAM. La estructura de una base de datos neutral debe ser general, gobernada sólo por una definición mínima requerida de algún tipo de datos del modelo, y ser independiente de algún formato especial del fabricante.

La figura 4.1 presenta como trabajan ambas soluciones. Los traductores Directos son considerados como traductores dedicados de programas, los cuáles ligan un par de sistemas como es indicado por la doble dirección de la flecha presentada en la figura. Por ejemplo, dos traductores son necesarios para transferir datos entre los sistemas 1 y 2: uno desde el sistema 1 al 2 y otro desde el sistema 2 al 1. Los traductores indirectos utilizan algún formato de archivo neutral, el cuál refleja la estructura neutral de la base de datos, con cada sistema teniendo su propio par de procesos para transferir datos desde un formato neutral. El traductor que transfiere datos desde el formato de la base de datos de un sistema dado a un formato neutral es llamado **preprocesador** mientras que el traductor que hace la transferencia opuesta es conocido como **postprocesador**.

Figura 4.1



Los traductores Directos proporcionan una solución satisfactoria cuando sólo son involucrados un pequeño número de sistemas, y entre mayor sea el número de sistemas el número de traductores llega a ser prohibitivo debido a que se eleva el número de programas traductores requeridos. Los traductores directos son mucho más rápidos que los indirectos y el archivo de datos resultante es más pequeño en tamaño que el archivo neutral creado por los traductores indirectos. Los traductores indirectos no presentan problema por el elevado número de programas a ser escritos como sucede con los traductores directos.

El traductor indirecto requiere de un estándar para comunicar los datos del modelo entre diferentes sistemas CAD/CAM. El desarrollo de este estándar presenta los siguientes problemas: El estándar puede usar definiciones y terminologías que no correspondan a los del fabricante. Además no todos los sistemas pueden soportar todas las entidades proporcionadas por el estándar.

La transferencia de datos entre diferentes sistemas CAD/CAM, deben incluir una descripción completa del producto almacenado en la base de datos. Los cuatro tipos de datos del modelo que conforman esta descripción son: datos de forma, datos diferentes de la forma, datos de diseño y datos de manufactura.

Los datos de forma consisten de información geométrica y topológica. Los atributos de entidad tales como figura, color y posición así como anotaciones son consideradas parte de la información de entidad geométrica. La información topológica se aplica solamente a productos definidos vía modelado de sólidos. Las características permiten un mejor concepto de comunicación de alto nivel acerca de las partes del diseño, como por ejemplo perforaciones, cortes, redondeos, etc.

Los datos diferentes de la forma incluyen datos gráficos tales como imágenes sombreadas y datos globales del modelo tales como unidades de medida y resolución de valores numéricos almacenados en la base de datos.

Los datos del diseño tienen que ver con la información que los diseñadores de los modelos geométricos generan con propósito de análisis. Propiedades de masa y datos de malla de elemento finito pertenecen a este tipo de datos.

Los datos de manufactura incluyen información sobre herramientas a utilizar, rutas para herramienta de control numérico, tolerancia, planeación de procesos, herramientas de diseño, reporte de materiales, etc.

IV.1 EVOLUCION DEL FORMATO DEL INTERCAMBIO DE DATOS

Existen algunos estándares que han sido adoptados, implementados y probados por varios fabricantes y usuarios. Los primeros esfuerzos por un estándar fueron concentrados solamente en el intercambio de los datos de forma. En un principio el problema fué la transferencia de datos geométricos.

Tal intercambio de información es un prerequisite para la automatización e integración de varias funciones CAD/CAM.

Los desarrollos posteriores extienden el panorama del primer grupo. Esto se enfatiza en la definición y desarrollo de estándares que sean capaces de intercambiar la descripción completa del producto, que es, intercambio de los cuatro tipos de datos (forma, diferentes de la forma, diseño y manufactura).

El tercer grupo de esfuerzos es guiado por el ISO (International Standards Organization). Estos esfuerzos son relativamente nuevos, siendo iniciados en 1984, y son enfocados a producir el primer estándar ISO en los 90's.

IV.1.1 FORMATO BASADO EN FORMA

El resultado de los primeros proyectos para la búsqueda de un estándar fué la creación de IGES (Initial Graphics Exchange Specification) el cual fué publicado en enero de 1980 como IGES versión 1.0.

IGES ha ganado un amplio apoyo entre usuarios y fabricantes. Este apoyo es suficientemente fuerte para su futuro desarrollo. Si un nuevo estándar lo reemplaza, tal estándar no necesita ser directamente compatible con IGES, pero debe de proporcionar un patrón de conversión.

Con la creación del modelado de sólidos y más tarde con su amplia aceptación, como una técnica de modelado viable, los esfuerzos de investigación para estándares de intercambio de datos de forma, de geometría y de topología fueron establecidos por varias organizaciones en anticipación a una futura necesidad para tales estándares.

IV.1.2 FORMATO BASADO EN LOS DATOS DEL PRODUCTO.

La experiencia ganada por estándares basados en el intercambio de datos de forma y diferentes de la forma, unidos con la necesidad de automatizar las funciones CAD/CAM, han guiado los esfuerzos hechos para realizar el intercambio de datos del diseño y manufactura en adición a los otros dos tipos de forma y diferentes de la forma que ya han sido realizados.

IV.2 IGES

IGES es el primer formato estándar de intercambio desarrollado para direccionar el concepto de comunicación de datos del producto entre diferentes sistemas CAD/CAM. Muchos usuarios de estos sistemas han hecho grandes inversiones en desarrollar y/o adquirir software con propósitos especiales para el diseño, análisis, manufactura y prueba de sus propios productos. Como ellos buscan integrar este software dentro de un ambiente de diseño y manufactura total, utilizan IGES para resolver sus problemas de comunicación con la base de datos. IGES ha sido utilizado para un doble propósito: la transferencia de datos del modelo dentro de sistemas de diferentes corporaciones, y comunicación digital entre la compañía, sus proveedores y clientes.

IGES fué conceptualizado como un archivo de comunicación para transmitir datos entre dos sistemas ó aplicaciones. IGES ha sido revisado en varias ocasiones desde la versión 1.0 que fué comercializada en 1980. Las diferentes versiones de IGES comparten algunas características comunes. Cada versión debe de ser compatible con la versión anterior para propósitos prácticos. Esto protege los esfuerzos y recursos realizados previamente por fabricantes y usuarios para desarrollar y usar respectivamente el procesador IGES.

Las versiones 2.0, 3.0 y 4.0 contienen refinamientos y extensiones sobre su predecesor.

La versión 2.0 ha sido reducida en la descripción y ha mejorado la claridad de IGES, también ha solucionado el problema de la longitud de los archivos grandes de IGES debido principalmente a la representación de los caracteres en ASCII, introduciendo la opción alternativa de representación del formato binario el cuál soluciona el problema de tamaño de archivo y la velocidad de procesamiento.

La versión 3.0 ha hecho simplificaciones considerables relacionadas a las entidades de IGES; principalmente, en las entidades de visualización y entidades de dibujo, en los parámetros globales incluyendo valores de default, en la bandera de la unidad, en el apuntador a la matriz de transformación, en la entidad gufa, en el parámetro curva spline y entidades de superficie. Finalmente la versión 3.0 comprime el formato ASCII que reduce el tamaño del archivo IGES a una tercera parte de su tamaño y consecuentemente reduce su costo de telecomunicación.

La versión 4.0 ha extendido la capacidad IGES para modelado de sólidos (CSG sólo representación de esquema) por primera vez. Han sido establecidas representaciones de operaciones booleanas regularizadas (unión, intersección y diferencia) y primitivas (bloques, cilindros, conos, esferas, elipsoides, sólidos de extrusión lineal, sólidos de revolución, toroides y chavetas).

Considerando el modelado del elemento finito y el análisis de aplicación, la versión 4.0 IGES ha expandido la descripción de resultados nodales (por ejemplo: temperatura y desplazamiento) y de elemento (ejemplo: fuerza y tensión).

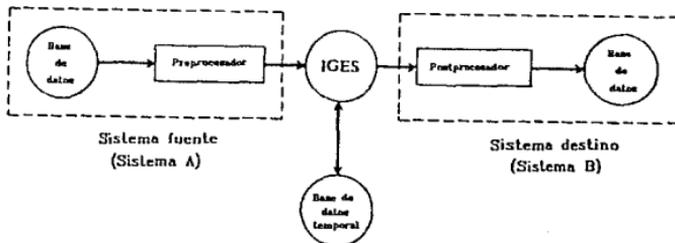
IV.2.1 DESCRIPCION

IGES define una base de datos neutral, en la forma de un formato de archivo, el cuál describe un "modelo IGES" de los datos del modelado de un producto dado. El modelo IGES puede ser leído ó interpretado por diferentes sistemas CAD/CAM. Por esta razón, los datos correspondientes al producto pueden ser intercambiados entre estos sistemas. IGES describe las entidades de información posibles a ser usadas en la construcción de un modelo IGES, los parámetros necesarios (datos) para la definición de las entidades del modelo, y la posible relación y asociatividad entre entidades del modelo.

En casi todos los sistemas CAD/CAM, un modelo IGES está basado en el concepto de entidades. La unidad fundamental de información en el modelo, y consecuentemente en el archivo IGES, es la entidad; todos los datos que definen a un producto están expresados como una lista de entidades predefinidas. Cada entidad definida por IGES es asignada a un número específico de tipo de entidad para referirlo en el archivo IGES. Los números de entidad del 1 hasta el 599 y del 700 hasta el 5,000 son puestos aparte para asignaciones específicas. Los números del tipo de entidad del 600 hasta el 699 y del 10,000 hasta el 99,999 están para entidades definidas por el implementador (vía definición de macro). Estas entidades habilitan a IGES para actuar como un formato de archivo donde ambos sistemas emisor y receptor son el mismo. El tipo de entidad número 5,001 hasta el 9,999 están reservados para macro-entidades. Las entidades están clasificadas como geométricas o no geométricas. Las entidades geométricas representan la definición de la forma del producto e incluyen curvas y superficies. Las relaciones que puedan existir entre varias entidades están incluidas como parámetros. Por ejemplo, una entidad IGES de superficie B-spline puede apuntar a una entidad de curva B-spline como parte de sus parámetros. Las entidades no geométricas proveen

vistas y dibujos del modelo para enriquecer su representación e incluyen entidades de anotaciones y de estructura. Las entidades de anotación incluyen varios tipos de dimensiones (lineales, angulares y ordinarias), líneas centradas, notas, etiquetas generales y asurado. Las entidades de estructura incluyen vistas, dibujos, atributos (tales como líneas y tipos de letra, colores, capas, etc.), propiedades (ejemplo: propiedades de masa), subfiguras y entidades de referencia externas (de ensambles), símbolos (ejemplo: símbolos mecánicos y eléctricos), y macros (para definir partes paramétricas).

IGES sólo es un documento que describe qué debe ir dentro del archivo de datos. Los fabricantes interesados (proveedores ó compañías especializadas en el intercambio de bases de datos) deben desarrollar software para traducir de sus sistemas al formato IGES y viceversa. El software que traduce del formato nativo de la base de datos de un sistema CAD/CAM determinado al formato IGES es llamado un **preprocesador**. El software que traduce de IGES a un sistema CAD/CAM es llamado **postprocesador**. El preprocesador y postprocesador son también llamados **traductores** y ellos determinan el éxito de una traducción IGES. La figura 4.2 muestra el intercambio usando IGES. El sistema fuente es el originador o sistema emisor CAD/CAM y el sistema objetivo es el receptor.



Intercambio de datos utilizando IGES.

Figura 4.2

IV.2.2 REPRESENTACION DE DATOS

Dado que la unidad fundamental de información es la **entidad**, IGES tiene una estructura de información para describir modelos geométricos semejantes a aquellos encontrados en sistemas CAD/CAM típicos. Por ejemplo, IGES define una entidad del dibujo y una entidad de vista. Lo primero permite un conjunto de vistas para ser identificadas y arregladas y contienen solamente el conjunto de reglas y parámetros de los dibujos extraídos del modelo geométrico. Lo segundo proporciona información para la orientación de la vista, remover líneas, y otras características de vista. IGES también define una entidad de propiedad que permite la relación de atributos a entidades y define entidades de asociatividad para usarse cuando muchas entidades deben ser relacionadas una con otra.

Otra parte de la estructura de información de IGES es la referencia cruzada entre las entidades del modelo. Esta es particularmente útil en la representación de superficies. Un tipo de entidad de superficie de revolución, por ejemplo, es definida en términos de referenciar (vía apuntadores en el archivo IGES) una curva generatriz y un eje de revolución. El tipo de entidad cilindro tabulado tiene definiciones similares.

