

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TESIS  
EID 2000  
JB  
V.2

**Aplicación de las Tecnologías CAD/CAE  
en el Ambito de la Ingeniería Concurrente:  
Caso de un Equipo Médico  
(Anexos)**



REALIZADO POR

PROFESOR GUIA

FECHA

Jácome Velásquez, Orly  
Giunta Girón, Maximiliano

Ing. Vicente Napolitano

Caracas 2 de Junio del 2000



UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**Aplicación de las Tecnologías CAD/CAE  
en el Ambito de la Ingeniería Concurrente:  
Caso de un Equipo Médico**  
**(Anexos)**

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:

JURADO EXAMINADOR

Firma:

Nombre:

Firma:

Nombre:

Firma:

Nombre:

REALIZADO POR

PROFESOR GUIA

Jácome Velásquez, Orly  
Giunta Girón, Maximiliano

Ing. Vicente Napolitano

FECHA

Caracas 2 de Junio del 2000



## Índice

**ANEXO A: TABLA DE MAPEADO AUTOMÁTICO DE RESTRICCIONES (ACM)**

**ANEXO B: TABLA DE PROPIEDADES MODIFICABLES DURANTE LA SIMULACIÓN  
POR OBJETO SELECCIONADO**

**ANEXO C: TABLA DE PARÁMETROS DESPLEGABLES PARA OBJETOS  
SELECCIONADOS EN WORKING MODEL MOTION**

**ANEXO D: SISTEMAS DE UNIDADES DEFINIDAS EN WM MOTION**

**ANEXO E: ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL**

**ANEXO F: ANÁLISIS DE PANDEO LINEAL**

**ANEXO G: ANÁLISIS DE VIBRACIÓN**

**ANEXO H: TABLA DE CONTROL DE PROPIEDADES DE COMPONENTES PARA  
ANIMACIONES DE 3DSTUDIO**

**ANEXO I: ESFUERZO DE VON MISES**

**ANEXO J: IDENTIFICACIÓN DE LAS PIEZAS EN EL MODELO (SILLA PARA  
DISCAPACITADOS)**

**ANEXO K: DATOS ANTROPOMÉTRICOS**

**ANEXO L: DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA APLICADA SOBRE EL MODELO PARA EL  
ANÁLISIS ESTÁTICO**

**ANEXO M: PROPIEDADES DE MATERIALES SELECTOS DE INGENIERÍA (20°C)**

**ANEXO N: TIEMPOS POR ACTIVIDAD DEL DESARROLLO SECUENCIAL DEL  
MODELO**

**ANEXO O: APRENDIZAJE DEL DESARROLLO CONCURRENTE DEL MODELO**

**ANEXO P: TIEMPOS POR ACTIVIDAD DEL DESARROLLO CONCURRENTE DEL  
MODELO**

**ANEXO Q: GRADO DE CONCURRENCIA ENTRE LAS ACTIVIDADES DEL  
DESARROLLO CONCURRENTE**



## **ANEXO R: INTEL WORKSTATION POWER**

## **ANEXO S: PRECIOS DE MERCADO DEL HARDWARE**

## **ANEXO T: PENTIUM III BENCHMARKING**

## **ANEXO U: CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES REQUERIDOS PARA LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS CAD/CAE**

## **ANEXO V: DESKTOP CLIENTS - A COST OF OWNERSHIP STUDY**

**ANEXO W: TABLA RESUMEN DE LOS COMPONENTES DE COSTOS DEL SISTEMA CAD/CAE**



Anexo A: TABLA DE MAPEADO AUTOMÁTICO DE RESTRICCIONES  
(ACM)

Combinación de Restricciones de Ensamble Aplicadas en el Programa CAD	Unión Física en Working Model Motion
⇒ Ensamble Plano – Plano donde los objetos NO están paralelos (mate).	⇒ Unión Rígida en Corredera.
⇒ Ensamble Eje – Eje y Plano – Plano donde los ejes NO son perpendiculares a los planos.	⇒ Unión Rígida en Corredera.
⇒ Ensamble Eje – Eje.	⇒ Unión de Revolución en Corredera.
⇒ Ensamble Eje – Eje y Plano – Plano donde los ejes SI son perpendiculares a los planos.	⇒ Unión de Revolución.
⇒ Ensamble Plano – Plano donde los objetos SI están paralelos (Flush).	⇒ Unión de Revolución en Plano.
⇒ Ensamble Punto – Eje.	⇒ Unión Esférica en Corredera.
⇒ Ensamble Punto – Punto.	⇒ Unión Esférica.
⇒ Ensamble Punto – Plano.	⇒ Unión Esférica en Plano.



**Anexo B: TABLA DE PROPIEDADES MODIFICABLES DURANTE LA  
SIMULACIÓN POR OBJETO SELECCIONADO**

Objeto Seleccionado	Propiedades Modificables
Actuador Lineal	Fuerza
	Longitud
	Velocidad
Motor de Revolución	Torque
	Rotación
	Velocidad
	Aceleración Angular
Cable	
Vara	Longitud en Reposo
Separador	
Amortiguador Lineal de Resorte	Constante del Resorte
	Longitud en Reposo
	Constante del Amortiguador
Fuerza	Magnitud y Dirección de la Fuerza
Torque	Magnitud y Dirección del Torque
Cualquier Otro Objeto...	Propiedades Genéricas... (Cualquier Propiedad a la que se le pueda agregar fórmulas)



## Anexo C: TABLA DE PARÁMETROS DESPLEGABLES PARA OBJETOS SELECCIONADOS EN WORKING MODEL MOTION

Objeto Seleccionado	Parámetro Cuantificable
(Ninguno)	Tiempo
Un Cuerpo	Posición
	Velocidad
	Aceleración
	Momento
	Orientación
	Velocidad Angular
Dos Cuerpos	Aceleración Angular
	Fuerza de Contacto
	Impulso de Contacto
*Restricciones de Coordenada – Coordenada	Fuerza de Fricción.
	Fuerza de Restricción en Coordenada Base
	Torque de Restricción en Coordenada Base
*Restricciones de Punto – Punto	Desplazamiento de Restricción en Coordenada Base.
	Tensión de la Restricción
	Longitud de la Restricción

\*Las Restricciones Punto – Punto, son aquellas que permiten la libre rotación sobre todos los ejes coordenados, preservando la orientación original de sus coordenadas constituyentes. Algunos ejemplos de restricciones punto – punto son: resortes lineales, actuadores y cuerdas.

\*Las Restricciones Coordenada – Coordenada son aquellas que restringen su orientación sobre uno o más sistemas coordenados, alineando apropiadamente sus coordenadas constituyentes durante el ensamblaje. Algunos ejemplos de restricciones coordenada – coordenada son: unión de revolución, unión de corredera y unión cilíndrica.



## Anexo D: SISTEMAS DE UNIDADES DEFINIDAS EN WM MOTION

Unidades/ Sistemas U.	SI	CGS	Inglés	Atómico	Astronómico
Distancia	metro	centímetro	Pulgada/	nanómetro	Año luz
Energía	-	-	-	Mev	-
Fuerza	Newton	dyna	Libra fuerza	Newton	Newton
Masa	Kilogramo	gramo	Libra masa	amu	Kilogramo
Potencia	Watt	-	HP	Watt	Watt
Angulo	grado/radian	grado	grado	radian	radian
Vel. Angular	-	-	-	-	-
Tiempo	segundo	segundo	segundo	segundo	año
Velocidad	-	-	-	c	c



## Anexo E: ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL

El Análisis Estático Lineal es el más básico de los análisis de Elementos Finitos. El término *Lineal* significa que la respuesta calculada (p. ej. desplazamiento o estrés) está linealmente relacionada con la fuerza aplicada. El término *Estático* quiere decir que las fuerzas no varían con el tiempo, o que la variación del tiempo es insignificante, por lo que puede ser ignorado sin ningún inconveniente.

La Ecuación de Análisis Estático es:

$$[K]\{u\} = \{f\}$$

donde K es la matriz rigidez del sistema (basado en la geometría y las propiedades del modelo), f es el vector de fuerzas aplicadas (especificado por el usuario), y u es el vector de desplazamientos que el programa calcula. Una vez que los desplazamientos han sido calculados, el programa los utiliza para calcular fuerzas de elementos, estrés, fuerzas de reacción y restricciones.

Asunciones del análisis estático Lineal:

- Comportamiento Lineal:

Una estructura tiene comportamiento lineal cuando las respuestas obtenidas están linealmente relacionadas con las cargas aplicadas. Además, cuando las cargas son removidas, la estructura retorna a su forma original.

- Cargas Estáticas:

Las cargas estáticas no se mueven, no varían con el tiempo, y son aplicadas lentamente, por lo tanto no causan efectos dinámicos, como impactos. Si una carga varía en el tiempo, pero dicha variación es lenta, se puede asumir que no ocasionará un comportamiento dinámico significativo.

- Materiales Lineales Elásticos:

En los materiales lineales elásticos se asume que los esfuerzos son directamente proporcionales a las restricciones, y las cargas no llevan al material por encima de su punto de cedencia. También se asume que son constantes, homogéneos e isotrópicos.

- Pequeñas Deformaciones:

Las deformaciones que resultan de la aplicación de cargas y restricciones estructurales se asume que son muy pequeñas en comparación a las dimensiones principales de la estructura.



## Anexo F: ANÁLISIS DE PANDEO LINEAL

En el análisis estático lineal, se asume que la estructura está en un estado estable de equilibrio. Cuando la carga aplicada es removida, se asume que la estructura retorna a su posición original, sin sufrir ninguna deformación. Sin embargo, bajo ciertas combinaciones de cargas, la estructura continua deformándose sin incrementos en la magnitud de la carga. En este caso la estructura se ha vuelto inestable, ha pandeado. Para el análisis de pandeo lineal, o elástico, se asume que no hay flexibilidad en la estructura y que la dirección de las fuerzas aplicadas no cambian en el tiempo.

El pandeo lineal incorpora el efecto de rigidez diferencial, que incluye relaciones de desplazamientos de deformaciones de alto orden que son función de la geometría, tipo de elemento y cargas aplicadas. Desde un punto de vista físico, la rigidez diferencial representa una aproximación lineal de suavizamiento (reducción) de la matriz de rigidez para una carga compresiva axial, y refuerzo (incremento) de la matriz de rigidez para una carga de tensión axial. En el análisis de pandeo se buscan los eigenvalues, que son factores de escala que multiplican la fuerza aplicada para producir la carga de pandeo crítica. En general, solamente es de interés la carga de pandeo mínima, ya que la estructura fallará antes de alcanzar cualquiera de las cargas de pandeo de mayor orden. Por lo tanto, normalmente solo es necesario calcular el más bajo de los eigenvalues. La ecuación de pandeo es:

$$[K + li Kd] = 0$$

donde  $K$  es la matriz rigidez del sistema,  $Kd$  es la matriz de rigidez diferencial (basada en la geometría, propiedades, y cargas aplicadas), y  $li$  son los eigenvalues a ser calculados. Una vez encontrados los eigenvalues la carga de pandeo crítica se resuelve según la ecuación:

$$P_{cr} = li P_a$$

Donde  $P_{cr}$  son las cargas de pandeo críticas y  $P_a$  son las cargas aplicadas. De nuevo, solamente es de interés la carga de pandeo crítica mas pequeña.

Debido a que un solo método de extracción de los eigenvalues no se ajusta a todos los modelos, el programa trae incorporado tres métodos distintos: Lanczos, Impulso Inverso e Impulso Inverso modificado de Sturm. El método de Lanczos es el mejor de todos ellos, ya que otorga la mayor precisión al menor costo, aunque los otros métodos tienen aplicaciones para casos particulares.



## Anexo G: ANÁLISIS DE VIBRACIÓN

El análisis de vibración - también llamado análisis de Modos Normales - calcula la *Frecuencia Naturales* y las *Formas de Modo* de una estructura. Las *Frecuencia Naturales* son las frecuencias a las cuales una estructura tenderá a vibrar si es sometida a una perturbación. La condición de deformación a una frecuencia natural específica es llamada *Formas de Modo*.

El análisis de vibración, es también llamado análisis de eigenvalues reales, y forma las bases para un entendimiento global de las características dinámicas de una estructura. Los análisis de vibración son realizados por diversas razones, entre las cuales están:

- Calcular la interacción entre un componente (como una máquina rotativa) y su estructura de soporte. Si la frecuencia natural de la estructura de soporte se acerca a la frecuencia de operación del componente, entonces, puede haber un aumento significativo de las cargas dinámicas.
- Calcular los efectos de las cargas dinámicas al realizar cambios en los diseños.
- Usar los resultados del análisis de vibración en análisis subsecuentes de fuerzas de reacción.
- Usar las frecuencias naturales como una guía para seleccionar el tiempo o paso de frecuencia adecuado para análisis de reacción transitorio o de frecuencia, respectivamente.
- Valorar en grado de correlación entre información obtenida de pruebas de vibración y resultados analíticos.

En los análisis de vibración son determinados los eigenvalues y eigenvectors del modelo. Para cada eigenvalue, que es proporcional a una frecuencia natural, hay un eigenvector correspondiente o *Formas de Modo*. El análisis de modo normal calcula las vibraciones mediante la siguiente ecuación:

$$[K \cdot \mathbf{f}_i \cdot M] \{ \mathbf{f}_i \} = 0$$

Donde “K”, es la matriz de rigidez del sistema; “M” es la matriz de masa del sistema (generado automáticamente por el programa basándose en la geometría y sus propiedades) y “ $\mathbf{f}_i$ ” (eigenvalues) y “ $\mathbf{f}_i$ ” (eigenvectors) son las variables a ser calculadas.

Los eigenvalues se relacionan con las frecuencias naturales de la siguiente forma:

$$\mathbf{f}_i = \mathbf{l}_i / 2\pi$$

En el análisis de vibración, el estrés, las fuerzas de elementos y las fuerzas de reacción son calculadas de la misma forma que en el análisis estático, con cada *Forma de Modo* tratada de la



misma forma que un conjunto de desplazamientos dinámicos. Cada *Forma de Modo* es similar a una forma de desplazamiento estático, en el sentido de que hay desplazamientos y rotaciones en los nodos de malla de la estructura analizada. Sin embargo, existe una diferencia importante entre las *Formas de Modo* y los desplazamientos estáticos: la escala. En el análisis estático, los desplazamientos son desplazamientos físicamente reales, producto de las cargas aplicadas. Por otro lado, en el análisis de modos normales no hay cargas aplicadas, por lo que los componentes de las *Formas de Modo* son escalados por un factor arbitrario para cada nodo.

Debido a que no todos los métodos de cálculo de los eigenvalues son adecuados para todos los modelos, el programa trae incorporado diversos métodos. Estos son:

- Lanczos
- Impulso Inverso
- Impulso Inverso modificado de Sturm
- Givens
- Givens Modificado
- HouseHolder
- Modificado de HouseHolder

El método de Lanczos es el mejor de todos ellos, debido a su robustez, sin embargo los otros métodos tienen aplicaciones para casos particulares (en especial el método de Givens Modificado y el de Impulso Inverso modificado de Sturm).



Anexo H: TABLA DE CONTROL DE PROPIEDADES DE  
COMPONENTES PARA ANIMACIONES DE 3DSTUDIO

Propiedad/ Objeto	Objetos de Malla	Luz Ambiental	Luces Omni	Luces de Proyección	Cámaras
Posición	✓	✗	✓	✓	✓
Rotación	✓	✗	✗	✓	✓
Escala	✓	✗	✗	✗	✗
Metamorfosis	✓	✗	✗	✗	✗
Color	✗	✓	✓	✓	✗
Posición del Objetivo	✗	✗	✗	✓	✓
Posición del Blanco	✗	✗	✗	✓	✓
Amplitud	✗	✗	✗	✓	✓
Intensidad	✗	✗	✗	✓	✗



## Anexo I: ESFUERZO DE VON MISES

El esfuerzo de von Mises es utilizado como un criterio para determinar el principio de falla en materiales dúctiles. El criterio de falla establece que el esfuerzo de von Mises " $\sigma_{VM}$ " debe ser menor que el esfuerzo de trabajo " $\sigma_y$ " del material. En forma de inecuación, el criterio se describe como:

$$\sigma_{VM} < \sigma_y$$

El esfuerzo de von Mises  $\sigma_{VM}$  está dado por:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{I_1^2 - 3I_2} \quad [1]$$

Donde  $I_1$  e  $I_2$  son las primeras dos invariantes de los tensores de esfuerzo. Para el estado general de esfuerzo dado por:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{I_1^2 - 3I_2}$$

$I_1$  e  $I_2$  están dados por:

$$I_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$$
$$I_2 = \sigma_x \sigma_y + \sigma_y \sigma_z + \sigma_z \sigma_x - \tau_{yz}^2 - \tau_{xz}^2 - \tau_{xy}^2$$

En términos de los esfuerzos principales  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ , las dos invariantes pueden ser escritas como:

$$I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$$

$$I_2 = \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2 \sigma_3 + \sigma_3 \sigma_1$$

Se puede demostrar fácilmente que el esfuerzo de von Mises dado en la ecuación [1] puede ser expresado de la siguiente forma:

$$\sigma_{VM} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$$



## Anexo J: IDENTIFICACIÓN DE LAS PIEZAS EN EL MODELO (SILLA PARA DISCAPACITADOS)

Para la identificación de las piezas, se aprovechó la simetría de la silla, asignando a piezas iguales un mismo número y a su vez diferenciándolas según el lado simétrico que ocupan en la silla (excepto la Pieza 11 y 17). Por ejemplo, la Pieza 8 esta representada por la PIEZA 8-D y la PIEZA 8-I; las dos son geométricamente iguales; pero la primera se encuentra del lado derecho y la otra del lado izquierdo (desde la vista frontal de la silla). En la Figura J.1 se muestra el modelo con la numeración asignada a las piezas unitarias.

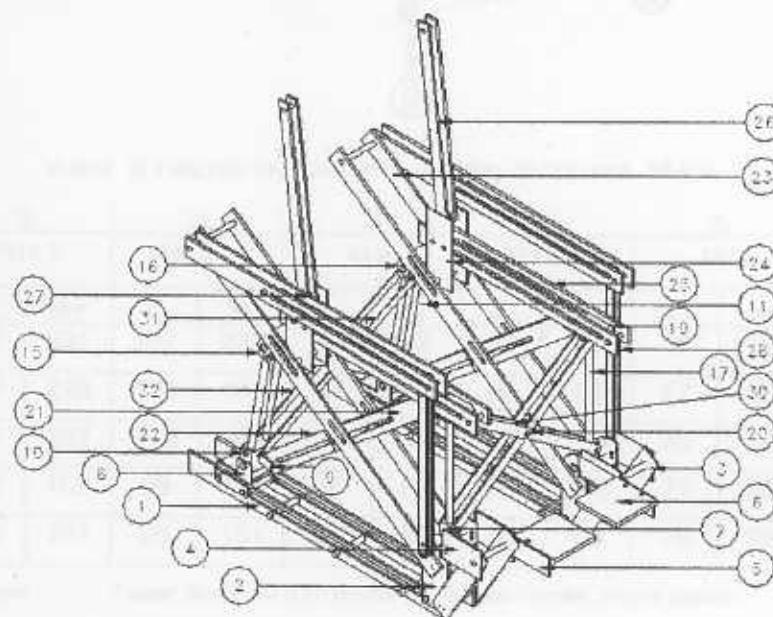


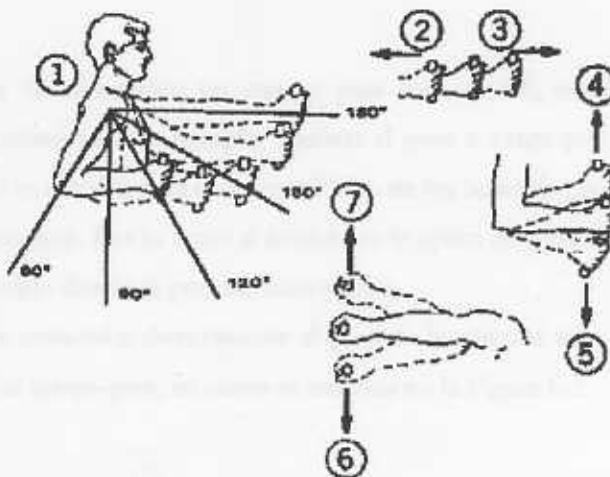
Fig. J.1: Identificación de las Piezas en el Modelo.

Excepción en la Numeración de las Piezas	
Piezas 12, 13, 14, 17 y 18	A los tubos del modelo se les asignaron números particulares, a pesar de ser simétricos, para facilitar ciertos análisis. Las Pieza 11 es un tubo de sección cilíndrica que contiene la Pieza 12, la cual es otro tubo de sección cilíndrica de menor diámetro, ambas realizan la función de brazos telescópicos en el plegado de la silla. Igual se cumple con los pares de tubos 13 - 14 y 17 - 18 del modelo.



## Anexo K: DATOS ANTROPOMÉTRICOS

Tabla K.1: Esfuerzos Ejercidos con el Brazo, Mano y Pulgar



ARM STRENGTH (NEWTON) FOR SITTING MAN

FLEXION	1		2		3		4		5		6		7	
	ELBOW		PULL		PUSH		UP		DOWN		IN		OUT	
	L	R*	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
180°	222	231	187	222	40	62	58	76	58	89	36	62		
150°	187	249	133	187	67	80	80	89	67	89	36	67		
120°	151	187	116	160	76	107	93	116	89	98	45	67		
90°	142	165	98	160	76	89	93	116	71	80	45	71		
60°	116	107	98	151	67	89	80	89	76	89	53	76		

\*L = LEFT; R = RIGHT

Fuente: *Ergonomía*, p.37. Universidad Pontificia Comillas. Madrid, España.

Tabla K.2: WEIGHT CHARACTERISTICS (KG(LB))

Subjects Males	Percentile		
	5th	50th	95th
U.S. civilians	58(128)	75(165)	98(216)
Italian military	57.6(127)	70.25(155)	85.1(187)
Japanese civilians	46.1(101)	60.2(132)	74.3(163)
Turkish military	51(112)	64.6(142)	78.2(172)

Source: *Fundamentals of Industrial Ergonomics*, p.134. Prospect Heights, Illinois.



## Anexo L: DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA APLICADA SOBRE EL MODELO PARA EL ANÁLISIS ESTÁTICO

Por ser la silla para discapacitados un equipo para uso general, es necesario hacer algunas consideraciones ergonómicas. Por ejemplo, analizar el peso o carga que puede soportar la silla, por lo cual el modelo se estudió para el percentil 95% de los hombres, por ser más pesados –por naturaleza– que las mujeres. Por lo tanto al modelo se le aplica un peso de 98 Kg., distribuido en aquellas áreas del modelo donde la persona hace apoyo.

Las áreas del modelo sometidas directamente al peso de la persona son: el respaldo, el asiento, los apoya–brazos y los apoya–pies, tal como se muestra en la Figura L.1.