Con la estructura de información de modelos geométricos obtenidos, el remanente de la representación de datos consiste principalmente de especificar los datos y parámetros de las entidades geométricas típicas tales como curvas, superficies, sólidos y entidades no geométricas tales como anotaciones.

IV.2.2.1 GEOMETRIA

IGES usa dos sistemas cartesianos de coordenadas distintos, pero relacionados para representar las entidades tipo geométricas. Estas son MCS (Sistema de Coordenadas de Modelo) y WCS (Sistema de Coordenadas de Trabajo). La WCS juega un papel de simplificación en la representación de entidades planares. En este caso, el plano XY del WCS es tomado como la entidad del plano y así solamente las coordenadas x y y relativas al WCS son necesarias para representar la entidad. Para completar la representación, se asigna una matriz de transformación (vía apuntador) a la entidad como uno de sus parámetros para mapear su descripción de WCS a MCS. Esta matriz está definida en IGES como un tipo de entidad 124. Cada tipo de entidad geométrica en IGES tiene una matriz de este tipo. Si una entidad es directamente relativa al MCS, entonces no se requiere de la transformación. Esto se lleva a cabo en IGES colocando el valor del apuntador de la matriz a cero para evitar procesos innecesarios. Como una regla general, todo tipo de entidad geométrica en IGES está definida en términos de un WCS y una matriz de transformación. El caso cuando MCS y WCS son idénticos se genera por un valor cero del apuntador de la matriz.

El manejo de direcciones es importante cuando se intercambian curvas, especialmente curvas paramétricas. Dentro de IGES, todas las curvas son dirigidas. Cada curva cuenta con un punto inicial, un punto final y un parámetro u . La información no puede ser suficiente para definir adecuadamente la curva como en el caso de una curva circular o un arco cónico. Siendo así, algunos tipos de entidades se refieren a una "dirección contraria a las manecillas del reloj" con respecto a un WCS. En IGES, la definición de esta dirección es en base a una posición de un observador a lo largo del eje positivo de la Z del WCS y mirando hacia abajo sobre el plano XY del WCS.

Una de las principales preocupaciones en el diseño y/o uso de procesadores IGES es el mapeo preciso de las entidades nativas de un sistema CAD/CAM dado a entidades IGES y viceversa. Si el mapeo no es realizado cuidadosamente, puede ocurrir pérdida de forma, exactitud, y datos de las entidades con el consecuente resultado de una falla en el proceso de intercambio. Dos niveles de interés pueden ser identificados. El primero, y menos serio, ocurre cuando la representación interna del dato de una entidad nativa es diferente de la requerida por IGES. Considerando el ejemplo de una entidad de arco circular, IGES define esta entidad por un centro de arco, un punto inicial, y un punto final. Si un sistema define el arco usando un centro, un radio, y ángulo inicial y final, entonces la conversión utilizando la ecuación paramétrica del arco debe ser realizado por el procesador IGES diseñado. Tal conversión puede ser hecha dos veces (hacia IGES y desde IGES) y en cada vez el dato del arco es sujeto a errores de redondeo.

El segundo nivel de interés es más serio y ocurre siempre cuando una entidad no esta específicamente soportada y en estas condiciones debe ser convertida a la más cercana entidad

disponible. Considerando el caso más común de intercambio de splines hacia IGES. Hay una gran variedad de entidades spline y cada sistema CAD/CAM tiene su propio tipo de spline. IGES sólo soporta siete tipos incluyendo la curva B-spline racional. En el caso donde el sistema emisor o el sistema receptor no soporta directamente uno de estos siete tipos, se lleva cabo una conversión a la spline más parecida. En este caso, la forma de la nueva spline evaluada puede ser inadecuada, especialmente en aplicaciones donde se requieren tolerancias ajustadas. Por ejemplo, si en un sistema CAD/CAM tiene una entidad nativa B-spline esta puede ser de grado 1 a 7, entonces el procesador IGES puede ser diseñado para que tales splines de grado 1 a 3 puedan ser representados en IGES por el tipo de entidad spline paramétrico con número 112 y de grados 4 a 7 en IGES por el tipo de entidad B-spline racional con número 126. La comparación entre la forma de la spline nativa y la de IGES es un problema de diseño y prueba de los procesadores IGES.

Las especificaciones y descripciones de entidades, incluyendo entidades geométricas, siguen un cierto patrón. Cada entidad tiene dos tipos principales de datos: el dato de directorio, y el dato de parámetro. El primero es el número de tipo de entidad y el segundo son los parámetros requeridos para definir de una manera única y completa la entidad. Además, IGES especifica otros parámetros relacionados a los atributos de la entidad y a la estructura del archivo.

Para entender mejor como las entidades geométricas son descritas en IGES, vamos a considerar un ejemplo de entidades de cuadro de alambre y entidades de superficie. El tipo de entidad IGES arco circular tiene el número 100 y sus parámetros son un desplazamiento paralelo z_w de arco desde el plano XY y de la definición del arco en el espacio (WCS), un centro (x_1, y_1) , un punto inicial (x_2, y_2) , y un punto final (x_3, y_3) . Los dos últimos puntos deben ser seleccionados para definir una dirección contraria a las manecillas del reloj, como muestra la figura 4.3:

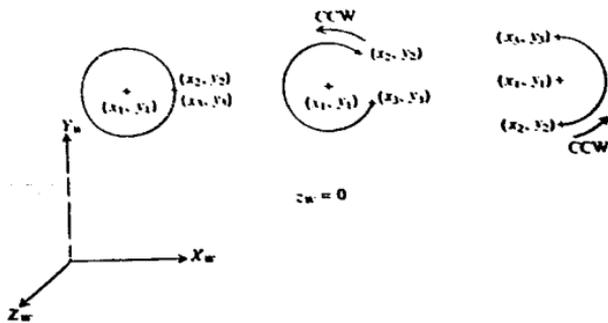


Figura 4.3

La línea IGES es un tipo de línea paramétrica número 110, un punto inicial (x_1, y_1, z_1) y un punto final (x_2, y_2, z_2) . El tipo de entidad IGES curva spline paramétrica tiene el número 112. Está entidad es difícil de especificar debido a los diferentes métodos posibles que pueden ser usados para definir una curva spline y los cuales usan los sistemas CAD/CAM. Los siete tipos de splines disponibles en IGES son lineales, cuadráticas, cúbicas, Wilson-Flower, Wilson-Flower modificada, B-spline, y B-spline racional. Las primeras seis splines caen dentro del tipo de entidad 112 y tienen

tipos 1, 2, 3, 4, 5, y 6 respectivamente. La B-spline racional es tratada en forma separada como un tipo de entidad con el número 126. Además para el tipo spline, hay otros parámetros para las primeras seis splines que incluyen grado de continuidad, planaridad, no planaridad, número de segmentos, puntos y derivativos.

Los tipos de entidades superficie son especificadas en una forma similar a las entidades de cuadro de alambre excepto por unos apuntadores que son usados para referir a la siguiente entidad siempre que se necesite. El tipo de entidad IGES plano tiene el número 108 y la forma implícita es:

$$Ax + By + Cz = D \quad (\text{ec. 1})$$

Cualquier otra forma de plano debe ser convertida por el traductor IGES en la ec. 1. De esta manera, los parámetros para el plano son los coeficientes (A, B, C, D) del plano. Si el plano esta limitado se requiere un apuntador a una entidad de curva cerrada, y si el plano es no limitado se requiere de un símbolo de despliegue, su tamaño y posición (x, y, z). El símbolo y su tamaño son usados para mostrar los planos no limitados tal como se muestra en la figura 4.4. Si el apuntador vale cero, esto indica que el plano es no limitado. Se requiere en este caso, la ubicación del símbolo y una dimensión diferente de cero. Si el apuntador tiene un valor diferente de cero, el símbolo es colocado a cero para indicar que su información no es necesaria.

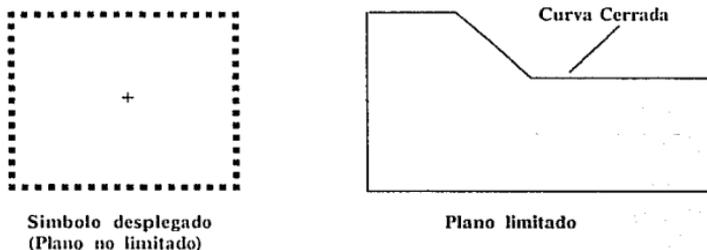


Figura 4.4

La superficie regular (con el número 118), la superficie de revolución (número 120), y el cilindro tabulado (número 122) son similares en su definición; puesto que todas utilizan apuntadores. Por ejemplo, una superficie de revolución es definida por cuatro parámetros: un apuntador al eje de revolución (esta debe ser una línea entidad número 110), un apuntador a la generatriz (curva a ser rotada), un ángulo inicial, y un ángulo final (ambos en radianes). Una entidad de superficie spline paramétrica (con número 114) sigue un formato similar que el de la entidad de curva spline. Sus parámetros incluyen el tipo de frontera de la spline (1 a la 6 curva spline), el tipo de pieza (1 = producto cartesiano, 0 = no especificado), número de segmentos en las direcciones u y v , y la coordenadas de puntos de control de la pieza.

IV.2.2.2 ANOTACION

Los datos del dibujo están representados en IGES vía sus entidades de anotación. Muchas entidades IGES de anotación son construidas usando otras entidades IGES básicas definidas tales como datos copiables (centro de línea, sección, y ancho de línea), ancho de línea, cabecera (flecha), y una nota general. Por ejemplo, las entidades de dimensión pueden tener 0, 1, ó 2 apuntadores para entidades del grueso de línea, 0, 1, ó 2 apuntadores para las entidades de cabecera, y un apuntador para una entidad de nota general. El número de 0, 1, ó 2 apuntadores de una entidad dada depende en la entidad de dimensión que se quiere ver. Una entidad de dimensión puede tener, por ejemplo, 0, 1, ó 2 flechas, en cuyo caso se requiere un número correspondiente de entidades de cabecera.

Una entidad de anotación puede ser definida en función del espacio WCS o en un espacio bidimensional asociado con un dibujo dado. Esto es análogo al modo del modelo y al modo del dibujo. Si una dimensión es insertada por el usuario en el modo modelo, entonces esta requiere un apuntador a una matriz de transformación cuando se traduce hacia IGES.

Por ejemplo, una entidad de dimensión del diámetro (número 206) consiste de notas generales (el texto mismo), una o dos cabeceras, y el punto central del arco a ser dimensionado para posicionar la línea correspondiente a la dimensión del arco. Sin embargo los parámetros requeridos para definir esta entidad de dimensión, son un apuntador a una nota general, un apuntador a la primera cabecera, un apuntador a la segunda cabecera o cero para eliminarla, y las coordenadas del centro del arco (x, y), como se muestra en la figura 4.5.

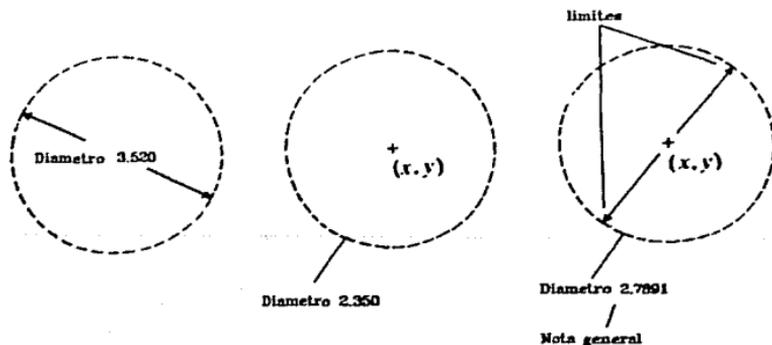


Figura 4.5

La tabla 4.1 muestra las otras entidades de anotación IGES.

TIPOS DE ENTIDAD IGES

ENTIDAD TIPO NUMERO	TIPO DE ENTIDAD
106	Colección de datos
202	Dimensión angular
206	Dimensión diametral
208	Nota de bandera
210	Etiqueta general
212	Nota general
214	Punta de flecha
216	Dimensión lineal
218	Dimensión ordinal
220	Dimensión puntual
222	Dimensión radial
228	Símbolo general
230	Area seccionada

Tabla 4.1

IV.2.2.3 ESTRUCTURA

Las dos secciones previas muestran como los datos geométricos y del dibujo pueden ser representados por IGES. Una base de datos de definición de un producto típico incluye mucho mayor cantidad de información. IGES proporciona un conjunto de datos del producto para ser representados vía sus entidades de estructura. Estas entidades incluyen asociatividad, dibujo, vistas, referencias externas, propiedades, subfiguras, macros, y atributos de entidades. Los atributos incluyen tipos de línea, tipos de texto, y definición de color. La tabla 4.2 muestra las diferentes entidades de estructura en IGES.