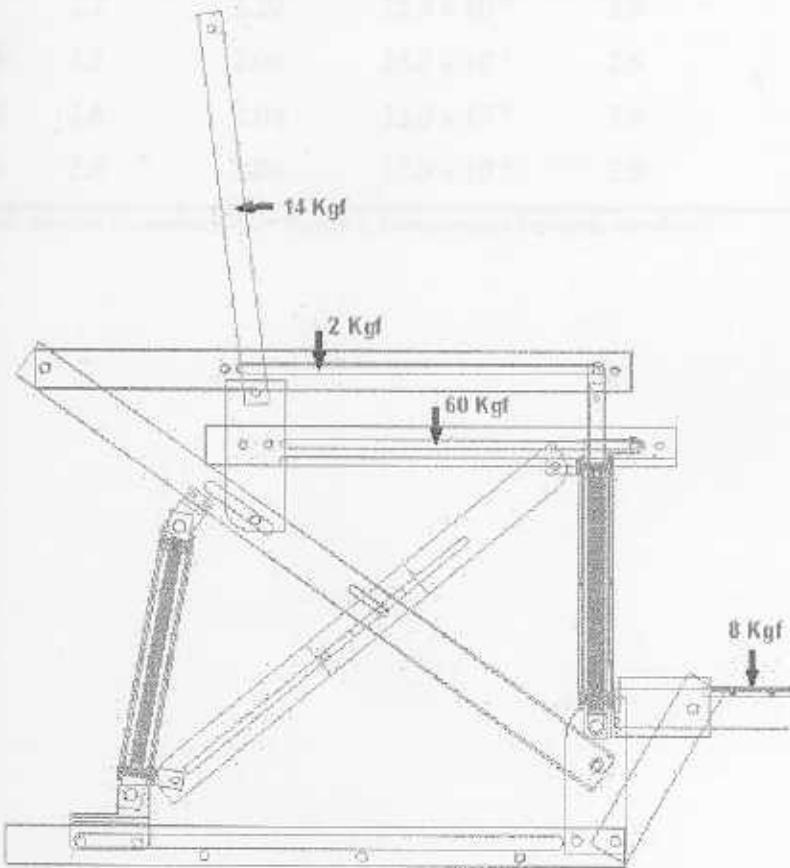


Fig. L.1: Sistema de Carga (Kgf) aplicado para simular los efectos del peso de una persona sentada en la silla.



Anexo M: PROPIEDADES DE MATERIALES SELECTOS DE  
INGENIERÍA (20°C)

Material	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Conductividad Térmica joule · cm °C · cm <sup>2</sup> · s	Expansión Lineal °C <sup>-1</sup>	Resistividad Eléctrica μohm · cm	Módulo de Elasticidad Promedio Mpa
Aluminio	2.7	2.20	$22.5 \times 10^{-6}$	2.9	70 000
Aluminio 6061-T6	2.7	2.04	$23.0 \times 10^{-6}$	2.9	72 000
Aluminio 2014-T6	2.8	2.04	$23.0 \times 10^{-6}$	2.9	73 000
Aluminio 7075-T6	2.8	2.04	$23.0 \times 10^{-6}$	2.9	70 000

Fuente: GERE J, Mecánica de Materiales, y VAN VLACK L, Materiales para Ingeniería, apéndice C.



## Anexo N: TIEMPOS POR ACTIVIDAD DEL DESARROLLO SECUENCIAL DEL MODELO

Los siguientes tiempos fueron tomados durante el desarrollo Secuencial del Modelo de silla para discapacitados. El tiempo de algunas de las actividades y tareas se establecieron sobre la base de la experiencia adquirida durante el proceso.

Nº	Actividades y Tareas del Proceso Secuencial	Tiempo (min)
1	<b>Planificación General de la aplicación Secuencial de las Herramientas para el Desarrollo del Modelo*</b>	75
	Establecer orden, límites y objetivos de la aplicación de las Herramientas.	75
2	<b>Identificación de las piezas del Modelo</b>	960
	Desarticular el Prototipo.	180
	Medir y Documentar las Dimensiones de las Piezas.	780
3	<b>Planificación del Desarrollo del modelo en MD*</b>	115
	Identificar piezas similares, para simplificar la creación de las mismas.	25
	Establecer condiciones de Parametrización.	45
	Analizar Restricciones de Ensamble en el Prototipo.	45
4	<b>Modelado Sólido de Piezas</b>	1020,5
	Pieza 1 + 3 Copias	81
	Pieza 2 + 3 Copias	58,5
	Pieza 3 + 3 Copias	17
	Pieza 4 + 3 Copias	21
	Pieza 5 + 1 Copia	51,5
	Pieza 6 + 1 Copia	39,5
	Pieza 7 + 1 Copia	72
	Pieza 8 + 1 Copia	120
	Pieza 9 + 1 Copia	105
	Pieza 10 (Instance de la Pieza 7) + 1 Copia	28
	Pieza 11	52,5
	Pieza 12 (Modificando Pieza 11)	10,5
	Pieza 13 (Instance de la Pieza 11)	1
	Pieza 14 (Instance de la Pieza 12)	1
	Pieza 15 (Modificando de la Pieza 10)	12
	Pieza 16 + 1 Copia	67,5
	Pieza 17 (Instance de la Pieza 11)	1
	Pieza 18 (Instance de la Pieza 12)	1
	Pieza 19 (Modificando de la Pieza 7) + 1 Copia	37,5
	Pieza 20 (Modificado de la Pieza 9) + 1 Copia	1
	Pieza 21 (Modificando de la Pieza 1) + 3 Copias	28
	Pieza 22 (Modificando de la Pieza 21) + 1 Copia	12
	Pieza 23 (Modificando de la Pieza 1)- 3 Copias	70,5



	Pieza 24 (Modificando de la Pieza 2) + 3 Copias	30,5
Nº	<b>Actividades y Tareas del Proceso Secuencial</b>	<b>Tiempo (min)</b>
	Pieza 25 (Modificando de la Pieza 21)+ 3 Copias	26
	Pieza 26 (Modificando de la Pieza 3) + 3 Copias	18
	Pieza 27 (Modificando de la Pieza 25)+ 3 Copias	22
	Pieza 28 (Modificando de la Pieza 26)+ 2 Copias	14
	Pieza 29 (Modificando de la Pieza 26) + 3 Copias	21
<b>5</b>	<b>Ensamble del Modelo</b>	<b>1224</b>
	Sub-ensamble A: Piezas: 1-3, 7-26.	905
	Sub-ensamble B: Piezas: 29, 30, 31, 32.	30
	Sub-ensamble C: Piezas: 27, 28.	35
	Sub-ensamble D: Piezas: 4, 5, 6.	14
	Ensamble Maestro: 2 Sub-A, 4 Sub-B, 2 Sub-C, 2 Sub-D.	240
<b>6</b>	<b>Documentación del Modelo</b>	<b>373</b>
	Planos.	118
	Explode (Balloon).	195
	Lista de Materiales (BOM).	60
<b>7</b>	<b>Planificación del Desarrollo del Modelo en WMM*</b>	<b>210</b>
	Analizar el plegado de la Silla.	80
	Analizar Restricciones de Movimiento en el Prototipo.	30
	Investigar el sistema de carga más adecuado para el Desarrollo del Modelo.	100
<b>8</b>	<b>Exportación del Modelo a WMM</b>	<b>251</b>
	Mapeado Automático de Restricciones.	43
	Corrección y creación de Restricciones de Ensamble.	208
<b>9</b>	<b>Simulación Dinámica del Modelo</b>	<b>552</b>
	Colocar Sistema de Carga.	32
	Cálculos de la Simulación.	520
<b>10</b>	<b>Modificación de Piezas en MD</b>	<b>24</b>
	Modificación de las Piezas:1, 23 y 24.	24
<b>11</b>	<b>Simulación Dinámica del Modelo Modificado</b>	<b>162</b>
	Revisión de Restricciones.	42
	Cálculos de la Simulación.	120
<b>12</b>	<b>Simulación Estática del Modelo</b>	<b>378</b>
	Colocar Sistema de Carga.	18
	Cálculos de la Simulación.	360
<b>13</b>	<b>Planificación del Desarrollo del modelo en WM FEA*</b>	<b>60</b>
	Seleccionar 5 piezas que posean características que las diferencien dentro de su similitud.	60
<b>14</b>	<b>Análisis de Elemento Finito de las Piezas</b>	<b>1781</b>
	Definir Sistema (Total).	5
	Aplicar Cargas y Restricciones (Total).	20
	Generar Malla (Total).	252
	Cálculo por el Método de Elemento Finito (Total).	1315
	Resultados (Total).	163
<b>15</b>	<b>Modificación de Piezas en MD</b>	<b>26</b>
	Modificación en MD de las Piezas: 23, 31 (automático desde WM FEA).	0



	Actualización de las Restricciones de Ensamble.	26
<b>16</b>	<b>Simulación Dinámica del Modelo Modificado</b>	<b>142</b>
	Revisión de Restricciones.	22
<b>Nº</b>	<b>Actividades y Tareas del Proceso Secuencial</b>	<b>Tiempo (min)</b>
	Cálculos de la Simulación.	120
<b>17</b>	<b>Planificación del Fotorrealismo del Modelo</b>	<b>15</b>
<b>18</b>	<b>Fotorrealismo del Modelo</b>	<b>624</b>
	Importación del Modelo.	5
	Designar Propiedades Materiales (Total).	45
	Diseño de la Escena: Creación y Colocación de Luces, Cámaras y Objetos del Entorno (Total).	83
	Render Fotorrealístico (Total).	491
	* Tiempos Aproximados	



## Anexo O: APRENDIZAJE DEL DESARROLLO CONCURRENTE DEL MODELO

"Es de aceptación común que la cantidad de tiempo necesario para completar una tarea dada o para producir una unidad, será menor cada vez que se lleve a cabo la tarea de nuevo, (siempre y cuando el espacio transcurrido desde la primera vez que se realiza la tarea y la siguiente no sea tan amplio como para que impida la acumulación de la experiencia obtenida). El tiempo por unidad producida disminuirá a un ritmo decreciente, y esta disminución del tiempo seguirá una pauta que se puede predecir"<sup>1</sup>.

Con el Desarrollo Secuencial del Modelo se adquirió un *aprendizaje* en la aplicación de las herramientas en el desarrollo del modelo conceptual (silla para discapacitados). Indudablemente, con el Desarrollo Concurrente se comprueba una notable disminución del tiempo en tareas similares para ambos desarrollos. Así, para poder comparar e inferir conclusiones sobre los desarrollos bajo condiciones análogas, se calcula el **Factor de Aprendizaje (FA)** en función de la comparación de los tiempos de las tareas interactivas del recurso humano y la computadora, no incluye los tiempos de cálculos hechos por la computadora –por ejemplo, los tiempos del modelado individual de las piezas del DS y del DC–, para luego multiplicarlo a los tiempos concurrentes medidos y obtener los tiempos adecuados para el estudio.

En la siguiente tabla, se presentan los tiempos tanto del DS y del DC, los factores de aprendizaje de las tareas correspondientes a cada herramienta, y el promedio o factor de Aprendizaje del DC.

Tareas por Herramientas	Secuencial	Concurrente	TS-TC
Mechanical Desktop			
Pieza 1	81	75	6
Pieza 2	58,5	54	5
Pieza 3	17	16	1
Pieza 4	21	21	0
Pieza 5	51,5	49	3
Pieza 6	39,5	35	5
Pieza 7	72	67	5
Pieza 8	120	116	4
Pieza 9	105	99	6
Pieza 10	28	26	2

<sup>1</sup> Fuente: "Costos Logísticos", García G. I, p. 19. Universidad Pontificia Comillas. Madrid, España.