TIPOS DE ENTIDAD DE ESTRUCTURA

ENTIDAD TIPO NUMERO	TIPO DE ENTIDAD
302	Definición de asociatividad
304	Definición de tipo de línea
306	Definición de MACRO
308	Definición de subfigura
310	Definición de tipo de letra
312	Forma de despliegue de texto
314	Definición de color
320	Definición de subfigura de red
402	Instancia de asociatividad
404	Entidad de dibujo
406	Entidad de propiedad
410	Entidad de vista
416	Referencia externa

Tabla 4.2

La entidad de definición de asociatividad permite a IGES definir una relación especial (llamada esquema de asociatividad) entre varias entidades de un modelo dado. Esta entidad especifica la sintaxis de una relación dada y no su semántica, es decir, su validez. La colección de entidades que están relacionadas unas con otras vía el esquema de asociatividad es llamada una clase. La existencia de muchas clases implica una asociación entre las clases como también con el contenido de cada clase. Dos tipos de asociatividad son permitidas en IGES. Asociatividad predefinida y el segundo tipo es implementación definida. Cada vez que una relación de asociatividad es necesaria en un archivo IGES, se emplea una entidad de asociatividad. Considerando como ejemplo, la asociatividad de grupo. La mayoría de los sistemas CAD/CAM aceptan una colección de conjuntos de entidades para ser definidos como una simple entidad lógica llamada grupo. Los grupos son útiles para animación (de ligas y mecanismos) y otros propósitos. IGES predefine asociatividad de grupo (de número = 1) vía el tipo de entidad número 302. El tipo de entidad número 402 es usada en el archivo IGES cada vez que aparece una instancia de grupo en los datos del modelo.

La entidad de referencia externa le permite al archivo IGES relacionarse con cualquier otro archivo. Esta entidad provee una liga entre una entidad en un archivo y la definición ó una entidad relacionada lógicamente en otro archivo. Este concepto es similar a la referencia de librerías estándares en Fortran en los programas hechos por los usuarios. Están definidas tres formas de referencia externa. La forma 0 se usa cuando se desea una definición simple del archivo al que se hace referencia, el cuál puede contener una colección de definiciones. La forma 1 es usada cuando el archivo entero va a ser incluido, este es el caso donde el archivo al cuál se hace referencia contiene un subsamblado completo. La forma 3 se utiliza cuando una entidad en un archivo se refiere a otra entidad en un archivo separado. Este es el caso cuando cada hoja de un dibujo es un archivo separado, es decir, un borde en una hoja corresponde con un borde en otra hoja.

La entidad de propiedad en IGES contiene datos numéricos y de texto. Debido al amplio rango de propiedades, cada una es asignada a un número de forma y cada número de forma puede contener diferentes tipos de propiedades (p-tipos). Por ejemplo, la forma número 11 contiene datos tabulados que están organizados bajo n p-tipos. Los p-tipos 1, 2, 3, 4 por ejemplo, se refieren al modulo de Young, relación de Poisson, modulo de corte, y matriz de materiales respectivamente. Hay 17 formas todas conjuntamente pueden ser especificadas con las entidades de propiedad.

La capacidad de macros en IGES permite la jerarquía de partes y/o agrupar entidades por el usuario para propósitos especiales, lo cuál es una práctica común en los sistemas de CAD/CAM a ser traducidos. Las macros pueden solamente definir una nueva entidad en términos de entidades soportadas por IGES. Esta capacidad permite la extensión de IGES más allá de su subconjunto de entidades comunes utilizando un mecanismo formal el cuál es parte de IGES. Una nueva entidad puede ser definida una sola vez en un archivo IGES pero esta puede ser referenciada tantas veces en el archivo como sea necesario usando la instancia de entidad MACRO (tipo número 600 a 699 y 1000 a 99999).

IV.2.3 ESTRUCTURA DEL ARCHIVO Y FORMATO

Un sistema CAD/CAM que soporta IGES generalmente proporciona a sus usuarios dos comandos. Un comando habilita al usuario para crear archivos de un modelo dado en el sistema mientras el otro permite al usuario leer un archivo existente de un modelo hacia el sistema. El primer comando accesa el sistema preprocesador y el segundo accesa el sistema postprocesador. Generalmente cada uno de estos comandos entabla un diálogo con el usuario para dar información que facilite la interpretación del archivo IGES (por futuros postprocesadores) y para proveer de una lista de nombres al comando para traer algún archivo IGES. Por ejemplo, para crear un archivo IGES

**ESTRUCTURA GENERAL
DEL ARCHIVO IGES**

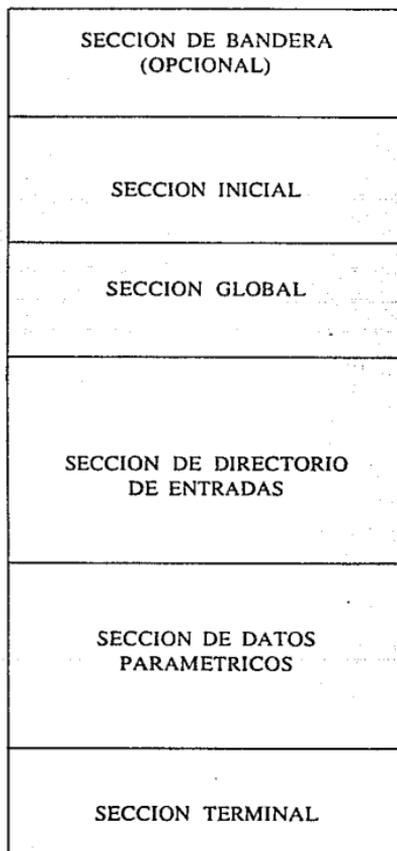


Figura 4.6

el programa pregunta al usuario por un nombre de archivo (opcional) para los errores que se generen, el nombre del modelo (parte) a ser traducido al formato IGES, el nombre del archivo IGES que va a ser generado, y los datos relacionados a las "secciones de inicio y global" del archivo IGES descrito. El archivo de errores contiene una sección de error que lista las entidades que no fueron procesadas exitosamente y los mensajes relacionados.

Un archivo IGES es un archivo secuencial consistente en una secuencia de registros. El formato del archivo trata la definición del producto a ser traducido como un archivo de entidades, cada entidad representada en un formato estándar, hacia el cual y desde el cual cada una de las representaciones nativas de un sistema CAD/CAM específico puede ser mapeada.

Dependiendo del formato del archivo que se quiera, la longitud del registro puede ser fijo ó variable. hay dos diferentes formatos para representar datos IGES en un archivo: ASCII y binario. La forma ASCII tiene dos tipos de formato: un formato fijo de 80 caracteres de longitud de registro y un formato comprimido. En el formato de longitud de registro fijo, el archivo entero es de registros de 80 caracteres. El archivo es dividido en secciones. Dentro de cada sección, los registros están etiquetados y numerados. Los datos IGES están escritos en columnas del 1 hasta la 72 de cada registro. La columna 73 almacena el carácter de identificación de sección. Las columnas 74 hasta la 80 especifican el número de secuencia de sección de cada registro. Veremos a continuación la estructura del archivo IGES.

Un archivo IGES consiste de seis secciones las cuales deben aparecer en el siguiente orden: Sección de bandera (opcional), sección inicial, sección global, sección de directorio de registro (DE), sección de parámetros de datos (PD) y sección final, como se muestra en la figura 4.6.

Los caracteres de identificación, también llamados la sección de código (columna 73 de cada registro), son para cada sección, respectivamente S, G, D, P, y T (excluyendo la sección de bandera). La sección de bandera es usada solamente con ASCII comprimido y formato binario. Este es un registro sencillo (línea) que precede a la sección de inicio en el archivo IGES con el carácter C en la columna 73 para identificar el archivo como ASCII comprimido. En el formato de archivo binario, la sección de bandera es llamada la sección de información binaria y el primer byte (8 bits) de esta sección tiene la letra B ASCII como el identificador de archivo.

La sección de inicio es una introducción legible al archivo. Es comúnmente descrita como un prólogo para el archivo IGES.

La sección global incluye la información que describe el preprocesador y la información requerida por el postprocesador para interpretar el archivo. Algunos de estos parámetros que están especificados en esta sección son:

- Caracteres usados como limitadores entre entradas individuales y entre registros (generalmente comas y dos puntos respectivamente)
- El nombre del archivo IGES
- El fabricante y versión del software del sistema emisor
- Número de dígitos significativos en la representación de enteros y números de punto flotante de simple y doble precisión en el sistema emisor

- Fecha y hora de la generación del archivo
- Escala del espacio del modelo
- Unidades del modelo
- Mínima resolución y máximo valor de coordenadas
- Nombre del autor del archivo IGES y su organización

Algunos de los parámetros anteriores pueden ser implementados dentro de los diálogos del generador del archivo IGES.

La sección DE es una lista de todas las entidades definidas en el archivo IGES junto con ciertos atributos asociados con ellas. La entrada para cada entidad ocupa dos registros de 80 caracteres los cuales están divididos en un total de veinte campos de 8 caracteres. El primero y el onceavo campo contiene la entidad tipo número. El segundo campo contiene un apuntador a la entrada del parámetro para la entidad en la sección PD. El apuntador de una entidad es simplemente su número de secuencia en la sección DE. Algunos de los atributos especificados en esta sección son tipo de línea, número de capa, matriz de transformación, ancho de líneas, y color.

La sección PD contiene los datos que definen cada entidad listada en la sección DE. Por ejemplo, una entidad de línea recta está definida por las seis coordenadas de sus dos puntos finales. Mientras cada entidad siempre tiene dos registros en la sección DE, el número de registros necesarios para cada entidad en la sección PD varía de una entidad a otra (el mínimo es un registro) y depende en la cantidad de datos. Los parámetros están colocados en formato libre en la columna 1 hasta la 64. El delimitador del parámetro (usualmente una coma) es usado para separar parámetros y el delimitador de registro (usualmente dos puntos) es usado para terminar la lista de parámetros. Ambos delimitadores están especificados en la sección global del archivo IGES. Columna 65 está en blanco. Columna 66 hasta la 72 en todos los registros PD contienen el apuntador de entidad especificado en el primer registro de la entidad en la sección DE.

La sección terminal contiene un solo registro el cual especifica el número de registros en cada una de las cuatro secciones anteriores para propósitos de revisión.

El registro de longitud fija (80 caracteres) del formato ASCII del archivo IGES unido con los campos que no son usados en la sección DE dan como resultado una transmisión con una alta proporción de caracteres de espacio. El formato de ASCII comprimido y binario son introducidos para solucionar el problema del tamaño de archivo.

En el formato comprimido ASCII, las secciones inicial, global, y terminal son similares a la forma ASCII, mientras que la sección DE y PD están combinadas dentro de una sección de datos. Además, cada registro de la sección PD de la sección de datos está escrita en una forma libre similar a la sección PD ASCII, pero de longitud variable (termina antes de la columna 65) para eliminar los caracteres vacíos.

El formato binario de archivo es una cadena de bits para la representación de datos. Toda la parametrización de entidades y la organización de datos son idénticas a la forma ASCII. Cada sección

en el archivo inicia con la sección de código (8 bits), esto es S, G, D, P, ó T, seguido por una sección de cuenta de byte (32 bits) para especificar el número total de bytes que pertenecen a la sección excluyendo los 40 bits requeridos para la sección de código y la sección de cuenta de byte. Las variables de entidad DE y los parámetros PD son similares a las del formato ASCII.

IV.2.4 PROCESADORES

IGES es, por sí mismo, la especificación de un formato para el intercambio de datos de un producto entre sistemas CAD/CAM diferentes. Este formato debe ser interpretado, comprendido e implementado por los fabricantes de programas CAD/CAM, estos son llamados procesadores o traductores. La interfase de usuario entre estos procesadores generalmente toma la forma de comandos simples como "put IGES" o "get IGES". Principalmente los procesadores IGES proporcionan lo siguiente:

1.- Algoritmos de traducción entre los formatos IGES de las entidades y sus formatos dentro de un sistema CAD/CAM específico.

2.- Rutinas de lectura y escritura para acceder entidades almacenadas en archivos IGES y en la base de datos de los sistemas específicos.

Cuando se utilizan los procesadores IGES pueden surgir dos casos típicos. El primero ocurre cuando los dos sistemas fuente y receptor manejan las mismas entidades IGES pero sus procesadores correspondientes no. Esto ocurre cuando en cualquiera de los procesadores se implementa un subconjunto de entidades IGES. Si, por ejemplo, el preprocesador del sistema fuente maneja un tipo de entidad que el postprocesador del sistema receptor no maneja, entonces el intercambio de datos entre los sistemas falla y se reportan errores por parte del último procesador. El segundo caso sucede cuando los procesadores de ambos sistemas manejan el conjunto completo de entidades IGES, pero los sistemas en sí no los pueden manejar (como es el caso de los tipos de spline). En este caso el intercambio de información es concluido sin errores, pero el mapeo de las entidades del sistema fuente a sus entidades más aproximadas en el sistema receptor puede resultar en una pérdida de representación geométrica inaceptable.