Tareas por Herramientas	Secuencial	Concurrente	TS-TC
Pieza 11	52,5	51	2
Pieza 12	10,5	11	-1
Pieza 13	1	1	0
Pieza 14	1	1	0
Pieza 15	12	11	1
Pieza 16	67,5	63	5
Pieza 17	1	1	0
Pieza 18	1	1	0
Pieza 19	37,5	31	7
Pieza 20	1	1	0
Pieza 21	28	22	6
Pieza 22	12	9	3
Pieza 23	70,5	71	-1
Pieza 24	30,5	31	-1
Pieza 25	26	23	3
Pieza 26	18	18	0
Pieza 27	22	17	5
Pieza 28	14	17	-3
Pieza 29	21	20	1
Sub-ensamble A:	905	917	-12
Sub-ensamble B:	30	48	-18
Sub-ensamble C:	35	51	-16
Sub-ensamble D:	14	31	-17
Ensamble Maestro:	240	231	9
Planos.	118	99	19
BOM y Balloon.	220	185	35
Total (min)	2582,5	2520	62,5
Total (Hr)	43,0	42,0	97,6%
Tareas por Herramientas	Secuencial	Concurrente	TS-TC
Working Model Motion			
Corrección y Creación de Restricciones de Ensamble.	322	250	72
Colocar Sistema de Cargas.	18	15	3
Total (min)	340	265	75
Total (Hr)	5,7	4,4	77,9%



Tareas por Herramientas	Secuencial	Concurrente	TS-TC
Working Model FEA			
Colocar Sistema de Cargas .	32	28	4
Definir Sistema de Unidades.	5	4	1
Aplicar Cargas y Restricciones.	20	18	2
Análisis de Resultados.	163	111	52
Total (min)	220	161	59
Total (Hr)	3,7	2,7	73,2%
Tareas por Herramientas	Secuencial	Concurrente	TS-TC
3DStudio			
Designar Propiedades Materiales (Total).	95	86	9
Diseño de la Escena: Creación y Colocación de Luces, Cámaras y Objetos del Entorno (Total).	186	173	13
Total (min)	281	259	22
Total (Hr)	4,7	4,3	92,2%
Total Desarrollo (min)	3423,5	3205	218,5
Total Desarrollo (Hr)	57,1	53,4	3,6
		Aprendizaje:	93,6%



## Anexo P: TIEMPOS POR ACTIVIDAD DEL DESARROLLO CONCURRENTE DEL MODELO

En la siguiente tabla, se presentan los tiempos empleados para realizar las tareas de cada actividad del DC y su respectiva conversión con el Factor de Aprendizaje (FA), calculado en el Anexo P.

Actividades y Tareas del Proceso Concurrente	Tiempo (min)	Por FA (min)
* <b>Planificación para la aplicación Concurrente de las Herramientas para el Desarrollo del Modelo*</b>	1360	1521
Dividir las actividades para obtener información temprana y soportar las decisiones para el desarrollo.	*	*
Planificar la prelación entre actividades a fin de lograr la concurrencia lo más temprano posible en el desarrollo.	*	*
Establecer el orden, límites y objetivos para cada una de las actividades.	*	*
* <b>Modelado Sólido de Piezas (Preliminar)</b>	191	214
Pieza 1 + 1 Copia	11	12
Pieza 2 + 1 Copia	12	13
Pieza 3 + 1 Copia	5	6
Pieza 4 + 1 Copia	7	8
Pieza 5	13	15
Pieza 6	8	9
Pieza 7	13	15
Pieza 8	21	23
Pieza 9	15	17
Pieza 10	7	8
Pieza 11	8	9
Pieza 12 (Instance Pieza 11)	1	1
Pieza 15 (Modificando Pieza 10)	3	3
Pieza 16	10	11
Pieza 17 (Instance de la Pieza 11)	1	1
Pieza 18 (Instance de la Pieza 12)	1	1
Pieza 19 (Modificando Pieza 7)	3	3
Pieza 20 (Instance de la Pieza 9)	1	1
Pieza 21	6	7
Pieza 22 (Modificando Pieza 21)	3	3



Actividades y Tareas del Proceso Concurrente	Tiempo (min)	Por FA (min)
Pieza 23	12	13
Pieza 24	7	8
Pieza 25 (Modificando Pieza 21)	4	4
Pieza 26	5	6
Pieza 27	3	3
Pieza 28 + 1 Copias	5	6
Pieza 29	6	7
<b>* Ensamble Preliminar del Modelo</b>	<b>391</b>	<b>437</b>
Sub-ensamble A: Piezas: 1-3, 7-12, 15-26	282	315
Sub-ensamble B: Piezas: 29, 30.	19	21
Sub-ensamble C: Piezas: 27, 28.	15	17
Sub-ensamble D: Piezas: 4, 5, 6.	16	18
Ensamble Maestro: 2 Sub-A, 2 Sub-B, 2 Sub-C, 2 Sub-D.	59	66
<b>* Documentación del Modelo Preliminar</b>	<b>244</b>	<b>273</b>
Planos (Preliminares)	96	107
BOM y Balloon (Preliminares)	148	166
<b>* Exportación del Modelo Preliminar a WMM</b>	<b>80</b>	<b>89</b>
Mapeado Automático de Restricciones	15	15
Corrección y creación de Restricciones de Ensamble	65	73
<b>* Exportación del Modelo Preliminar a 3DStudio</b>	<b>341</b>	<b>381</b>
Importación del Modelo (Preliminar)	4	4
Designar Propiedades Materiales	86	96
Diseño de la Escena: Creación y Colocación de Luces, Cámaras y Objetos del Entorno	173	194
Cálculo del Render Fotorrealístico (Preliminar)	78	78
<b>* Simulación Estática de los Modelos Preliminares</b>	<b>530</b>	<b>593</b>
Colocar Sistema de Carga	15	17
Corrección y creación de Restricciones de Ensamble	107	120
Cálculos de la Simulación	408	408
<b>* Análisis de Elemento Finito de las Piezas terminadas en MD, con información aproximada</b>	<b>1178</b>	<b>1318</b>
Definir Sistema de Unidades	4	4
Aplicar Cargas y Restricciones	18	20
Generar Malla	99	99
Cálculo por el Método de Elemento Finito	994	994



	Actividades y Tareas del Proceso Concurrente	Tiempo (min)	Por FA (min)
	Análisis de Resultados	63	70
*	<b>Simulación Dinámica de los Modelos Preliminares</b>	<b>722</b>	<b>808</b>
	Actualizar Piezas de MD	32	32
	Colocar Sistema de Cargas	28	31
	Cálculos de la Simulación (Preliminar)	662	662
*	<b>Detallado y Modificación de las Piezas en MD</b>	<b>767</b>	<b>858</b>
	Pieza 1 + 2 Copias (Modificada)	64	72
	Pieza 2 + 2 Copias	42	47
	Pieza 3 + 2 Copias	11	12
	Pieza 4 + 2 Copias	14	16
	Pieza 5 + 1 Copia	36	40
	Pieza 6 + 1 Copia	27	30
	Pieza 7 + 1 Copia	54	60
	Pieza 8 + 1 Copia	95	106
	Pieza 9 + 1 Copia	84	94
	Pieza 10 + 1 Copia	19	21
	Pieza 11	43	48
	Pieza 12	10	11
	Pieza 13 (Instance de la Pieza 11)	1	1
	Pieza 14 (Instance de la Pieza 12)	1	1
	Pieza 15	8	9
	Pieza 16 + 1 Copia	53	59
	Pieza 17 (Instance de la Pieza 11)	0	0
	Pieza 18 (Instance de la Pieza 12)	0	0
	Pieza 19 + 1 Copia	28	31
	Pieza 20 + 1 Copia	0	0
	Pieza 21 + 2 Copias	16	18
	Pieza 22+ 1 Copia	6	7
	Pieza 23 + 2 Copias (Modificada)	59	66
	Pieza 24 + 2 Copias (Modificada)	24	27
	Pieza 25 + 2 Copias	19	21
	Pieza 26 + 2 Copias	13	15
	Pieza 27 + 2 Copias	14	16
	Pieza 28 + 2 Copias	12	13
	Pieza 29 + 2 Copias (Modificada)	14	16



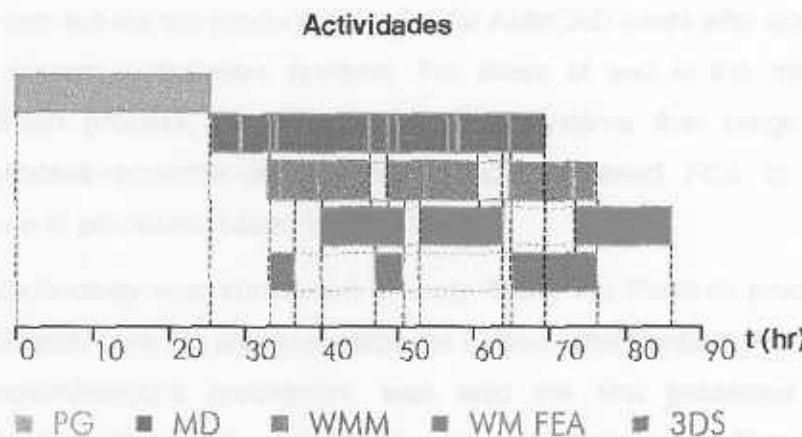
	Actividades y Tareas del Proceso Concurrente	Tiempo (min)	Por FA (min)
* Actualización del Ensamble en el Modelo		715	800
Sub-ensamble A: Piezas: 1-3, 7-12,15-26		635	710
Sub-ensamble B: Piezas: 29, 30.		29	32
Sub-ensamble C: Piezas: 27, 28.		36	40
Sub-ensamble D: Piezas: 4, 5, 6.		15	17
Ensamble Maestro: 2 Sub-A, 2 Sub-B, 2 Sub-C, 2 Sub-D.		172	192
* Actualización de la Documentación del Modelo		40	45
Actualización de los Planos		3	3
BOM y Balloon (Preliminares)		37	41
* Análisis Estático con las piezas terminadas y optimizadas		428	479
Actualizar Piezas de MD		35	35
Corrección y creación de Restricciones de Ensamble		78	87
Cálculos de la Simulación		315	315
* Análisis de Elemento Finito del Modelo Completo (con información completa)		678	758
Actualizar Cargas		9	10
Generar Malla		185	185
Cálculo por el Método de Elemento Finito		436	436
Análisis de Resultados		48	54
* Simulación Dinámica del Modelo Completo y optimizado		146	163
Actualizar Piezas de MD		40	40
Cálculos de la Simulación		146	146
* Exportación del Modelo Completo a 3DStudio		601	672
Actualización (Importación) del Modelo		5	5
Render Fotorrealístico (Total)		596	596



## Anexo Q: GRADO DE CONCURRENCIA ENTRE LAS ACTIVIDADES DEL DESARROLLO CONCURRENTE

La concurrencia de las actividades del DC, se mide a través del *Grado de Concurrencia de las Actividades* (G.C), el cual se calcula como la sumatoria de las diferencias de los tiempos finales e iniciales de las actividades, multiplicado por el número de etapas que concurren en ese lapso de tiempo, todo esto dividido entre el tiempo total del proceso. En el siguiente Diagrama se muestran los cálculos realizados para determinar el G.C de las actividades del DC del Modelo.

Grado de Concurrencia entre las Actividades del Desarrollo Concurrente



■ PG ■ MD ■ WMM ■ WM FEA ■ 3DS

t <sub>total</sub> (hr)	t <sub>final</sub> (hr)	N° Etapas	Δt (hr)	Total (hr)
6,50	9,04	4	2,54	10,16
9,04	9,82	1	0,78	0,78
9,82	10,15	3	0,33	0,99
10,15	10,50	2	0,35	0,70
10,50	11,14	3	0,64	1,92
11,14	11,21	2	0,07	0,14
11,21	11,37	3	0,16	0,48
11,37	11,58	4	0,21	0,84
11,58	11,79	2	0,21	0,42
11,79	12,56	3	0,77	2,31
12,56	12,89	2	0,33	0,66
12,89	13,00	1	0,11	0,11
13,00	13,44	3	0,44	1,32
13,44	13,83	2	0,39	0,78
13,83	14,13	3	0,30	0,90
14,13	15,10	1	0,97	0,97

$$G.C = \frac{\sum \Delta t}{t_{total}}$$

$$G.C = 68,3 \%$$



## Anexo R: INTEL WORKSTATION POWER

### *Turbocharging AutoCAD 2000*

The introduction of AutoCAD 2000, Autodesk's latest version of its flagship design application, brings many significant enhancements and feature additions that increase end-user productivity. These improvements are leading many AutoCAD designers and managers to upgrade their AutoCAD licenses or seriously consider upgrading in the near future. At the same time, microprocessor and workstation platform technology has also made large strides. These new hardware capabilities can translate into substantial productivity gains for AutoCAD users who upgrade their hardware to current workstation systems. For those of you in the midst of the upgrade decision process, this report compares systems that range from the minimum Autodesk-recommended Pentium processor-based PCs to the most current Pentium III processor-based workstations.

Since MMX technology was introduced in early 1997, the Pentium processor has evolved significantly (see the processor timeline below). The Pentium Pro, the first of the P6 micro-architecture processors, was also the first processor designed specifically to meet the needs of the technical workstation user. The Pentium II processor brought further performance gains and clock speeds that progressed from 233MHz through 450MHz. The current Intel Pentium III processor-based systems are capable of clock speeds of up to 600MHz, with 100MHz system bus speeds, high-performance AGP graphics, and new processor instructions. These new instructions, known collectively as the Intel Streaming SIMD Extensions, provide performance benefits for 3D graphics applications, such as AutoCAD 2000, that have been optimized to take advantage of them.

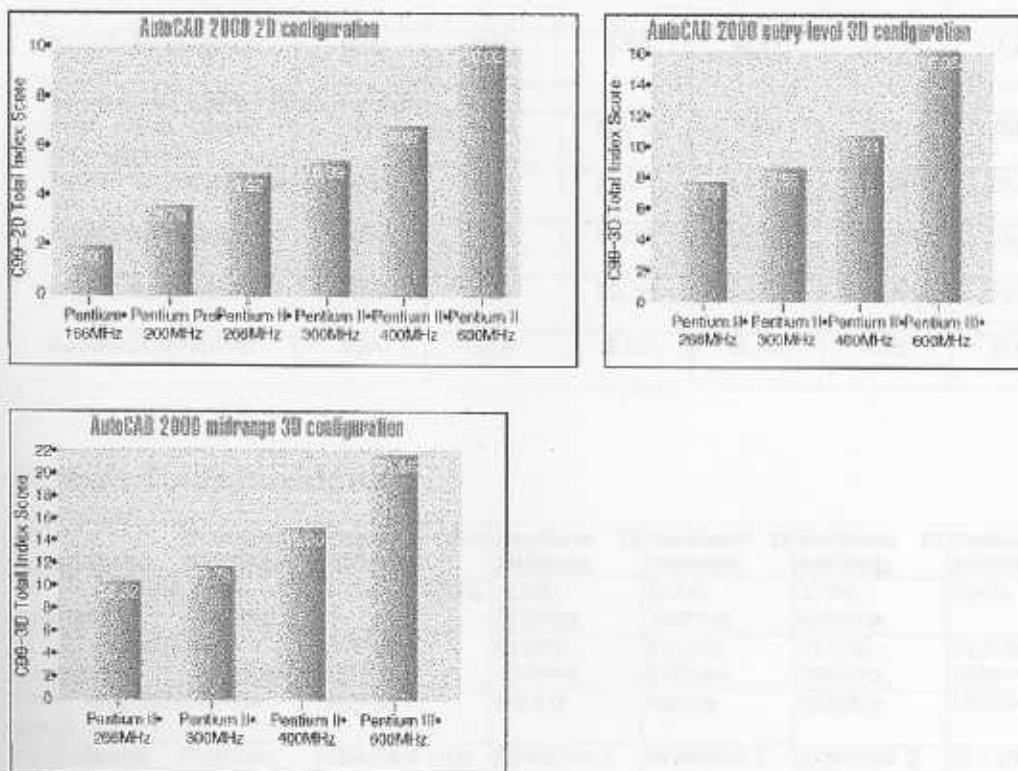
Other platform improvements beyond the processor differentiate current entry-level workstation systems from desktop PCs and older workstations. Faster IDE and SCSI disk I/O subsystems and graphics adapters, configured specifically for CAD use, provide substantial benefits over general business desktop systems and older technologies. Faster memory and AGP graphics buses deliver significant performance boosts too.



The implication of this rapid advance of new technology is that many AutoCAD users, looking to stretch the life of their capital equipment, find themselves running on systems that are one, two, or even more generations behind the current state-of-the-art workstations. As these systems become increasingly ripe for replacement, it is useful to examine the productivity benefits of upgrading to more current workstations and processors.

For this report, CADALYST Labs certified our test scores using CADALYST's C99 benchmark. The return on investment analysis and this on-line cost justification calculator demonstrate the degree to which you can realize gains from upgrading hardware to offset the initial capital expense of purchasing new equipment.

#### Benchmark results of different Pentium processors



**C99 v2.1 Benchmark Results (1280X1024)**

	Pentium 166MHz	Pentium Pro 200MHz	Pentium II 266MHz	Pentium II 300MHz	Pentium II 400MHz	Pentium III 600MHz
<b>2D configuration, 256 colors</b>						
How much faster is the PIII-600?	401%	171%	104%	86%	46%	N/A
R2000-2D Total Index	2.00	3.70	4.92	5.39	6.87	10.02
R2000-Graphics	1.51	2.41	3.29	3.64	4.57	6.53
R2000-Nongraphics	2.95	7.92	9.74	10.44	13.84	21.54
<b>Entry-level 3D configuration, true-color</b>						
How much faster is the PIII-600?	N/A	N/A	106%	88%	50%	N/A
R2000-3D Total Index	N/A	N/A	7.79	8.55	10.71	16.05
R2000-3D OpenGL	N/A	N/A	9.55	10.33	12.06	17.27
R2000-Nongraphics	N/A	N/A	10.00	11.04	14.53	23.05
R2000-2D graphics	N/A	N/A	3.80	4.28	5.53	7.83
<b>Midrange 3D configuration, true-color</b>						
How much faster is the PIII-600?	N/A	N/A	108%	83%	44%	N/A
R2000-3D Total Index	N/A	N/A	10.32	11.75	15.00	21.56
R2000-3D OpenGL	N/A	N/A	17.19	18.95	23.76	35.48
R2000-Nongraphics	N/A	N/A	10.56	12.52	16.44	22.78
R2000-2D graphics	N/A	N/A	3.22	3.79	4.81	6.41

**System Configurations**

CPU type/speed	Pentium 166MHz	Pentium Pro 200MHz	Pentium II 266MHz	Pentium II 300MHz	Pentium II 400MHz	Pentium III 600MHz
L1 cache size/speed	32KB; 156MHz	32KB; 200MHz	32KB; 266MHz	32KB; 300MHz	32KB; 400MHz	32KB; 600MHz
L2 cache size/speed	Off-processor	256KB; 200MHz	512KB; 133MHz	512KB; 150MHz	512KB; 200MHz	512KB; 300MHz
Front side bus speed	50MHz	66MHz	66MHz	66MHz	100MHz	100MHz
Motherboard type	Tekram; 430TX ATX	VS440FX ATX	SE440BX-2 ATX	SE440BX-2 ATX	SE440BX-2 ATX	SE440BX-2 ATX
Memory tested	as 256MB	256MB	256MB	256MB	256MB	256MB
Hard drive type	9GB Ultra/ATA 66IDE	9GB Ultra-Wide 22				



CPU type/speed	Pentium 166MHz	Pentium 200MHz	Pro	Pentium II 266MHz	Pentium II 300MHz	Pentium II 400MHz	Pentium II 600MHz	III
<b>2D configuration</b>								
Operating System (OS)	Windows 98	Windows 98		Windows 98	Windows 98	Windows 98	Windows NT 4.0	
Graphics card bus (AGP/PCI)	PCI	PCI		PCI	PCI	PCI	PCI	
Graphics card	Matrox Mystique G200	Matrox Mystique G200		Matrox Mystique G200	Matrox Mystique G200	Matrox Mystique G200	Matrox Mystique G200	
Chip set	MGA-G200	MGA-G200		MGA-G200	MGA-G200	MGA-G200	MGA-G200	
<b>Entry-level 3D configuration</b>								
OS	Windows 98	Windows 98		Windows 98	Windows 98	Windows 98	Windows NT 4.0	
Graphics card bus	N/A	N/A		AGP	AGP	AGP	AGP	
Graphics card	N/A	N/A		3Dlabs Oxygen VX1	3Dlabs Oxygen VX1	3Dlabs Oxygen VX1	3Dlabs Oxygen VX1	
Chip set	N/A	N/A		3Dlabs GLINT R3	3Dlabs GLINT R3	3Dlabs GLINT R3	3Dlabs GLINT R3	
<b>Midrange 3D configuration</b>								
OS	Windows 98	Windows 98		Windows NT 4.0	Windows NT 4.0	Windows NT 4.0	Windows NT 4.0	
Graphics card bus	N/A	N/A		AGP	AGP	AGP	AGP	
Graphics Card	N/A	N/A		Diamond FireGL-1	Diamond FireGL-1	Diamond FireGL-1	Diamond FireGL-1	
Chip set	N/A	N/A		IBM 256-bit Graphics Rasterizer				

This advertorial appeared in CADALYST's September issue.



## Anexo S: PRECIOS DE MERCADO DEL HARDWARE

Con el objeto de obtener el costo de adquisición para cada una de las configuraciones de computadoras 2D, 3D Básico y 3D Intermedio, se obtiene el precio de cada uno de sus componentes, descrito a continuación:

CPU type / speed	Pentium	Pentium Pro	Pentium II	Pentium II	Pentium II	Pentium III
L1 cache	32KB; 166MHz	32KB; 200MHz	32KB; 266MHz	32KB; 300MHz	32KB; 400MHz	32KB; 600MHz
L2 cache	Off-processor	256KB;	512KB;	512KB;	512KB;	512KB;
Front side bus	50MHz	66MHz	66MHz	66MHz	100MHz	100MHz
Precio	\$38,00	\$79,00	\$85,00	\$99,00	\$128,00	\$334,00
Motherboard type	Tekram; 430TX	VS440FX ATX	SE440BX-2	SE440BX-2	SE440BX-2	SE440BX-2
Precio	\$89,00	\$87,00	\$154,00	\$154,00	\$154,00	\$154,00
Memory as tested	256MB	256MB	256MB	256MB	256MB	256MB
Precio	\$288,00	\$288,00	\$277,00	\$277,00	\$277,00	\$277,00
Hard drive type	9GB Ultra/ATA	*9GB Ultra-				
Precio	\$115,00	\$115,00	\$115,00	\$115,00	\$115,00	\$465,00
<b>2D configuration</b>						
Operating System	Windows 98	Windows NT				
Precio	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$298,00
Matrox Mystique	\$129,00	\$129,00	\$129,00	\$129,00	\$129,00	\$129,00
<b>Entry-level 3D configuration</b>						
OS	-	-	Windows 98	Windows 98	Windows 98	Windows NT
Precio	-	-	\$102,00	\$102,00	\$102,00	\$298,00
3DLabs Oxygen	Precio	-	\$299,00	\$299,00	\$299,00	\$299,00
<b>Midrange 3D configuration</b>						
OS	-	-	Windows NT	Windows NT	Windows NT	Windows NT
Precio	-	-	\$298,00	\$298,00	\$298,00	\$298,00
Diamond FireGL-1	Precio	-	\$699,00	\$699,00	\$699,00	\$699,00