IV.2.4.1 DISEÑO

El formato IGES, u otro estándar, reduce el problema de intercambio de bases de datos al diseño de dos procesadores: un preprocesador para mapear la base de datos fuente a un archivo IGES y un postprocesador para mapear el archivo IGES a una base de datos receptora. Pero escribir procesadores IGES es aún un reto significativo. Una base de datos típica puede contener un gran número de ocurrencias de un gran número de entidades. Muchos de estos tipos de entidades involucran conceptos matemáticos y estructuras de datos complejas. Además, los objetivos del intercambio de datos pueden variar de la fácil obtención de una "imagen gráfica idéntica" a la compleja "pérdida mínima posible de información".

Los problemas que surgen en la escritura de un procesador IGES se relacionan con la definición y el formato del estándar IGES. Algunos de estos problemas son :

1.- Conjunto de entidades IGES.- IGES no soporta y no puede soportar un superconjunto de las entidades que se encuentran en los sistemas CAD/CAM actuales. IGES puede contener una entidad

que no tenga equivalencia en un sistema determinado, o el sistema puede contener una entidad para la cual no exista un equivalente IGES. El procesador entonces puede ignorar la entidad a traducir o traducirla en otra entidad similar, destruyendo su significado original. Estas diferencias pueden ocurrir entre la representación de la entidad en el sistema fuente, en IGES y en el sistema receptor.

2.- Formato IGES.- Dado que IGES permite el intercambio de estructuras y relaciones complejas, este formato debe ser procesable por una amplia variedad de sistemas de cómputo y en consecuencia sólo puede utilizar formatos y métodos de administración de datos simples y que sean conocidos por los sistemas de cómputo, y que al mismo tiempo, sean independientes de cualquier sistema específico.

3.- Limitaciones individuales de sistemas CAD/CAM.- Estas limitaciones están basadas en un sistema específico y se relacionan con conceptos como son el tamaño del modelo, la precisión de los datos o el espacio de modelo bidimensional.

El diseño de un procesador IGES teniendo en cuenta los problemas anteriores se divide en los siguientes pasos:

1.- Analizar y tabular las características de las entidades. Este paso involucra el estudio de las representaciones matemáticas de las entidades utilizadas tanto por el sistema CAD/CAM como por IGES. En muchos casos, una entidad puede ser representada de varias formas aproximadas, pero no equivalentes. Por ejemplo un arco circular puede ser representado de distintas maneras. Las características de entidad de las representaciones de IGES y el sistema CAD/CAM son tabuladas y comparadas.

2.- Definición de los algoritmos de conversión. El paso anterior proporciona la información requerida para diseñar los algoritmos de conversión adecuados para traducir una entidad a IGES y viceversa.

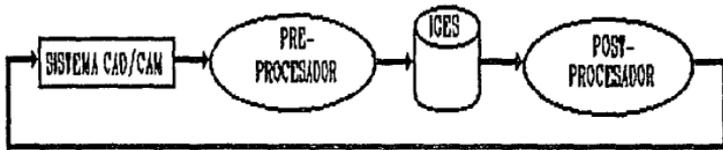
3.- Desarrollar las especificaciones completas del procesador. Los dos pasos anteriores conforman el núcleo del proceso de diseño. Una vez concluidos se deben desarrollar las especificaciones relevantes del procesador, estas incluyen la versión IGES para la que se diseña el procesador, el subconjunto de entidades IGES que soporta y la interface de usuario del procesador.

4.- Diseño de procesos de verificación. La verificación cuidadosa de los procesadores IGES es muy importante debido a que los procesadores operan como la interface entre diferentes organizaciones y fabricantes. La inspección directa del software del procesador y su documentación no es suficiente. Los procesadores IGES deben ser verificados construyendo datos de prueba, procesándolos y comparando los resultados reales con los esperados.

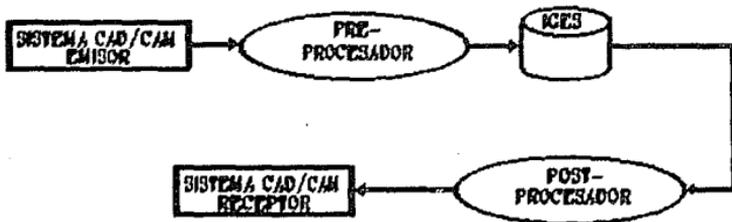
IV.2.4.2 VERIFICACION

La verificación de los resultados del procesador es una labor que consume tiempo. En muchos casos no es suficiente revisar sólo los dibujos. Los métodos comunes para la prueba son los siguientes

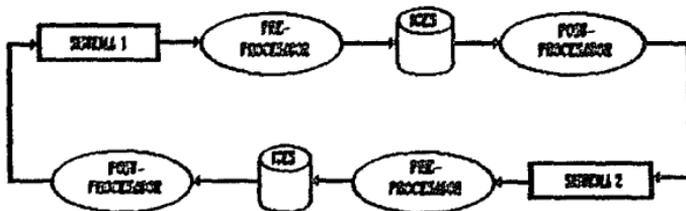
1.- Prueba de reflexión. Se crea un archivo IGES con el preprocesador del sistema y se lee este archivo con el postprocesador del mismo sistema. Esta prueba se hace para determinar si el procesador del sistema puede leer y escribir entidades comunes, haciéndolas simétricas.



2.- Prueba de transmisión. Un archivo IGES creado en un sistema fuente es transferido a un sistema receptor cuyo postprocesador es utilizado para recrear el modelo. Esta prueba determina las capacidades del preprocesador del sistema fuente y el postprocesador del sistema receptor.



3.- Prueba de ciclo. Un archivo IGES creado por el sistema fuente es leído por el sistema receptor, este a su vez crea otro archivo IGES para que sea leído por el sistema fuente. Esta prueba verifica los pre y postprocesadores de ambos sistemas.



IV.2.4.3 MANEJO DE ERRORES

Cuando se procesan archivos IGES se producen principalmente dos tipos de errores: errores del programa en el procesador e interpretaciones erróneas del estándar IGES. Estos errores se producen tanto en pre como en postprocesadores. De la forma como el procesador reporta estos errores y de la información que da acerca de ellos depende si la corrección de éstos es una tarea fácil o laboriosa. El preprocesador debe reportar tipo de entidad, número de ocurrencias no procesadas, las razones por las que no se procesaron e información relevante de la base de datos acerca de las entidades no procesadas. Por otro lado el postprocesador debe reportar el número de entidades no procesadas, sus tipos, formas, sus números de registro en las secciones DE y PD, y la razón por la que no se procesaron, también debe reportar datos inválidos o faltantes en la lectura de un archivo IGES, en especial de aquellos archivos que han sido editados.

IV. 3 PROCEDIMIENTO PARA TRANSFERIR LOS DATOS DEL SISTEMA CBDS AL SISTEMA I-DEAS.

Una vez dentro del ambiente de CBDS, se teclea CBDSIGES para invocar al traductor.

A continuación aparecen los campos para el nombre del archivo, para especificar si se trata de una base de datos nueva y si se va a utilizar un archivo especial para almacenar un archivo de perforaciones.

```
DESIGN FILE NAME == > (NOMBRE)
DISPOSITION      == > (OLD/NEW)
DRILSPEC FILENAME == > DEFAULT
```

Se teclea el nombre del archivo a ser traducido, este nombre puede ser de hasta ocho caracteres de longitud y puede incluir los caracteres de la A-Z y 0-9.

Si el archivo es nuevo se teclea NEW en el siguiente campo y si se va a utilizar un archivo diferente de DEFAULT para información de perforaciones se teclea su nombre.

Una vez llenos los campos anteriores se presiona la tecla < ENTER > y aparece el siguiente menú:

PROCESS CONTROL MENU

```
ASSEMBLY DRAWING
DESIGN FILE TRANSLATION
GERBER FILE TRANSLATION
MODELLER
GRAPHICS
DRILL DRAWING
LAYERMASK TRANSLATION
NEW DESIGN
EXIT
```

La descripción de cada una de estas opciones es la siguiente:

ASSEMBLY DRAWING: Esta utilidad es para traducir información gráfica de 2D de CBDS a otro paquete, se crean archivos IGES para usarlos principalmente para dibujos de ensamble y diseño.

DESIGN FILE TRANSLATION: Esta utilidad se usa para interfases generales de IGES y traduce los del archivo de diseño CBDS al archivo IGES los siguientes conceptos:

- Datos de componentes
- Señales
- Pistas
- Conexiones entre pistas
- Terminales
- Dispositivos
- Tarjetas
- Planos de cobre
- Texto

GERBER FILE TRANSLATION: Sirve para traducir un archivo GERBER en formato G600 a un archivo IGES.

MODELLER: Esta opción crea un programa que contiene comandos interactivos que se usan para aprovechar las capacidades de programas de modelado de sólidos como por ejemplo GEOMOD. Sólo se traduce información de 3D y el programa actúa como si un usuario fuera seleccionando las opciones del menú para crear un objeto sólido.

GRAPHICS: Esta opción crea un archivo con la información térmica y mecánica que se requiere para un análisis de ingeniería.

DRILL DRAWING: Esta utilidad traduce toda la información perforaciones del diseño de CBDS a un archivo IGES, esta información incluye cortes, conexiones entre capas, perforaciones de montaje, etc.

LAYER MASK TRANSLATION: Esta opción traduce las matrices de indicaciones y las máscaras de circuito impreso de un archivo de diseño a un archivo IGES.

IV.4 CONCLUSIONES

IGES proporciona un medio para la comunicación de datos entre sistemas CAD/CAM diferentes, aunque tiene ciertas limitaciones e imperfecciones.

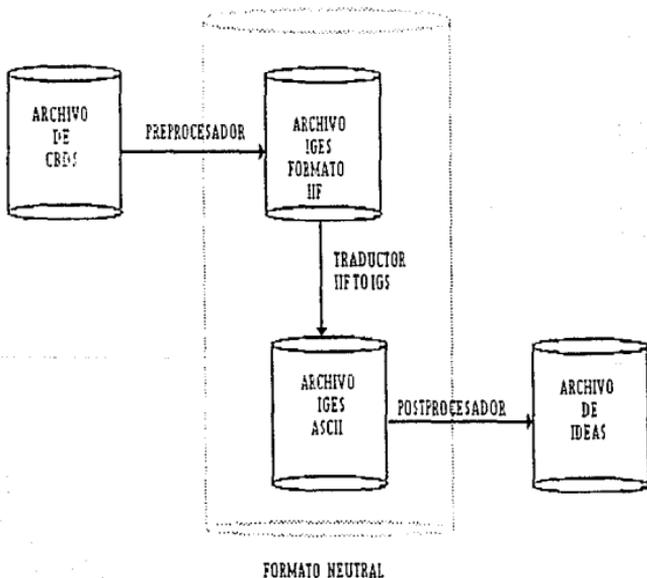
La principal virtud de IGES es que ha servido como un medio para la discusión de este tema y como un estándar para la comparación con otros formatos de transmisión de datos más avanzados, que seguramente se beneficiarán con las experiencias obtenidas de IGES.

En el desarrollo de este trabajo tuvimos el problema de que la base de datos CDB no contenía

unicamente se realizo la transferencia de la informacion de 3D y los parametros fisicos se agregaron posteriormente en el otro sistema.

Otro de los problemas que se nos presento fue el cambio continuo de equipo de computo, puesto que el diseno electronico se elaboro en un equipo mainframe y el analisis mecanico fue desarrollado en una estacion de trabajo. Para llevar a cabo lo anterior tuvimos la necesidad de trasladar la informacion de nuestro diseno por medio de una red de computadoras, de un equipo mainframe, que maneja sistema operativo VMS, a una estacion de trabajo con sistema operativo UNIX, con el fin de que la estacion de trabajo con la que analizamos nuestro diseno pudiera interpretar correctamente el formato de los datos que proporcionamos.

ESQUEMA DE LA TRANSFERENCIA DE DATOS



**C
A
P
I
T
U
L
O
V**

INGENIERIA ASISTIDA POR COMPUTADORA

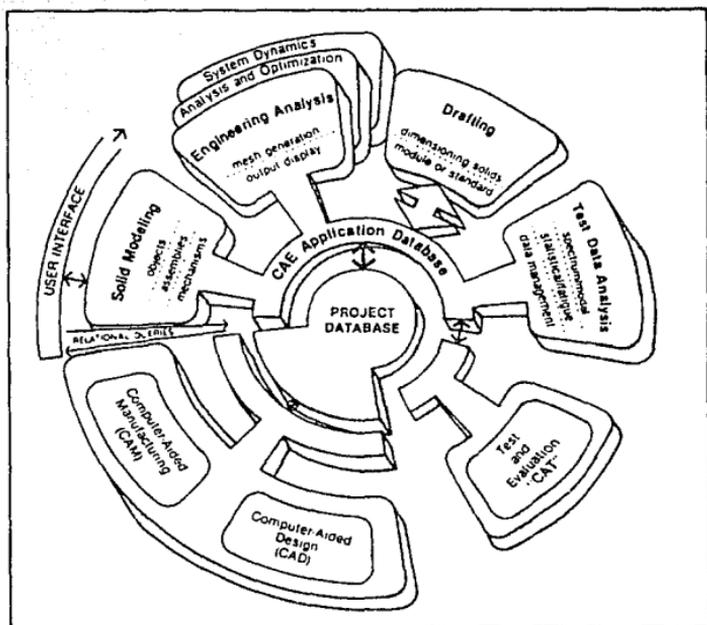
V.1 FAMILIAS DE I-DEAS.

Este sistema es un paquete que integra herramientas de software para ingeniería mecánica, lo cual permite la implementación de una ingeniería concurrente, es decir, varias áreas de ingeniería trabajando conjuntamente para el diseño de un producto y su análisis. El sistema reúne a diferentes grupos en un solo ambiente para dividir el diseño geométrico e intercambio libre de información para una variedad de aplicaciones.

Este sistema ofrece capacidades para:

- Modelado de sólidos
- Ensamble de sistemas
- Cinemática
- Pre/post proceso de modelos de elemento finito
- Solución de modelos elemento finito
- Sistemas dinámicos
- Dibujo
- Análisis de datos de prueba
- Bases de datos relacionales de proyecto.

Este sistema está integrado por un número de familias de productos, cada una dividida, a su vez, en varias tareas (Una tarea es un conjunto de herramientas de ingeniería, gráficas y manejadores de datos dedicados a una actividad de ingeniería) todas se ejecutan a partir de un menú común y comparten una base de datos común. Las principales familias son: Modelado de sólidos (Solid Modeling), Modelado y análisis por elemento finito (Finite Element Modeling & Analysis), Dinámica de sistemas (System Dynamics), Pruebas, Dibujo (Drafting) y Manufactura.



Empleando cada una de estas familias, se puede evaluar el diseño desde el concepto abstracto hasta una investigación detallada de un sistema completo. La información obtenida inicialmente en una etapa conceptual puede ser accesada durante todo el proceso de diseño.

Cada familia ofrece módulos manejados por menús, con una alta interacción y gráficas orientadas. Las familias y los módulos están representados en la siguiente tabla.

FAMILIA	MODULO
Modelado de sólidos (Solid Modeling)	Modelado de Objetos Ensamble de Sistemas

	Solución de Mecanismos Definición de Excitación Respuestas
Análisis de ingeniería (Engineering Analysis)	Pre/Post Procesamiento Solución del Modelo Optimización Recuperadores de Datos Análisis de Marcos (Frame Analysis)
Dinámica de sistemas (System Dynamics)	Definición de Componentes Ortogonalidad Ensamble de Sistemas Documentación del Proyecto Definición de Excitación Respuestas Cargas en Componentes
Dibujo (Drafting)	Módulo único
Análisis de datos de prueba (Test Data Analysis)	Módulo único

V.1.1 LA FAMILIA DE MODELADO DE SÓLIDOS (SOLID MODELING).

La familia de modelado de sólidos (Solid Modeling) ofrece un conjunto modular de herramientas de software para desarrollar el concepto y diseño geométrico de un sistema mecánico. Cada módulo es una herramienta interactiva que se puede emplear para el diseño del sistema mecánico. Se puede utilizar esta familia para construir y analizar el modelo de un sistema mecánico, éste consiste de objetos sólidos de tres dimensiones. La figura V.1 ilustra la estructura de Modelado de Sólidos.

Esta familia incluye los siguientes módulos

V.1.1.1 Modelado de Objetos (Object Modeling)

El módulo de Modelado de Objetos permite crear geometrías de objetos sólidos utilizando figuras geométricas simples en 3D, perfiles de líneas en 2D o conjuntos de secciones transversales. Se puede entonces manipular la geometría por orientaciones, combinaciones, cortes, deformaciones o la edición del árbol de la historia de los objetos.

Se puede crear un objeto sólido empleando las siguientes herramientas:

- **Primitivas.**- Geometría de figuras sólidas básicas (bloques, cilindros, conos, esferas o tubos).

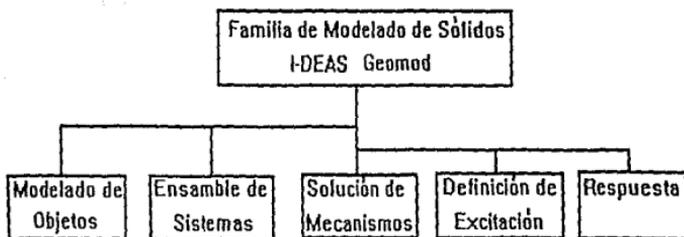


Figura V.1 Organización de la familia de Modelado de Sólidos.

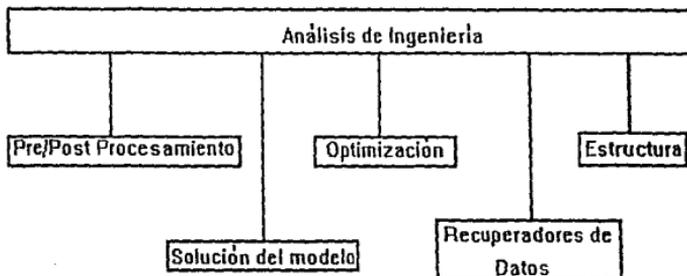


Figura V.2 Organización de la familia de Análisis de Ingeniería.

- **Perfiles.**- Extrucción (prolongación de un perfil a lo largo de un eje) o revolución de figuras en 2D.
- **Piel.**- Utilizando un conjunto de secciones transversales como esqueleto para definir un sólido.
- **Partes elementales.**- Ensamblando un objeto como una colección de puntos, caras, superficies y cuerpos.

Además, el módulo de modelado de objetos ofrece cuatro formas diferentes para modificar un objeto sólido:

- **Booleano.**- Por medio del corte, la unión o intersección de dos cuerpos sólidos.
- **Deformación (Shaping).**- Deforma un objeto sólido para crear geometrías difíciles de producir de otra manera.
- **Detalles (Tweaking).**- Altera las dimensiones de un objeto modificando sus puntos, caras, superficies y cuerpos.
- **Edición.**- Edita el árbol de la historia de un objeto, es decir, se pueden modificar los pasos que se ejecutaron para poder producir el objeto actual.

V.1.1.2 Ensamble de Sistemas (System Assembly)

Utilizando el módulo de Modelado de Objetos, se puede diseñar cada componente de un sistema como un objeto sólido. Una vez que el objeto ha sido definido en la base de datos del sistema, se utiliza el módulo de Ensamble de Sistemas para diseñar el sistema. Dicho módulo, permite definir la relación jerárquica entre componentes y subsistemas y la orientación de éstos en el sistema, al momento de posicionar la geometría, se puede realizar lo siguiente:

- Verificar interferencias de volumen entre las geometrías del sistema.
- Calcular las propiedades de inercia del sistema.
- Cortar la geometría con un plano de corte u otro sólido.
- Animar la geometría por medio de un despliegue cuadro por cuadro.
- Sumar uniones y topologías para el estudio de mecanismos.

V.1.1.3 Solución de Mecanismos (Mechanism Solution)

El módulo de Solución de Mecanismos analiza el comportamiento cinemático de un mecanismo y crea una serie de despliegues gráficos para mostrar como se mueve el mecanismo.

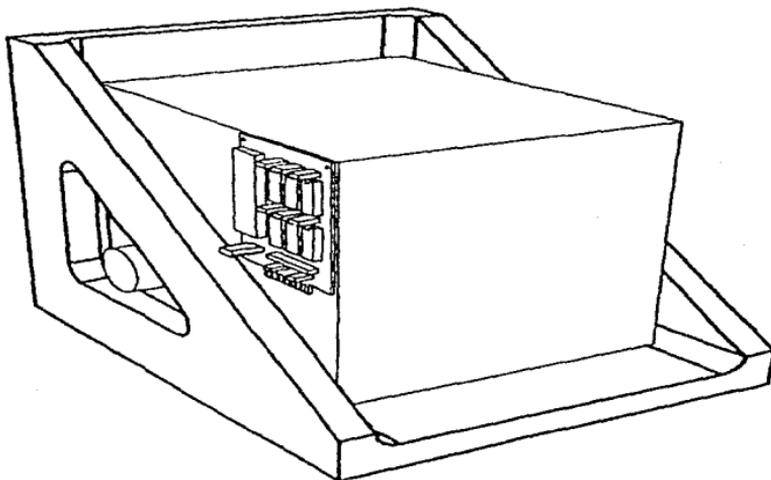
Para analizar el comportamiento cinemático de un mecanismo, se debe especificar como funciona éste. Para esto se debe definir el movimiento de una de las uniones del mecanismo, se pueden definir otras funciones para especificar el movimiento de otras uniones relativos a el movimiento de la unión principal.

Existen otros dos módulos (Definición de Excitación -Excitation Definition- y Respuesta -Response-), éstos solamente se pueden acceder después de tener ensamblado el modelo.

El módulo de Definición de Excitación nos permite definir los movimientos y las fuerzas para un mecanismo. Se puede excitar el mecanismo con la definición de un movimiento principal, de funciones auxiliares o cargas gravitacionales.

El módulo de Respuesta nos muestra las funciones de respuesta generadas por el análisis cinemático, éstas funciones de respuesta incluyen:

- **Respuesta de nodo.**- Posición, velocidad y aceleración.
- **Respuesta de variables de unión.**- Posición, velocidad y aceleración.
- **Restricción de fuerzas en las uniones.**- Con salida relativa a cualquiera de cinco sistemas coordenados.



V.1.2 LA FAMILIA DE ANALISIS DE INGENIERIA (ENGINEERING ANALYSIS)

El Análisis de Ingeniería de este sistema es una herramienta CAE mecánica que permite modelar y analizar el comportamiento estático, dinámico, de transferencia de calor y de flujo de potencial de componentes mecánicos y estructurales. Esta familia nos permite construir un modelo completo de elemento finito, incluyendo las propiedades físicas y de materiales, las cargas y las condiciones de frontera.

Esta familia consiste de los siguientes módulos, tal como lo muestra la figura V.2:

V.1.2.1 Pre/Post procesamiento: El módulo de Pre/Post Procesamiento proporciona el medio para elaborar modelos de elemento finito, prepararlos para un análisis y desplegar los resultados de dicho análisis. Esta dividido en varias áreas funcionales llamadas tareas como se muestra en la figura 2-3.

a) Definición de Geometría (Geometry Definition).- La tarea de Definición de Geometría se emplea para crear y manipular puntos y curvas como base para la tarea de Generación de Malla. Esta tarea permite, además, transferir la geometría de un objeto hecho en el módulo de modelado de sólidos.

b) Generación de Malla (Mesh Generation).- La tarea de Generación de Malla se emplea para la creación de áreas de malla y de volúmenes de malla, que controlan la generación automática de la malla. En áreas de malla, se genera elementos de coraza y en volúmenes de malla, elementos sólidos. Ya sea en área o volumen de malla, se puede especificar una generación de malla restringida o una generación de malla libre.

c) Malla Adaptativa (Adaptive Meshing).- Empleando la tarea de Malla Adaptativa es posible redefinir áreas de malla basados en la información resultante de un análisis de elemento finito o en los valores verificados del modelo. La malla puede ser adaptada con movimientos de nodos, dividiendo elementos o una combinación de ambas técnicas.

d) Modelado Laminar (Laminate Modeling).- La tarea de Modelado Laminar se utiliza para definir las propiedades del material para estructuras de composición laminar. En lugar de introducir estos valores directamente en la tabla de propiedades del material, se puede emplear esta tarea para calcular interactivamente las propiedades del material para cada una de las capas. Así se puede desarrollar las propiedades del material y crear una lámina.

e) Propiedades de Viga (Beam Properties).- La tarea de Propiedades de Viga se emplea para calcular las propiedades de corte seccional de elementos de viga. Esta tarea permite modelar un corte seccional con elementos de coraza delgados lineales.

f) Preparación del Modelo (Model Preparation).- La tarea de Preparación del Modelo se emplea para crear nodos, elementos, tablas de propiedades físicas, tablas de propiedades de material, sistemas coordenados y líneas de trazo. Esta tarea también ofrece la máscara del programa de análisis, la cual permite especificar el programa de análisis de elemento finito externo al sistema que se planea utilizar.

g) Revisión del Modelo (Model Checking).- La tarea de Revisión del Modelo se utiliza para verificar la validez del modelo para análisis. Por ejemplo, se puede emplear esta tarea para verificar la coincidencia de nodos, de elementos y distorsión de elementos en el modelo. Se puede

emplear también esta tarea para calcular el ancho de banda y frente de onda del modelo.

h) Casos para Análisis (Analysis Cases).- La tarea de Casos para Análisis es empleada para crear las cargas y condiciones de frontera del modelo. Esta tarea permite agrupar cargas y condiciones de frontera dentro de colecciones llamadas **conjuntos de casos de análisis (analysis case sets)**.

i) Post Proceso.- La tarea de Post Proceso se utiliza para desplegar y estudiar los resultados de un análisis, los cuales existen en el modelo como conjunto de datos de análisis. Esta tarea puede generar despliegues de geometría deformada, trazar contornos, flechas, criterios, gráficas XY, diagramas de corte y momentos de viga.

j) Interfases.- La tarea de Interfases se utiliza para escribir puentes de entrada para programas de análisis, tales como: MSC/NASTRAN, COSMIC NASTRAN, ANSYS, ABAQUS, MOLDFLOW, SINDA, I-DEAS Frame y SDRC Superb.

k) Transferencia de datos Pearl (Pearl Data Transfer).- Esta tarea se emplea para transferir datos de elemento finito y resultados hacia/desde la base de datos relacional del sistema.

l) Administrador de Datos Pearl (Pearl Data Manager).- Se utiliza para hacer consultas (queries) y graficar datos de la base de datos relacional del sistema.