Los accesorios que complementan las configuraciones descritas son los siguientes:

Component	Description	Price (US\$)
CD-ROM	Creative Labs 52x IDE	\$46,00
Floppy Drive	Mitsumi 1,44 MB	\$15,00
Case	InWin A500 ATX	\$61,00
Monitor	Optiquest 19" .26 1600x1280	\$349,00
Keyboard	Microsoft Natural PS/2	\$27,00
Mouse	MS Intellimouse - PS2	\$18,00
Network Card	Intel PCI 10/100 Express Pro	\$52,00



Sumando a los componentes principales los accesorios obtenemos:

Purchase Price	Pentium 166MHz	Pentium Pro 200MHz	Pentium II 266MHz	Pentium II 300MHz	Pentium II 400MHz	Pentium III 600MHz
2D Configuration	\$1.283,00	\$1.322,00	\$1.384,00	\$1.398,00	\$1.427,00	\$2.179,00
Entry-level 3D Configuration	-	-	\$1.554,00	\$1.568,00	\$1.597,00	\$2.349,00
Midrange 3D Configuration	-	-	\$2.150,00	\$2.164,00	\$2.193,00	\$2.749,00

Para calcular la relación Desempeño-Costo se divide el desempeño de cada configuración (mostrados en el Anexo R) entre los precios promedios calculados anteriormente, obteniéndose:

Configuración	Pentium 166MHz	Pentium Pro 200MHz	Pentium II 266MHz	Pentium II 300MHz	Pentium II 400MHz	Pentium III 600MHz
2D	1,6	2,8	3,6	3,9	4,8	4,6
3D Básico	-	-	5,0	5,5	6,7	6,8
3D Intermedio	-	-	4,8	5,4	6,8	7,8



## Anexo T: PENTIUM III BENCHMARKING

Intel's Pentium III is now available for about one year and has already been improved: Last fall Intel introduced the Coppermine core, which comes with 256 KBytes on-die and full-speed second level cache vs. Katmai's 512 KBytes of external half-speed L2 cache. This 'Advanced Transfer Cache' has been integrated into the CPU silicon chip (die), sporting a 256 Bit wide data connection to the processor core which marks another improvement over Katmai's 64-bit wide interface to the external L2 cache. While a Pentium III with Katmai-core was not able to compete against AMD's Athlon processor on a clock-by-clock basis, a Coppermine-PIII gained enough speed from the integrated cache to be pretty much on par with Athlon. The integration of Coppermine's L2-cache was of course only possible because this chip is manufactured in 0.18 µm process, which reduced the die-size of Katmai's core so that the L2-cache could fit onto the same die. Katmai is manufactured in .25 micron process.

Now that Pentium III didn't need external L2-cache modules anymore, Intel was able to supply a socket-version of PIII, which is nowadays called 'FCPGA' for 'Flip Chip Pin Grid Array'. Today Intel wants to move away from the larger and thus more expensive Slot1 version of Pentium III, but currently you can still get Pentium III with Coppermine core in both versions. Let's take a quick look at both different core versions, Katmai as well as Coppermine, of the Pentium III before moving over to the Coppermine-core only.

### Test Setup

*CPU Intel Pentium III Motherboard ABit BE6-II, Intel 440BX chipset*

*Asus P3VX, VLA Apollo Pro 133A chipset RAM 128 MB PC133 SDRAM, 7ns (Crucial/Micron or  
Wichmann Workx) CL2 Hard Disk Seagate Barracuda ATA ST320430A*

*20 Gbytes, 7200 rpm Graphics Card Asus V6600, nVIDIA GeForce 256  
32 MByte SDRAM*

*nVIDIA Drivers 5.08 for Windows 98 Operating System Windows 98 SE 4.10.2222 ABenchmarks and  
Setup Office Applications Benchmark BAPCo SYSmark 2000 OpenGL Game Benchmark Quake III Arena  
Retail Version*

*command line = +set cd\_nod 1 +set i\_initsound 0*

*Graphics detail set to "Normal", 640x480x16*



Benchmark using 'Q3DEMO1' Direct3D Game Benchmark Expendable

Downloadable Demo Version

command line = time demo

640x480x16 Screen Resolution 1024x768x85, 16 Bit DirectX Version 7.0

The setup was pretty much the same as when we did the benchmarks for The 150 MHz Project, Part 1.

### Benchmarking

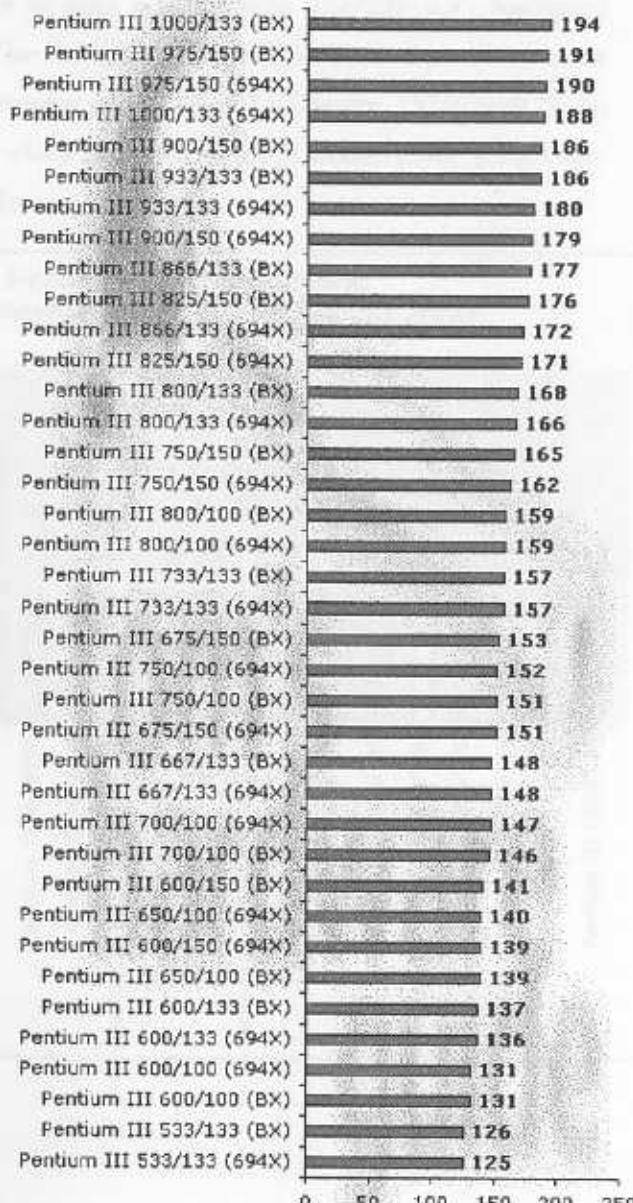
The Giga-Pentium is clearly the fastest Intel CPU for standard Windows applications, followed by two configurations running at 150 MHz FSB. Those applications are certainly no reason to get a high end computer.

### Coppermine Price/Performance Index

Some of you may be a bit confused due to the large amount of benchmark numbers. I collected the actual Pentium III Coppermine prices and made another chart, which will show you which CPU provides best performance for your money.

As you know, fast CPUs are always quite expensive. There's only one reason to buy a super-expensive and super-fast CPU: You need highest performance to earn money. Few high end users may also always get the fastest components, but I suggest most of us just don't have

### SYSmark 2000, Windows 98 SE





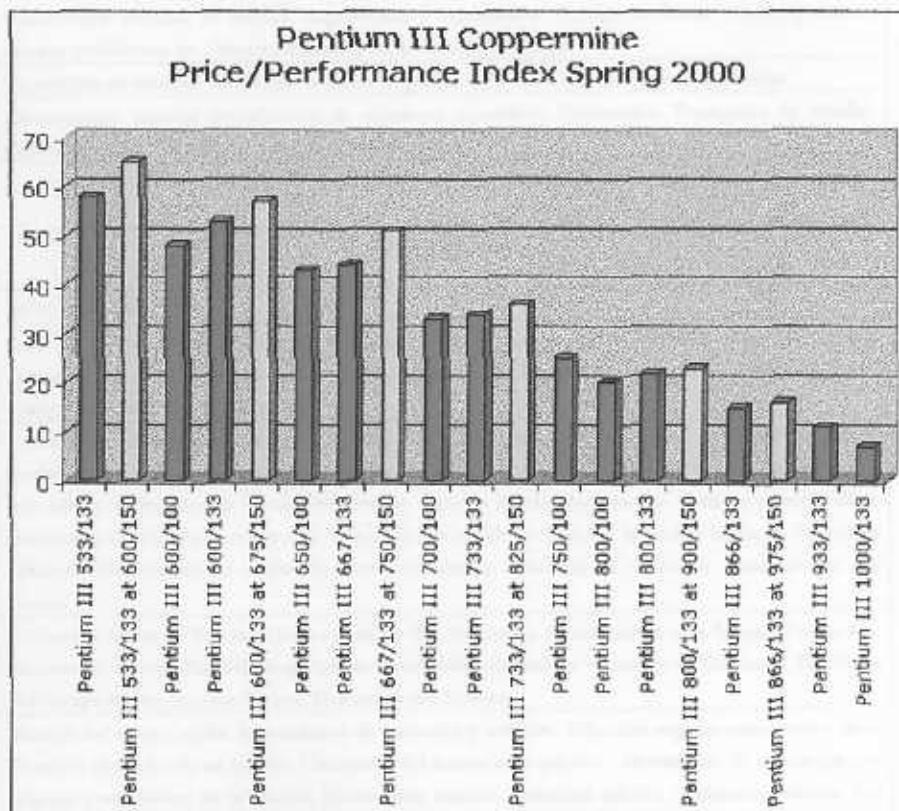
enough money to obtain a new CPU every few months.

Originally I wanted to use all three results: SYSmark, Expendable and Quake III Arena. As Quake III is one of the most demanding 3D games, I decided to base the processor index on it. I got my results as following:

Quake III Benchmark result on the BX motherboard (as seen in the chart one page before) / CPU price (I took the average CPU price from pricewatch.com). To get better results, I multiplied the result with 100.

Better results indicate better performance for the money you will have to spend. A Pentium III 600/133 scores 122 fps in Quake III, while its price is about \$220.  $122/220=0.55$ . Multiplied with 100 results in a speed index of 55. The Pentium III 800EB is almost three times more expensive (\$620), while the resulting performance is only some 13% better.  $137/620=0.22$ . So the Pentium III 800/133 scores 22 points, which of course is much worse. Loser is the Giga-Pentium, as hardly anybody can afford it today.

All overclocked CPUs are marked yellow, while all standard CPU charts are marked red. By overclocking a CPU from 133 to 150 MHz FSB, you can increase the price/performance relation considerably.





## Anexo U: CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES REQUERIDOS PARA LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS CAD/CAE

La siguiente tabla describe los conocimientos y habilidades requeridos para cada uno de los programas utilizados en el desarrollo del modelo de silla para discapacitados.