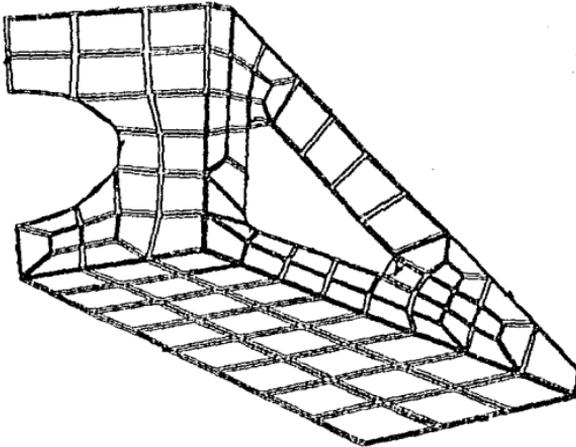
V.1.2.2 Solución del Modelo (Model Solution).- Solución de Modelo realiza análisis de tipo estático lineal, transferencia de calor, dinámica normal del modelo, flujo de potencial y respuesta forzada en modelos creados en el módulo de Pre/Post Proceso. Solución del Modelo automáticamente escribe los resultados del análisis en la base de datos del modelo, donde están disponibles para el despliegue visual de resultados en la tarea de Post Proceso.

V.1.2.3 Optimización: Automáticamente optimiza las características físicas de los modelos creados en el módulo de Pre-Post Proceso. Las propiedades físicas incluyen grueso de la coraza (shell) y propiedades de corte transversal de viga. Este proceso de optimización está basado en cargas definidas y considera esfuerzos, desplazamientos y restricciones de frecuencia que han sido definidas, así como también restricciones de frecuencia para un análisis dinámico.

V.1.2.4 Recuperadores de Datos (Data Loaders): Este módulo de nos permite recuperar resultados de análisis realizados en otros sistemas. Data Loaders convierten estos resultados en un conjunto de datos universales para el sistema. Después de ejecutar este módulo, se utiliza la tarea de interfaces para leer el conjunto de datos universal hacia el modelo. Entonces, se emplea la tarea de Post Processing para desplegar y estudiar los resultados de los análisis.

v) Estructura (Frame): Realiza análisis estático, dinámico, de límites y de deformación de estructuras que pueden ser representadas por elementos de viga y de coraza. Contiene tres programas de análisis:

- **SAGS:** Análisis estático de estructuras generales.
- **LAGS:** Análisis de límites de estructuras generales.
- **DAGS:** Análisis dinámico de estructuras generales.



V.1.3 LA FAMILIA DE DINAMICA DE SISTEMAS (SYSTEM DYNAMICS)

La familia de Dinámica de Sistemas es un sistema interactivo de modelado y de análisis que se emplea para diseñar sistemas mecánicos complejos. Se pueden emplear las gráficas de la computadora y los manejadores de base de datos para ensamblar y verificar rápidamente el modelo de un sistema. Esta familia nos permite evaluar el desempeño dinámico de un sistema lineal interconectado en términos de respuesta modal, de frecuencia o transitoria .

La familia de Dinámica de Sistemas automatiza el proceso de modelado y análisis de un sistema. El Pre y Post procesamiento y las interfases son transparentes para el usuario, facilitando la adquisición de los datos de componentes y de sus conectores desde:

- Los resultados de pruebas modales.
- Los resultados de análisis modales de elemento finito.
- Los bancos de datos.

Dinámica de sistemas incluye los siguientes módulos:

- a) **Definición de Componentes (Component Definition).**- Este módulo nos permite definir y modificar los componentes que constituyen un sistema.
- b) **Ortogonalidad.**- Permite verificar la concordancia del comportamiento de una figura real

contra su representación analítica.

c) **Ensamble de Sistemas (System Assembly).**- El módulo de Ensamble de Sistemas nos permite definir conectores, ensamblar el modelo del sistema a partir de componentes y conectores, verificar el modelo del sistema, resolver y desplegar la distribución de energía y los modos del sistema.

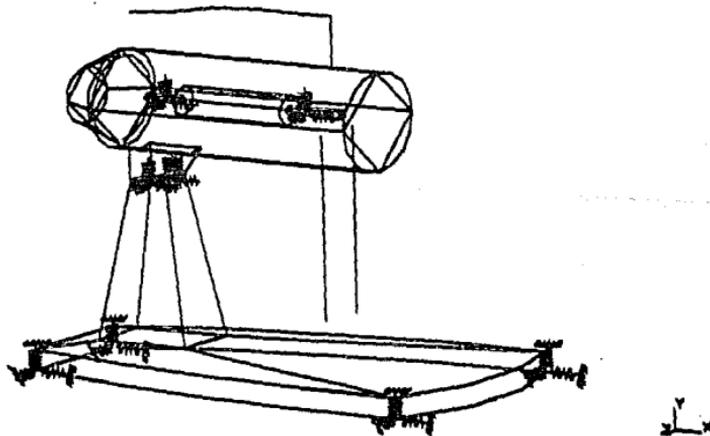
Todas las funciones del módulo son realizadas interactivamente y operan en una base de datos común, minimizando el mantenimiento de archivos.

d) **Documentación del Proyecto (Project Documentation).**- El módulo de Documentación del Proyecto genera la documentación impresa de un sistema completo en un formato que se puede utilizar para un reporte de proyecto.

e) **Definición de Excitación (Excitation Definition).**- El módulo Definición de Excitación nos permite definir la aplicación de fuerzas y el movimiento forzado. Se pueden seleccionar éstas en cualquier combinación para definir casos de frecuencia o de cargas transitorias.

f) **Respuesta.**- El módulo de Respuesta evalúa y traza la respuesta en frecuencia o transitoria de un componente modal o de un sistema debido a un caso de carga definido en el módulo de Definición de Excitación. Esta módulo nos permite evaluar simultáneamente varios grados de libertad.

g) **Cargas en Componentes (Component Loads).**- Este módulo nos permite evaluar las cargas en los componentes, sus restricciones de fuerzas y trazar estas restricciones, como resultado de un caso de carga definido en el módulo de Definición de Excitación.



V.1.4 LA FAMILIA DE DIBUJO (DRAFTING)

La familia Drafting consiste de un solo módulo I-DEAS Geodraw. Este es el módulo de dibujo y dimensionamiento en 2-D de este software, se puede emplear Geodraw para las siguientes tareas de ingeniería mecánica:

- Adicionar notas y dimensiones a vistas procesadas de líneas ocultas de modelos sólidos.
- Crear bosquejos y producir dibujos de ingeniería.
- Crear perfiles y geometrías de trabajo (working set) para su uso en Geomod para crear objetos sólidos.

Este módulo presenta ventajas para el desarrollo de las siguientes tareas:

i) **Interfase con Modelado de Sólidos.**- Se puede iniciar la creación de geometría sólida utilizando Geomod. Cuando se está listo para documentar el diseño, se puede transferir los datos (con líneas ocultas o punteadas) al módulo de dibujo. Con ello se puede entonces agregar notas y dimensiones y, si es necesario, detalles geométricos adicionales a las diferentes vistas creadas en Geodraw.

ii) **Dimensionamiento Dinámico.**- Una vez transferido el modelo sólido a Geodraw, se puede emplear la capacidad de dimensionamiento dinámico. Geodraw posee una gran flexibilidad para definir, arreglar y rearreglar dimensiones y notas.

El programa puede soportar uno o dos valores de tolerancia, también como dimensiones límites o duales, proporciona la facilidad de cambiar de un esquema a otro en cualquier dimensión. Además, Geodraw soporta los estándares ANSI e ISO y permite dimensionar en unidades métricas ó inglesas, también soporta dimensionamientos relativos y absolutos y la creación interactiva de símbolos de control de características.

iii) **Creación y Modificación de Geometrías.**- Geodraw nos proporciona diversos métodos para la creación de geometrías, uno de los más útiles es la "regla T de pantalla", es decir, se puede aplicar el mismo método que en una mesa de dibujo equipada con una máquina de dibujo.

iv) **Símbolos.**- Geodraw posee una poderosa capacidad de símbolos para construcciones geométricas que se utilizan frecuentemente. Se pueden definir como símbolo cualquier conjunto de geometría y texto, y almacenarlo dentro del archivo del dibujo ó en una librería centralizada de símbolos.

v) **Dibujo Flexible de Planos.**- Una vez que la geometría y su anotación están terminadas, se puede utilizar Geodraw para dibujar el plano final. Los puertos de vista (viewport) del dibujo pueden ser escalados, redimensionados, trasladados o encimados. Los datos de un puerto de vista pueden ser transferidos a otro puerto, incluyendo proyecciones ortográficas e isométricas.

V.1.5 LA FAMILIA DE ANALISIS DE DATOS DE PRUEBA (TEST DATA ANALISIS)

TDA nos brinda un poderoso software para análisis de datos de prueba, capacidades gráficas avanzadas, de modelado y procesamiento automático de datos, todo dentro del ambiente de prueba

del modelo.

Esta familia reúne tres grandes áreas de aplicación para proporcionar a la ingeniería de prueba un conjunto de herramientas de análisis general o específico así como un control centralizado sobre el flujo y administración de los datos de prueba mecánicos:

- Análisis de General de Datos.
- Análisis Específico de Datos.
- Administración de Proyecto y Adquisición de Datos.

TDA nos ofrece herramientas de análisis general, tales como historia del tiempo, procesamiento de funciones matemáticas, histogramas y análisis estadístico. Además, TDA ofrece capacidades de análisis específicos de datos en áreas tales como generación de espectros, análisis modal y estimación de vida en base a la fatiga. Las capacidades del manejador de proyecto hacen uso de Pearl, la base de datos relacional del sistema y la herramienta de adquisición de datos está diseñada para convertir archivos de datos de prueba de otros sistemas en el formato que TDA puede procesar. Un amplio rango de comandos gráficos proporciona la capacidad de gráficas y modelado de datos para mejorar el trabajo con el TDA.

Las capacidades de análisis, gráficas y procesamiento de datos de TDA están distribuidas en quince tareas integradas. Debido a la variedad y flexibilidad de herramientas dentro y a través de las tareas, TDA puede ser implementado en un amplio rango de aplicaciones de pruebas estáticas y dinámicas.

V.1.5.1 Análisis General de Datos de Prueba.

Mucha de la flexibilidad de TDA deriva de la tarea de análisis general, un conjunto de herramientas que pueden ser configuradas para procesar datos de prueba de diversos orígenes tales como cargas estáticas, térmicas, medio de vibración ó pruebas mecánicas de colisión. Estos datos de prueba pueden ser manejados en el dominio del tiempo ó de la frecuencia así como también en formatos de funciones generales. TDA puede procesar datos reales, complejos, de amplitud y de fase siempre ó casi siempre con definiciones de abscisa.

Están disponibles siete tareas para la administración, análisis y representación gráfica de datos de prueba generales y sus resultados:

a) Administración de Datos

La tarea Data Management nos provee de un administrador de datos internos así como también del acceso a archivos externos de datos de prueba. Se puede convertir ciertos archivos externos a formatos que TDA pueda procesar. Se puede también mandar archivos de datos TDA a otros módulos del paquete.