### Modelado de Sólidos

Conocimientos/ Habilidades	Descripción
Sistemas de Coordenadas	Coordenadas polares, Cartesianas, Cilíndricas.
Geometría Plana y de Sólidos	Definición, propiedades y representaciones del punto, la recta y el plano; perpendicularidad. Construcción de figuras planas y de sólidos; secciones planas, intersecciones. Intersección de poliedros cualesquiera. Casos de entalladura y de penetración completa. Intersección de sólidos de revolución (cono y cilindro); Casos de mordedura y penetración completa.
Dibujo Asistido por Computadoras	Conceptos generales de diseño. El dibujo en dos y tres dimensiones. Líneas, rectángulos, polígonos, círculos, elipses, arcos, curvas, etc. Creación de objetos, modificación de objetos, rotación de objetos. Creación, rotación y dimensionado de grupos de objetos. El CAD en tres dimensiones. Conceptos y terminología. Archivo de trabajo. Importación y exportación. Funciones. Conos, cilindros, esferas, cuerpos poliédricos, etc. Almacenamiento y recuperación de dibujos.
Mecánica Analítica	Vinculación de sistemas mecánicos. Número de grados de libertad. Coordenadas generalizadas.
Habilidades	Razonamiento espacial (visualización de relaciones espaciales). Abstracción. Percepción de detalles. Capacidad crítica. Creatividad y pensamiento divergente.

### Ánalisis Dinámico

Conocimientos/ Habilidades	Descripción
Sistemas de Unidades	MKS, cgs, Inglés.
Dinámica	Leyes de Newton. Fuerzas. La masa y el peso. Cuerdas y poleas ideales. Resorte. Nodos de fuerzas. Fuerza de roce. Potencia. Energía Potencial Gravitatoria. Fuerzas conservativas. Energía Mecánica. Energía potencial de un resorte ideal.
Movimiento en el Espacio	Coordenadas Cartesianas. Posición, velocidad y aceleración. Movimiento a velocidad constante, movimiento a aceleración constante. Movimiento bajo la acción de la gravedad. Gráficas de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo. Posición y velocidad relativa. Carácter vectorial de la posición, la velocidad y la aceleración. Magnitudes vectoriales y escalares. Impactos: Impactos Directos y Oblicuos. Coeficientes de restitución y conservación de la energía en el sistema. Momento de una Fuerza.
Estatística del Cuerpo Rígido	Definición de Par de Fuerzas. Momento de un Par. Reducción de una Fuerza a un Sistema Fuerza-Par. Sistemas de Fuerzas Equivalentes. Fuerzas Distribuidas. Centroides y Centros de Gravedad. Equilibrio del Cuerpo Rígido. Apoyos Típicos. Determinación Estática.
Cinemática del Cuerpo Rígido	Modelo del cuerpo rígido. Movimientos de traslación y rotación. Velocidad angular como vector libre. Rotación alrededor de un eje fijo. Cinemática del movimiento relativo. Movimiento de un cuerpo con relación a un sistema de referencia. Movimiento relativo. Velocidad relativa. Aceleración relativa. Eje instantáneo de rotación. Movimiento de rodadura, sobre superficie fija a tierra y sobre superficies móviles. Coeficiente de Fricción.
Mecánica Analítica	Vinculación de sistemas mecánicos. Número de grados de libertad. Coordenadas generalizadas.
Métodos Numéricos	Solución numérica de ecuaciones diferenciales. Ecuaciones diferenciales de primer orden: el método de Euler. Método Runge-Kutta-Merson.



Habilidades	Razonamiento espacial (visualización de relaciones espaciales). Abstracción. Habilidad numérica. Percepción de detalles. Capacidad crítica.
-------------	---

### Análisis FEA

Conocimientos/ Habilidades	Descripción
Sistemas de Coordenadas	Coordenadas polares, Cartesianas, Cilíndricas.
Sistemas de Unidades	MKS, cgs, Inglés.
Mecánica Analítica	Vinculación de sistemas mecánico. Número de grados de libertad. Coordenadas generalizadas.
Vibraciones Mecánicas	Vibraciones en sistemas mecánicos de un solo grado de libertad. Vibraciones en sistemas mecánicos de dos y más grados de libertad. Vibraciones libres y compuestas.
Mecánica de Materiales	Concepto de esfuerzo. Ley de Hooke. Esfuerzo cortante. Fuerza cortante y momento flexionante en vigas. Esfuerzo flector. Columnas. Esfuerzos combinados. Axial flector.
Principios de Diseño	Materiales usados: aceros especiales, bronce, aluminio y fibras filónicas. Factor de seguridad. Criterios de diseño. Normalización. Soldadura: conceptos, definiciones y usos. Tornillos (roscas). Conceptos y definiciones.
Estatística del Cuerpo Rígido	Ecuaciones de Equilibrio del Cuerpo Rígido. Fuerzas Activas y Reactivas. Apoyos Tipicos. Determinación Estática.
Método Numérico de Análisis de Elemento Finito	Conceptos generales. Modelo Matemático: restricciones, cargas, asunciones del modelo, malla, nodo. Análisis de Resultados.
Habilidades	Abstracción. Percepción de detalles. Capacidad crítica.

### Fotorrealismo

Conocimientos/ Habilidades	Descripción
Geometría Plana y de Sólidos	Definición, propiedades y representaciones del punto, la recta y el plano; perpendicularidad. Construcción de figuras planas y de sólidos; secciones planas, intersecciones. Intersección de poliedros cualesquiera. Casos de entalladura y de penetración completa. Intersección de sólidos de revolución (cono y cilindro). Casos de mordedura y penetración completa.
Propiedades Visuales de los Materiales:	Conceptos básicos. Propiedades: reflejo, brillo, transparencia. Mapeado de materiales: rugosidad, reflexión. Materiales. Tipos de Realizado: Phong, Gouraud, Metal.
Luces	Características de las luces: color, rango de iluminación, intensidad. Tipos de luces: Spot, Omni, ambiental. Proyección de bitmaps.
Cámaras	Conceptos básicos: enfoque, zoom, profundidad, perspectiva, teleobjetivo.
Animaciones	Conceptos generales: la ilusión del movimiento, cuadros por segundo. Movimiento de objetos: jerarquía, dummies, rotación, traslación. Modificación de propiedades de los objetos: morphing, escalamiento.
Dibujo Asistido por Computadora	Conceptos generales de diseño. 2. El dibujo en dos y tres dimensiones. Líneas, rectángulos, polígonos, círculos, elipses, arcos, curvas, etc. Creación de objetos, modificación de objetos, rotación de objetos. Creación, rotación y dimensionado de grupos de objetos. El CAD en tres dimensiones. Conceptos y terminología. Archivo de trabajo. Importación y exportación. Funciones. Conos, cilindros, esferas, cuerpos poliédricos, etc. Almacenamiento y recuperación de dibujos.
Habilidades	Percepción de detalles. Creatividad y pensamiento divergente.



## Anexo V: DESKTOP CLIENTS - A COST OF OWNERSHIP STUDY

A White Paper by Zona Research Inc., Spring 1996

### Configurations

Overriding the specific hardware and software configurations is the assumption that these configurations will be used to support desktop users in a network environment, that requires users to have access to server-based information, resources, applications, databases, and services, such as file, print, and directory services as well as to other resources that are assumed to be part of a larger enterprise network. A fifteen-seat configuration is used because it represents a typical work group. Gateway 2000® brand personal computers are used in this comparison because Gateway is believed to provide quality products at consistent, publicly available prices, with neither hidden costs nor special discounts at the quantities being considered. A Gateway brand system was selected as the server because it is believed to be appropriate for this type of configuration and because Gateway's prices are publicly available and unambiguous.

The specific components of this target network environment are:

- Windows® application (Microsoft® Office) support on every desktop.
- Gateway server providing access to server-based information, resources, applications, data bases, and services, and running Microsoft Windows NT® Server system software.
- The 15-seat configurations being examined are Gateway 2000 brand P-75 PCs with 10BaseT interface.

The specifications for the desktop clients and Windows servers used in this white paper are:

#### Personal Computers

- Gateway 2000 P5-75
- 75MHz Intel Pentium processor
- 14-inch 1024x768 color monitor
- 8MB of RAM
- 850MB hard drive



- 6x CD-ROM
- 3.5-inch floppy drive
- Twisted pair Ethernet interface
- Pre-loaded Windows 95
- Pre-loaded Microsoft Office Professional

#### **Net Server**

- Gateway P5-166 server
- 166MHz Intel Pentium processor
- 14-inch 1024x768 color monitor
- 32MB of RAM
- One 2GB SCSI hard drive
- 6xCD-ROM
- One 1.3GB DAT drive
- 3.5-inch 1.44MB floppy drive
- Ethernet interface
- Uninterruptable Power Supply
- Pre-loaded Microsoft Office 95 Professional Edition
- Microsoft Windows NT Server Operating System

#### **Elements of Life Cycle Cost**

This section discusses the elements of the life-cycle cost, or cost of ownership. Each cost element is described. The purpose of this section is to simply indicate the specific items incorporated into the model and the methodology used to determine the values associated with that component. The following lists denote those elements which are included in this analysis and those which are not. Further, those items not explicitly included should be assumed to be excluded.

Elements of the life-cycle cost included in this analysis are:

- Initial Hardware Acquisition
- Hardware Maintenance



- Initial System Software Acquisition
- Initial Application Software Acquisition
- Installation
- Hardware Upgrades
- System Software Upgrades
- Application Software Upgrades
- Network Administration
- Other Support (informal support, training, help desk, etc.)

Items not incorporated in this life-cycle cost analysis include:

- Variation in Administration Costs between Specific Environments or Locations
- Any Application Costs other than Microsoft® Office
- Depreciation
- Impact of Inflation, Deflation, Currency Fluctuation, Lease, or Rental
- Impact of Network Load
- Energy Costs
- Network Infrastructure Costs External to the Desktop or Server
- Taxes and Shipping Costs
- Host Resources Consumption

The following is a detailed description of each of the life-cycle cost elements included in this white paper.

### **Initial Hardware Acquisition**

This represents the actual purchase prices of:

- 15 personal computers with hardware features as specified above.
- One Gateway Pentium®-based server as specified above



For the Gateway 2000® personal computers, there is no volume discount applied. Gateway's official position is that its published prices are already equivalent to or better than competitive PC prices, and its discounts are applied only to quantities of 100 or more. While lower-cost PCs may be acquired from local retail outlets, it is not clear that they have the quality of components or the complete packaging that the Gateway products offer. For this case, we were attempting to consider enterprise quality devices. Each PC is pre-loaded with Windows® 95 and Microsoft Office Professional. The Gateway P5-75 PCs, as configured for this comparison, cost \$1,588 each.

The server is a gateway P5-166 with a single 166MHz Pentium processor, floppy drive, CD, 14-inch monitor, and tape backup. While there may be more powerful product available from other suppliers, we believe the Gateway product to be a cost-effective choice for a small work group. The cost of the servers hardware to support the PCs is \$4,086.

The entire acquisition cost of the hardware is assigned to the first year. Because depreciation procedures may vary among customers, no attempt at including depreciation over the five-year life cycle is made.

### **Hardware Maintenance**

The service cost is applied for the years following the hardware warranty period. The standard warranty on the personal computers is three years for parts and includes one year of on-site service. The server is also covered by a three-year parts and one-year on-site service warranty.

Out-of-warranty hardware maintenance costs for the personal computers and server are based upon the cost of an on-site, next-day service contract for the PCs and an on-site same-day contract for the servers.

The PC out-of-warranty next-day maintenance cost is calculated at \$176 per machine in years four and five, based on current prices published by a major service supplier. For same-day on-site server maintenance beyond the standard warranty period, the estimated cost is \$468 each year during years four and five, based on current same-day on-site service prices published by a major service supplier.



## Initial System Software Acquisition

For the PCs, Windows 95 is pre-installed and included in the initial purchase price of the systems from Gateway.