Muchas de las herramientas provistas en la tarea Data Management están disponibles en otras tareas TDA. Esto minimiza la necesidad de moverse dentro y fuera de Data Management.

b) Función

Esta tarea proporciona una forma de manipulación de funciones matemáticas así como también procesamiento general de funciones sobre cualquier función analítica generada o datos de prueba almacenados. Se puede procesar datos de funciones en el dominio del tiempo y de la frecuencia así como también en la forma general $x-y$.

c) Historia en el Tiempo

La tarea Time History permite administrar y procesar los registros de historia en el tiempo. Dichos registros pueden ser ilimitados en el tamaño. Las operaciones en esta tarea trabajan directamente sobre la copia de los registros en disco. Se puede procesar a los registros de historia en el tiempo en esta tarea o, si es necesario, se pueden leer partes de los datos en la tarea de función y procesarlos como funciones.

d) Histograma

La tarea Histogram se puede utilizar para representar datos de prueba en términos de distribuciones de frecuencia. La tarea utiliza datos binarios para calcular rangos, cambios de magnitud o cruces de nivel. Se pueden realizar más operaciones estadísticas y matemáticas sobre los conjuntos de datos resultantes. Los trazos se pueden definir como cualquier carta de barras o polígonos de frecuencias. Cada conjunto de datos del histograma puede ser almacenado como un registro.

e) Estadísticas

En la tarea Statistics se pueden calcular cantidades estadísticas básicas para datos que fueron medidos. Las cantidades incluyen el RMS de un conjunto de datos, límites mínimos y máximos, media aritmética, coeficiente de varianza, desviación estándar y los coeficientes normalizados de skewness y curtosis. Se puede calcular los primeros cuatro momentos con respecto a cualquier referencia así como también la distribución normal y de Rayleigh. El análisis de regresión también es incluido en esta tarea.

f) Preparación del Modelo

La tarea Model Preparation emplea el modelado y la tecnología de gráficas avanzadas de I-DEAS Supertab para representar estructuras de prueba. Se puede crear nuevas geometrías o se puede acceder a la geometría existente en un archivo. Después de que los resultados del análisis modal son obtenidos, se pueden emplear para hacer una animación de la deformación de la estructura.

Hay tres tipos de geometría que se puede emplear en TDA: nodos, elementos y línea de trazo. Los nodos son puntos en una estructura sobre la cual puede ocurrir una deformación. Los elementos son piezas planares rígidas o parcialmente rígidas en una estructura. Se pueden crear elementos de coraza delgada de 3 ó 4 nodos para desplegar estructuras y deformaciones estructurales. Los trazos de líneas son utilizados principalmente para desplegar la conectividad de los nodos. Se puede también definir sistemas de coordenadas locales para unas partes del modelo.

La tarea Model Preparation provee el rango completo de comandos gráficos del sistema así como también el subconjunto necesario de capacidades de modelado.

g) Post Procesamiento

La tarea de Post Processing se puede utilizar para mostrar la deformación estructural y los trazos del contorno. Ambas pruebas y sus resultados analíticos pueden ser utilizados. Los resultados pueden ser almacenados en una figura modo ADF ó en el conjunto de datos de análisis.

V.1.5:2 Análisis Específicos de Datos de Prueba

La herramienta Specific Test Data Analysis esta diseñada para conocer los requerimientos de un amplio rango de aplicaciones de pruebas. Estas capacidades están distribuidas a través de cinco diferentes tareas:

a) Generación de Espectro

Se puede emplear esta tarea para generar espectros en el dominio de la frecuencia, funciones de respuesta de frecuencia y coherencias de datos en el dominio del tiempo, por lo que se tienen muchos niveles disponibles de cálculos espectrales.

b) Rotación de Equipo

Proporciona un procesamiento de señales del rápido cambio de eventos representados por los datos de la historia en el tiempo. Esta tarea produce espectros para desplegar con trazos en XYZ. Los datos espectrales pueden ser almacenados en una función ADF. La entrada de las historias en el tiempo pueden representar una amplia banda ó el contenido de frecuencias armónicas, y pueden ser procesadas usando cualquiera de las transformadas rápidas de Fourier, entropía máxima ó la técnica del residuo de Prony

c) Análisis Modal

Es utilizada en pruebas dinámicas de estructuras. Se puede emplear esta tarea para derivar un modelo matemático del comportamiento vibratorio de una estructura. La derivación utiliza una matriz de datos de respuesta de frecuencia generados a partir de los datos de prueba modales. Estos resultados matemáticos, referidos a un modelo modal, consisten de los parámetros modales (frecuencias y términos de enfriamiento) y de las figuras de modo (coeficientes de deformación estructural). El modelo modal es utilizado para predecir el comportamiento dinámico de la estructura.

d) Modificación Estructural

Esta diseñada para predecir cambios en el modelo modal de una estructura como resultado de modificaciones físicas a esa estructura. Más de seis diferentes modificaciones estructurales se pueden llevar a cabo sobre una estructura. Un nuevo conjunto de parámetros modales y figuras de modo son entonces predecidas. La frecuencia de resonancia, términos de enfriamiento y figuras de modo de cada modo son sensitivas a las modificaciones de la estructura.

e) Estimación de Fatiga

Nos provee de la estimación de vida de fatiga utilizando esfuerzos o cadenas de historias en el tiempo para calcular daños acumulativos. Cinco métodos de estimación son propuestos. La tarea también incluye una librería de 52 propiedades estándar de metales comunes. Se puede incrementar el número de materiales ya sea modificando una entidad existente ó creando materiales que pueden ser almacenados como materiales ADF.

V.1.5.3 Administración de Proyecto y Adquisición de Datos

TDA nos proporciona las interfases para las herramientas de adquisición de datos necesarias para convertir y leer datos de pruebas externos de un amplio rango de archivos de salida. Una vez dentro del sistema, el administrador de datos de proyecto y de resultados puede ser altamente automatizado con la base de datos relacional Pearl. Hay tres tareas previstas para la administración y adquisición de datos:

a) Transferencia de Datos Pearl

La tarea es utilizada para transferir la geometría y al conjunto de datos del análisis de elemento finito entre el archivo del modelo y una base de datos relacional del proyecto.

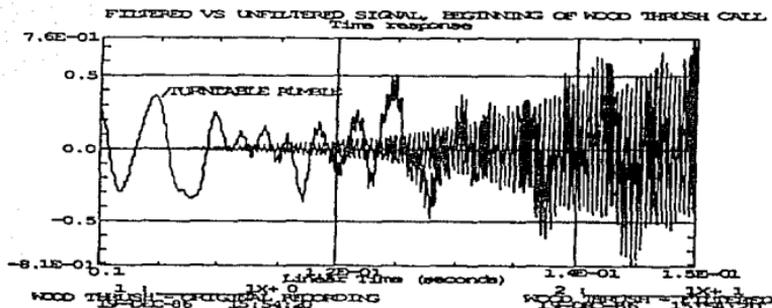
b) Administrador de Datos Pearl

Nos facilita el acceso a I-DEAS Pearl por medio del administrador de la base de datos relacional. Se puede emplear Pearl para crear, modificar, ordenar y almacenar tablas de datos en la base de datos. Pearl también provee capacidades de trazo de datos.

Se puede emplear Pearl para resumir y trazar resultados de análisis de pruebas para fines de reportes de proyecto. También se puede automatizar el catalogo y procedimiento de recuperación para archivos de datos de prueba. Pearl integra manejadores de datos relacionales, gráficas y estadísticas para formar una poderosa herramienta de administración de datos con un rango extremadamente amplio de aplicaciones de administradores de proyectos.

c) Interfases

Permite el uso de rutinas en FORTRAN para realizar operaciones de interfase de datos externos. Se proporciona un amplio rango de rutinas estándares o se pueden escribir rutinas propias del usuario. Muchas de las rutinas estándares deben transferir analizadores de datos de diferentes formatos de fabricantes hacia formatos TDA ADF. Se pueden también acceder TDA ADFs con rutinas de la librería ADF.



V.2 DESARROLLO DE UN ANALISIS DE INGENIERIA PARA EL TRABAJO DE INVESTIGACION.

Para realizar un análisis de ingeniería a los diseños desarrollados fué necesario utilizar un software enfocado a este tipo de aplicaciones. El primer paso consistió en la interpretación de la información contenida en los archivos en formato IGES.

La información leída consistió en los perfiles básicos de 2D de las pistas de cobre del circuito impreso, la representación simple de los componentes electrónicos en 2 y 3 D y la representación de la forma de la tarjeta del circuito como perfil y como figura sólida. Con estos datos es posible obtener una representación sólida de cada uno de los diseños, consistente en la tarjeta de circuito impreso, las pistas de cobre y los componentes; todo esto como un solo sistema. Foto V.1 Pérfil de la tarjeta.

En el siguiente paso se utilizó la información de la forma de la tarjeta para definir una geometría que sirvió de base para la generación de una malla de elemento finito, para realizar un análisis del comportamiento de la tarjeta bajo ciertas condiciones de fuerzas. Se seleccionó una superficie de la tarjeta como la base a partir de la cuál se genera una malla de elementos cuadrilaterales planos lineales, en cada una de las uniones de un elemento con otro se encuentra un nodo; con esta malla se tiene una representación aproximada de la estructura de la tarjeta. Las características físicas del material que se emplea se obtienen de la información contenida en una base de datos, la cuál se puede modificar en un momento dado, para obtener diferentes materiales.

Con el modelo de elemento finito definido, el siguiente paso es especificar las condiciones a las que va a ser sometido nuestro diseño. Para esto es necesario declarar las fuerzas que van a actuar sobre cada uno de los nodos, elementos o superficies, según sea el caso; para declarar una

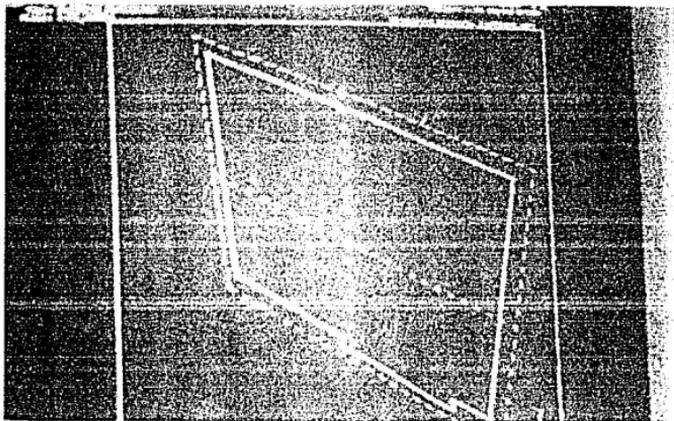


Foto V.1 Definición de la forma de la trajeta.



Foto V.2 Representación sólida del sistema del circuito.

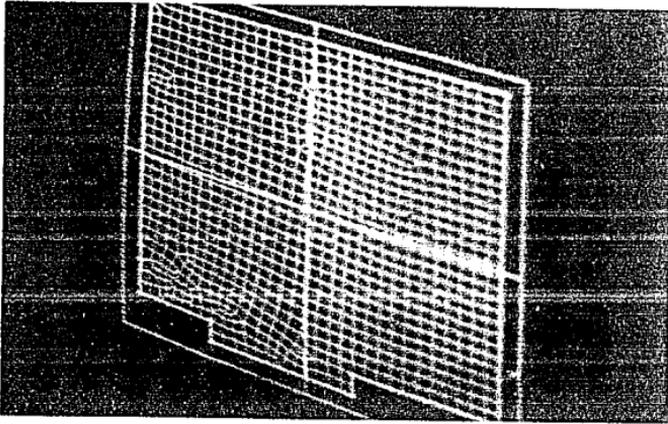


Foto V.4 Definición de restricciones.

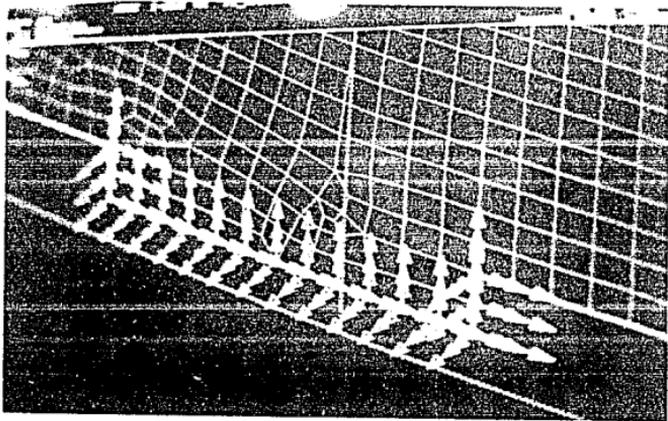


Foto V.3 Geometría y definición de malla.

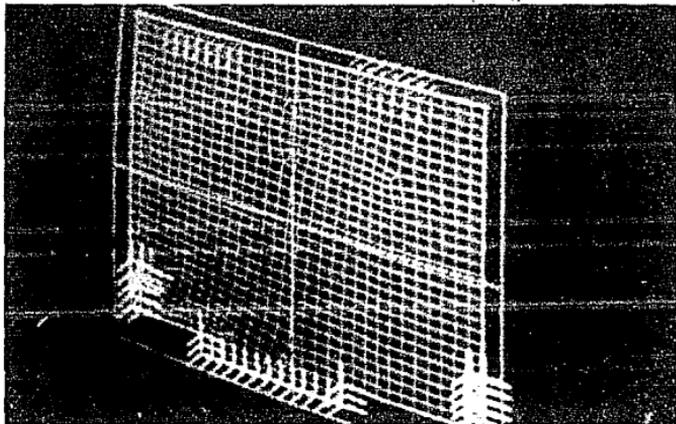


Foto V.5 Tarjeta con fuerzas y restricciones.

fuerza se define su magnitud, dirección, sentido y momentos en los tres ejes. También son definidas las restricciones que actúan sobre nuestro modelo, estas restricciones constan de la declaración de las libertades de desplazamientos y rotaciones en los tres ejes. Con las fuerzas y restricciones definidas es posible combinarlas en diferentes conjuntos de análisis para obtener resultados a condiciones diferentes.

Es posible optimizar la representación de nuestro modelo de elemento finito, modificando las matrices que conforman nuestra representación, reduciendo así el tiempo empleado en la solución del mismo.

Con el modelo de elemento finito y un conjunto de análisis se procede a la **solución** del modelo, especificando el tipo de resultados que esperamos obtener, por ejemplo deformación (desplazamientos), esfuerzos, fuerzas de reacción, flujo dinámico, etc.

Una vez terminado el paso anterior se utiliza la capacidad **gráfica** de **postprocesamiento** para **visualizar** los resultados de nuestro análisis. Obteniendo imágenes de la deformación de nuestro modelo, de los esfuerzos y las fuerzas de reacción, o combinaciones de estos resultados, así como **gráficas** que describen el comportamiento del modelo.

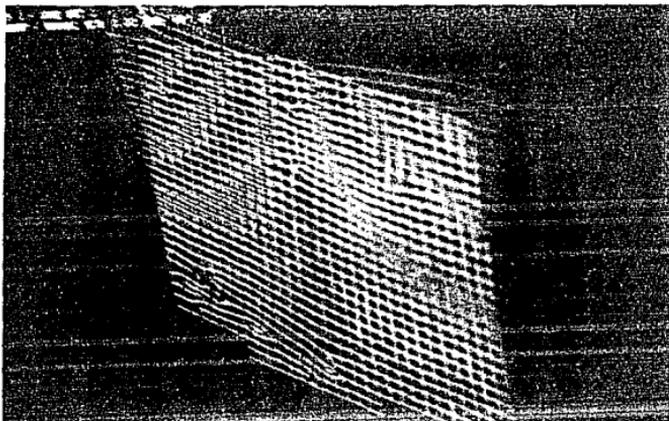


Foto V. 6 Deformación de la tarjeta.

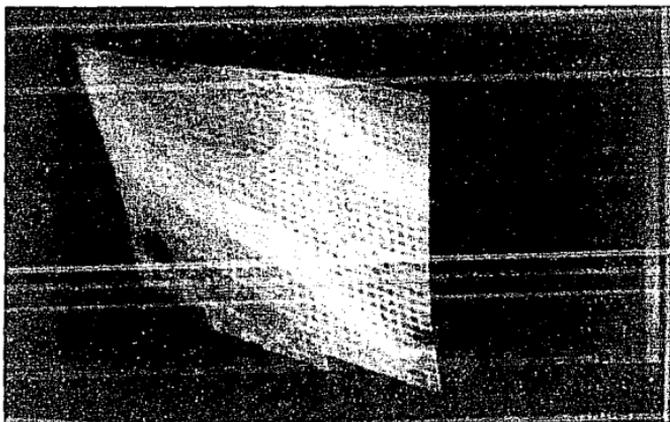


Foto V. 7 Esfuerzos actuando sobre la tarjeta deformada.

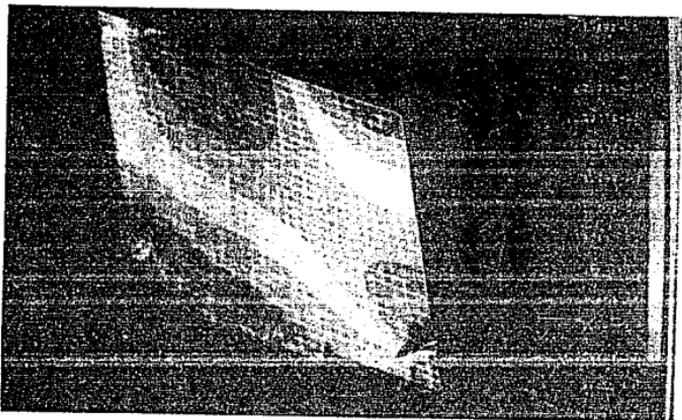


Foto V.8 Fuerzas de reacción con esfuerzos.

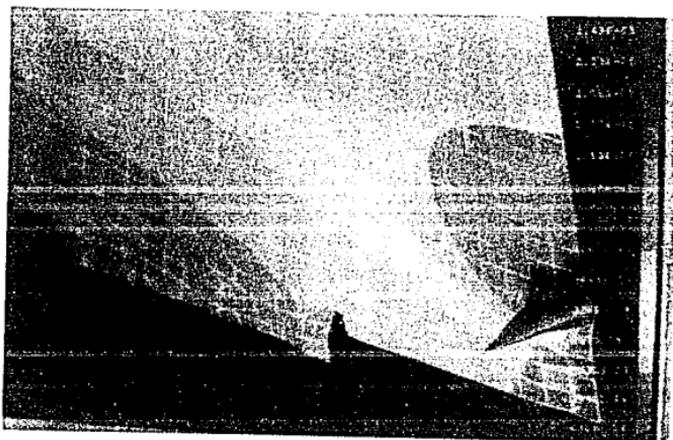


Foto V.9 Acercamiento a las fuerzas de reacción.

V.3 CONCLUSIONES

Los análisis se realizaron sobre modelos matemáticos de nuestros diseños, por lo que no tuvimos la necesidad de fabricar prototipos y realizar las pruebas físicamente; esto nos representa un menor costo en el proceso de verificación de los modelos y la facilidad de cambiar sus características principales (materiales de la tarjeta, ancho de las capas, etc) y observar en la pantalla de la terminal los efectos que producen estos cambios.

Como resultado del análisis a los modelos con diferentes materiales se observó que el material que mejor comportamiento ofrece es la fibra de vidrio, por lo que se debe de considerar este material al fabricar el producto final.

Para este trabajo se utilizó el solucionador de elemento finito del mismo software, aunque se tenía la capacidad de utilizar un solucionador diferente que nos entregara resultados adicionales a los obtenidos (comportamiento no lineal).

Un inconveniente que nos encontramos fué el cambio de versiones del software, pues un programa que fué hecho para que se ejecutara en la versión 4 de I-DEAS no funcionó en la versión de 5.0 del mismo software, por lo que fue necesario cambiar algunas instrucciones del programa.

Aunque el análisis de elemento finito todavía no es ampliamente aceptado, los resultados que entrega son aproximados a la realidad, y con futuras mejoras esperamos que se obtenga una mayor correlación entre los resultados calculados y el comportamiento real.

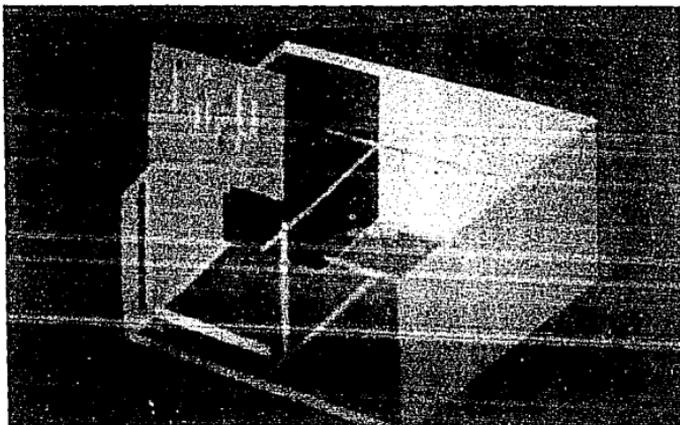


Foto V. 10 Sistema de tarjeta con representación del gabinete de una computadora.

CONCLUSIONES FINALES

Con este trabajo tuvimos la oportunidad de aplicar otro tipo de herramientas que facilitan tanto el proceso de diseño de un circuito impreso como el estudio mecánico del mismo, obteniendo como ventajas principales:

- a) **Ahorro considerable de tiempo.**- Debido a que si este circuito lo hubieramos diseñado empleando el proceso tradicional el tiempo requerido para su desarrollo hubiera sido aproximado a los seis meses. Con la aplicación de estas herramientas reducimos el tiempo de diseño a menos de un mes (tres semanas aproximadamente).
- b) **Costo menor del proceso de desarrollo.**- Con ayuda de estas herramientas no se tiene la necesidad de fabricar prototipos ni de realizar pruebas físicas hasta tener un diseño final, el cuál sólo se somete a pruebas de verificación, además los cambios al diseño son más fáciles de realizar y los efectos de estos cambios se pueden analizar inmediatamente en la computadora.
- c) **Mejor calidad en el producto final.**- Se tiene un mejor control sobre las variables críticas que intervienen en el proceso de diseño, se disminuyen los errores debidos al factor humano y se tiene la capacidad de transmitir la información referente al diseño (planos, diagramas, información gráfica, etc.) de una manera más precisa.

Los principales problemas que enfrentamos en el desarrollo de este trabajo fueron los siguientes:

Debido a la poca difusión que tienen los sistemas CAD/CAM dentro de la UNAM nos encontramos en situaciones tales como: versiones incompletas o no actualizadas de software, y como consecuencia de esto, falta de información técnica, o en algunos casos información atrasada.

Una de las causas de la poca difusión es que se cuenta con pocos recursos materiales (computadoras, software, equipos periféricos, etc.) destinados específicamente a esta área, por lo que el uso de estos recursos se restringe a un pequeño grupo de personas.

Para este trabajo nosotros utilizamos recursos materiales no pertenecientes a la UNAM, la utilización de dichos recursos nos trajo consecuencias tales como el cambio constante de versiones de software, utilización de diferentes plataformas de hardware, y junto con esto, el cambio constante de formato de datos que se manejan en cada equipo.

Lo anterior nos permitió conocer en una forma más amplia el desarrollo que se esta produciendo en este medio, de esta manera podemos ubicar cuál es la posición real que ocupa la UNAM con respecto a otras instituciones, y que si bien no se cuenta con los recursos materiales necesarios, los recursos humanos de la Universidad, en cambio, son de los mejores del país.

Una forma de enfrentar estas deficiencias es principalmente dar una mayor difusión a las herramientas CAD/CAM/CAE puesto que los futuros profesionales que se encuentren en el campo de trabajo es seguro que tendrán que trabajar con ellas, y es aquí donde el desconocimiento de estas herramientas los ponen en desventaja contra profesionales que conocen de la existencia de ellas, además de que no se aprovecha el máximo de las capacidades y ventajas que ofrecen estas herramientas para impulsar el desarrollo industrial y con ello el desarrollo nacional.

BIBLIOGRAFIA

- Zeid, Ibrahim
CAD/CAM Theory and practice
Mc Graw- Hill 1991.
- Allford Roger C
Programmable Logic Designer's Guide
Howard W. Sams & Company 1989.
- CIEDS/ Circuit Board Design System (CBDS)
Utilities User's Guide
Bell-Northern Research 1981, 1989.
- CIEDS/ Circuit Board Design System (CBDS)
Component Data Base User's Guide
Bell-Northern Research 1981, 1989.
- Ambriz Maguey Sergio, Pérez Mondragón Martín
Ambiente CAD para diseño de Sistemas Digitales Orientado a PAL's
1990.
- Pérez Mondragón Martín, Román Chavarría Germán, Serrano Reyna Ma. Olivia
Sintetización de Sistemas Digitales Empleando Herramientas CAD
Memorias V Reunión Nacional de CAD/CAM
Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1991.
- I-DEAS Level 4
Getting Started With I-DEAS
SDRC, 1988.
- I-DEAS Level 4 User Guide
Geomod - Solid Modeling and Design
SDRC, 1988.
- I-DEAS Level 6 User Guide
Finite Element Modeling and Analysis
SDRC, 1990.

- **1-DEAS Student Guide**
Integrated Design Engineering Analysis Software
SDRC, 1990.

- **Bolton, Martin**
Digital System Design With Programmable Logic
Addison Wesley Publishing Company, 1990

- **Lala, Parag K.**
Digital System Design Using Programmable Logic Devices
Prentice Hall, 1990

- **Tocci, Ronald J.**
Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones
Prentice Hall, 1987