Microsoft Windows NT® Server 3.51 is available through retail channels at \$960. This price is for the operating system and 10 client licenses. The cost for additional client licenses is \$35 each; five additional clients are  $(\$35 \times 5) = \$175$ . The total cost for Windows NT Server software and 15 client licenses is  $\$960 + \$175 = \$1,135$ . Upgrade costs for system software are discussed under another heading.

## Initial Application Software Acquisition

For their personal productivity applications the PC users run Microsoft Office. In March 1996, the price of Microsoft Office Professional software through retail channels was \$540. Each of the 15 PC users has an individual, local copy of Microsoft Office Professional, which is bundled with each Gateway PC and included in its purchase cost.

## Installation Costs

This category represents the cost associated with initial installation and configuration of the hardware and software on an existing Ethernet network, as well as the costs associated with the ongoing installation of expected upgrades over a five-year life cycle. The costs are based upon estimates derived from end customer interviews and are calculated based upon the network administration costs described under the heading Network Administration Costs.

The model uses the following installation cost guidelines:

- Each Gateway personal computer configured as specified requires one hour or less to initially install on the LAN (an estimate of one hour is used in the cost model).
- Microsoft Windows NT Server software requires four hours to initially install on the server.

Ongoing installation costs associated with upgrading the PC and server hardware to support anticipated application and operating system upgrades are calculated for years two through five



based upon customer estimates. For the server and for all PC desktops, the ongoing yearly installation cost is assumed to be half the initial installation cost.

### **Hardware Upgrades**

Hardware upgrade costs are those associated with upgrading the desktop hardware to support expanded application, database, and operating system requirements as well as to improve performance and usability. The data in this part of the model is based upon input from end customers who provided estimates of their expected upgrades to the desktops over a five-year life cycle.

For personal computers, expected hardware upgrades include additional memory, storage, and displays over the five-year period. Not all PCs are expected to be upgraded simultaneously, nor are the specific types of upgrade to each desktop clearly known in advance by end users. Based upon our research, customers expect the cost of PC hardware upgrades to average \$400 per PC, per year, for years two through five. For the purpose of this model, this cost amortizes the anticipated total value of customer upgrade costs evenly over this period, while customers in practice may alternately purchase a new personal computer after three or four years of use, rather than make such periodic upgrades.

For the server, hardware upgrade costs of \$800 per year were estimated for years two through five. Anticipated upgrades include additional RAM and storage.

### **System Software Upgrades**

Operating System software upgrade costs apply to Windows 95 on the PCs and to system software on the server. The costs are derived from current published retail prices and our own estimates, in the case of Windows NT Server. For the Gateway PCs, an upgrade of each PC's system software is expected to take place during years two through five. The cost is estimated at \$90 for each PC.

Microsoft Windows NT Server upgrade costs are estimated at \$200 per year, applicable in years two through five, as Microsoft releases upgrades to Windows NT Server.



## Application Software Upgrades

The cost to upgrade the Microsoft Office Professional licenses is based upon an estimated upgrade price of \$320 per license, derived from published retail pricing. No quantity discounts are assumed. Upgrades are expected for years two through five. All 15 PCs are expected to be upgraded simultaneously.

## Network Administration

Network administration costs were determined by interviewing large sites that use a variety of desktops, including workstations, terminals, PCs, and combinations thereof. The assumptions made were derived from these interviews and from secondary research regarding network administration and support costs. Network administration costs include all costs associated with configuring, monitoring, and maintaining the specified device on the network. Based on end-customer interviews and secondary research, this model uses the following administration and support assumptions:

- A network administrator can typically support up to 40 personal computers in a Windows NT network.
- A server running Microsoft Windows NT Server and providing file and print services as well as communications to other servers which deliver access to additional applications and information requires six hours of weekly administration.

We estimate that a mid-level network administrator's salary is \$52,000 per year, unburdened. The cost was determined via primary and secondary research and represents an average for both large (hundreds of users) and very large (thousands of users) public and private organizations throughout the United States. Note that there was an extremely wide variation in the data gathered for this estimate, and that using lower-level technical support personnel in the model would reduce the overall administration costs and differentials.

For the purposes of this study, we have assumed that improvements in network management techniques and products will result in network administration productivity improvements of approximately five percent per year over the five-year life cycle. In addition, it is assumed that some administrative functions are expected to be performed via the enterprise network which the work group server is a part of. However, we also have assumed a corresponding five percent



increase in burdened network administration salary and costs, so the net effect is no variation in network administration cost over the five-year life cycle.

### Informal Support/Help Desk/Training

This is a catchall category, including informal peer-to-peer support, help desk, and training associated with the desktop clients. It is calculated as 35 percent of the overall network administration cost for PCs. This cost differential is assumed to remain constant over the five-year life cycle. Note that other studies focusing on the cost of peer support have estimated the range of informal administration costs to be from 50 percent of formal administration costs to up to five times the official (formal) administration costs. The reader is encouraged to consider how his own assumptions and estimates would impact this value.

### The Numbers

The following tables detail the life cycle costs of the PC's and Windows NT® Server-based configuration. It also shows the annual costs and the annual cost per seat. You may wish to apply your own costs and assumptions to this model to determine the results for your organization.

#### Personal Computers and Windows NT

#### Server-based Configuration

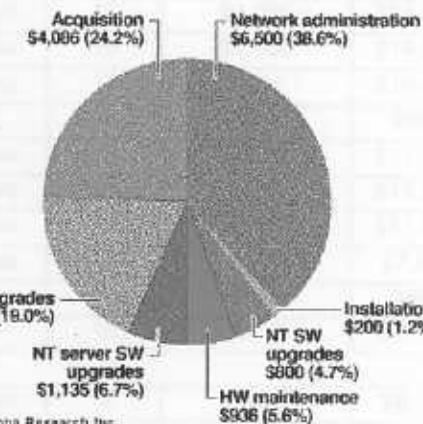
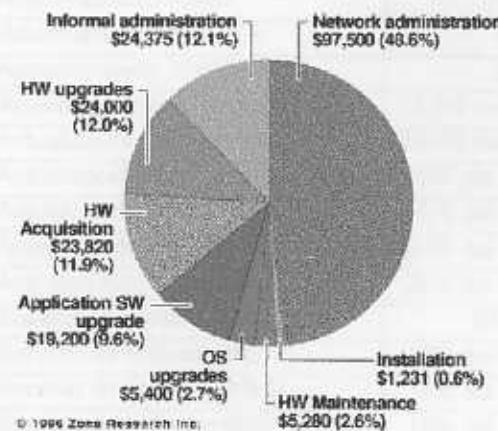
Gateway P5-75 PC	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Cum. Total	%
Acquisition Costs	23820	--	--	--	--	23820	11.9%
HW Maintenance	Warranty	Warranty	Warranty	2640	2640	5280	2.6%
Microsoft Office	Included	--	--	--	--	0	0.0%
Microsoft Office Upgrades	--	4800	4800	4800	4800	19200	9.6%
Operating System Upgrades	--	1350	1350	1350	1350	5400	2.7%
Network Administration	19500	19500	19500	19500	19500	97500	48.6%
HW Upgrade	--	6000	6000	6000	6000	24000	12.0%
Installation	375	214	214	214	214	1231	0.6%
Informal Admin., Help Desk, Training	4875	4875	4875	4875	4875	24375	12.1%
Cost Per Seat Per Year	3238	2449	2449	2625	2625	11762	--
Total Initial and Annual Cost	48570	36739	36739	39379	39379	200806	--



Gateway Server for PCs	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Cum. Total	%
Acquisition	4086	--	--	--	--	4086	24.2%
HW Maintenance	Warranty	Warranty	Warranty	468	468	936	5.6%
Hardware Upgrade	--	800	800	800	800	3200	19.0%
Microsoft Windows NT Server	1135	--	--	--	--	1135	6.7%
Network Administration	1300	1300	1300	1300	1300	6500	38.6%
Microsoft Office	0	--	--	--	--	0	0.0%
Microsoft Office Upgrades	--	0	0	0	0	0	0.0%
Windows NT Server Software Upgrades	--	200	200	200	200	800	4.7%
Installation Costs	100	25	25	25	25	200	1.2%
Total Windows NT Server Cost	6621	2325	2325	2793	2793	16857	--
Cost Per Seat PC Package	3679	2604	2604	2811	2811	14511	--
Total PC Package	55191	39064	39064	42172	42172	217663	--

### Ownership Costs By Component

The five-year cost of ownership for each element in the cost model is shown for each 15-seat configuration in the following graphics. The first chart shows the cost elements of the 15 personal computers, and the second chart shows the cost of the Windows NT-based server.





## Anexo W: TABLA RESUMEN DE LOS COMPONENTES DE COSTOS DEL SISTEMA CAD/CAE

La siguiente tabla detalla los componentes de costo del ciclo de vida para la implantación de un sistema CAD/CAE conformado por 15 computadoras PC y un servidor de red. Cada computadora tiene instalada los programas de diseño: Mechanical desktop, WM Motion, WM FEA y 3DStudio, bajo el sistema operativo Windows.

	Descripción	Número	Costo /Unidad	Total
<b>Adquisición</b>				
Computadoras	Pentium III 600 3D	15	\$2.749	\$41.235
Servidor	Intel-Pentium	1	\$4.650	\$4.650
# MD	Diseño Mecánico	15	\$4.995	\$74.925
# WMM	Análisis Cinemático	15	\$4.998	\$74.963
# WMFEA	Análisis FEA	15	\$4.998	\$74.963
# 3DStudio	Fotorrealismo	15	\$3.495	\$52.425
Instalación/Comput.	Sistema análogo	15	\$25	\$375
Instalación/Servidor	Sistema análogo	1	\$100	\$100
Adiestramiento MD	80 Horas	1	\$3.700	\$3.700
Adiestramiento WMM	24 Horas	1	\$1.925	\$1.925
Adiestramiento WM FEA	24 Horas	1	\$1.925	\$1.925
Adiestramiento 3DStudio	40 Horas	1	\$1.850	\$1.850
<b>Operación y Mantenimiento</b>				
# Operadores	Sueldo de Ingenieros	15	\$15.800	\$237.000
Adiestramiento MD	40 Horas	1	\$1.850	\$1.850
Adiestramiento WMM	12 Horas	1	\$960	\$960
Adiestramiento WM FEA	12 Horas	1	\$960	\$960
Adiestramiento 3DStudio	20 Horas	1	\$925	\$925
Actualización de Computadoras	25,2% del costo de Adquis.	15	\$692,75	\$10.391
Actualización del Servidor	19,6% del costo de Adquis.	1	\$911,40	\$911
Actualización MD	20% del costo de Adquis.	15	\$999	\$14.985
Actualización WMM	20% del costo de Adquis.	15	\$1.000	\$14.993
Actualización WMFEA	20% del costo de Adquis.	15	\$1.000	\$14.993
Actualización 3DStudio	20% del costo de Adquis.	15	\$699	\$10.485
Sistemas Operativos PC	95 US\$x45%	15	\$43	\$641
Servicio de software MD	15% del costo de Adquis.	15	\$749	\$11.239
Servicio de software WMM	15% del costo de Adquis.	15	\$750	\$11.244
Servicio de software WMF	15% del costo de Adquis.	15	\$750	\$11.244
Servicio de software 3DS	15% del costo de Adquis.	15	\$524	\$7.864
Mantenimiento del Servidor	Sistema análogo	1	\$468	\$468
Mantenimiento de computadoras	Sistema análogo	15	\$178	\$2.640
<b>Retirada de Servicio</b>				
Valor de Salvamento Hardware	25% del costo de Adquis.	15	\$549,8	\$8.247
Valor de Salvamento Servidor	25% del costo de Adquis.	1	\$930,0	\$930