

CAPÍTULO 4

PROGRAMA CADD DE PUENTES ESTÁNDAR

CAPÍTULO 4 PROGRAMA CADD DE PUENTES ESTÁNDAR

4.1 USO ACTUAL DE COMPUTADORAS EN CHILE

En Agosto de 1995 Windows 95 fue lanzado en EUA y tan sólo un mes más tarde se puso en el mercado chileno la versión en español. Desde entonces, la combinación producida entre el uso de computadoras compatibles con las de la IBM y los sistemas operativos (OS) del Windows 95 se han transformado en el estándar en lo que se refiere al uso de computadoras personales (PC) en el mundo y también en Chile.

En Chile, los PC que usan como plataforma Windows 95 son predominantes. Entre las marcas disponibles de PC encontramos IBM, COMPAQ, Acer, EPSON, HP, etc., y la mayoría viene con Windows 95 en español pre-instalado. Las computadoras Macintosh se encuentran también en Santiago pero en un número muy inferior. Los programas de aplicación comunes en el mundo tales como MS-Office y Lotus Smartsuite se usan también ampliamente en Chile.

En cuanto a los lenguajes de programación, basados en Windows 95, se utilizan el Visual Basic 4.0 y 5.0, reemplazando el uso de otros lenguajes tales como el BASIC. Con respecto a los programas de dibujo, el Auto-CAD R12 (MS-DOS) y la R13 (Windows) se utilizan ampliamente.

4.2 ACTUALES DISEÑOS DE PUENTES Y PRÁCTICAS DE CONSTRUCCIÓN EN CHILE

4.2.1 Práctica del Diseño

(I) Criterio de Diseño

- 1) Estándares de Diseño: Fundamentalmente el MOP diseña puentes de acuerdo con la especificaciones de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).
- 2) Cargas del Vehículo de Diseño: el MOP aplica:
 - Para carreteras importantes y caminos principales el 120% del camión AASHTO HS20-44 y
 - Para caminos rurales o transversales el 100% del camión AASHTO HS20-44
- 3) Sismos: el MOP aplica el coeficiente sísmico 0,15 para todo el país.

4) De acuerdo a un experimentado consultor que fue entrevistado por el Equipo de Estudio en Santiago:

- Las otras cargas relacionadas con el clima (tales como cargas de viento, de nieve y cambios de temperatura), y la presión del flujo del agua no son usualmente tomadas en cuenta para el diseño de puentes grandes.
- No hay estándares particulares para el método de diseño de puentes en el MOP, pero el método de diseño por cargas de servicio es popular entre los ingenieros especialistas en puentes de Chile y el método de diseño por resistencia es raramente usado.

5) Para las revanchas de las vigas del puente se ha considerado convencionalmente 1,0 m por sobre el nivel de aguas máximas como valor mínimo.

6) Las zapatas de fundación son usualmente diseñadas para estar enterradas no menos de 1,0 m en el lecho resistente, el cual no será socavado.

(2) Tipos de Puentes

1) Para tramos que están entre los 10 y los 25m; se utilizaban vigas de H.A. (Hormigón Armado) fabricadas in situ, aplicando el método de voladizos para tramos largos, pero en estos días están siendo reemplazadas por vigas pre-esforzadas pre-vaciadas.

2) Respecto a las vigas Pre-vaciadas (PV):

- Las vigas PV son por lo general más económicas que las vigas de acero, para puentes de tramos cortos a medianos en Chile.
- Para tramos de 15 a 25 m; las más usadas son las vigas PV Pre-tensadas, por sus ventajas en costos y construcción.
- Para tramos de 25 a 35 m; las más usadas son las vigas PV post-tensionadas, dependiendo de las condiciones del emplazamiento del puente y la dificultad para el transporte de estas vigas.

3) Respecto a las vigas de acero:

- Para tramos de 35 hasta los 50 m; las vigas de acero formada por planchas soldadas llegan a ser competitivas con las vigas PV bajo ciertas condiciones tales como la dificultad de acceso o al movimiento del equipo pesado.
- Aún para tramos de menos de 35 m las vigas de acero son a veces utilizadas por razones especiales tales como para diseños de puentes esviados o curvados.

4.2.2 Prácticas Constructivas

(1) Métodos Constructivos

1) Elementos Prefabricados del Puente

- Los elementos prefabricados de hormigón son ampliamente usadas en Chile desde cunetas a elementos para edificios. Los elementos pre-tensionados de hormigón PV son producidos en varias fábricas alrededor de Santiago, siendo principalmente postes de tendido eléctrico y partes para edificios, y en un menor grado vigas para puentes.
- Solamente dos o tres maestranzas en Santiago producen principalmente vigas de acero para puentes. Debido a que el mercado de puentes de acero es muy pequeño en Chile, su diseño y fabricación permanece tal como ha sido: (1) los remaches aún son utilizados en regiones, (2) son diseñados empalmes soldados en terreno a pesar de que los pernos de alta resistencia están disponibles en Chile, (3) se prefiere los perfiles de acero que se obtienen soldando las planchas de acero más que utilizar los perfiles laminados.

2) Trabajos de montaje de vigas

- Para trabajos de montajes en puentes de tramos cortos a medios, ubicados en lugares accesibles, a menudo se usa la grúa móvil junto con soportes provisionales. La grúa de 50 a 80 toneladas es la más disponible en Chile, pero una de más de 150 ton de capacidad es difícil de conseguir aún en Santiago.
- Donde el acceso es difícil pero aún así hay suficiente espacio detrás del estribo, se utiliza la viga lanzadora. Las vigas PV post-tensadas de alrededor de 35m son usualmente montadas por este método.

(2) Materiales de Construcción

- El cemento es producido dentro del país y la cantidad suficiente para el uso doméstico.
- Chile posee un tesoro en cuanto a áridos tanto en calidad como en cantidad.
- Las barras para las armaduras son producidas también en el país excepto algunos productos importados.
- Todo el acero para elementos pre-esforzados es importado y el acero estructural es parcialmente importado.

4.3 TIPOS DE PUENTES ESTÁNDAR Y CONDICIONES DE DISEÑO

4.3.1 Jerarquía de los Caminos, Ancho Estándar y Geometría

- (1) Jerarquía de los Caminos : Camino rural
- (2) Geometría : Horizontal y derecho, Verticalmente nivelado
- (3) Número de Pistas : Una o dos pistas con pasillos a ambos lados
- (4) Ancho Estándar :

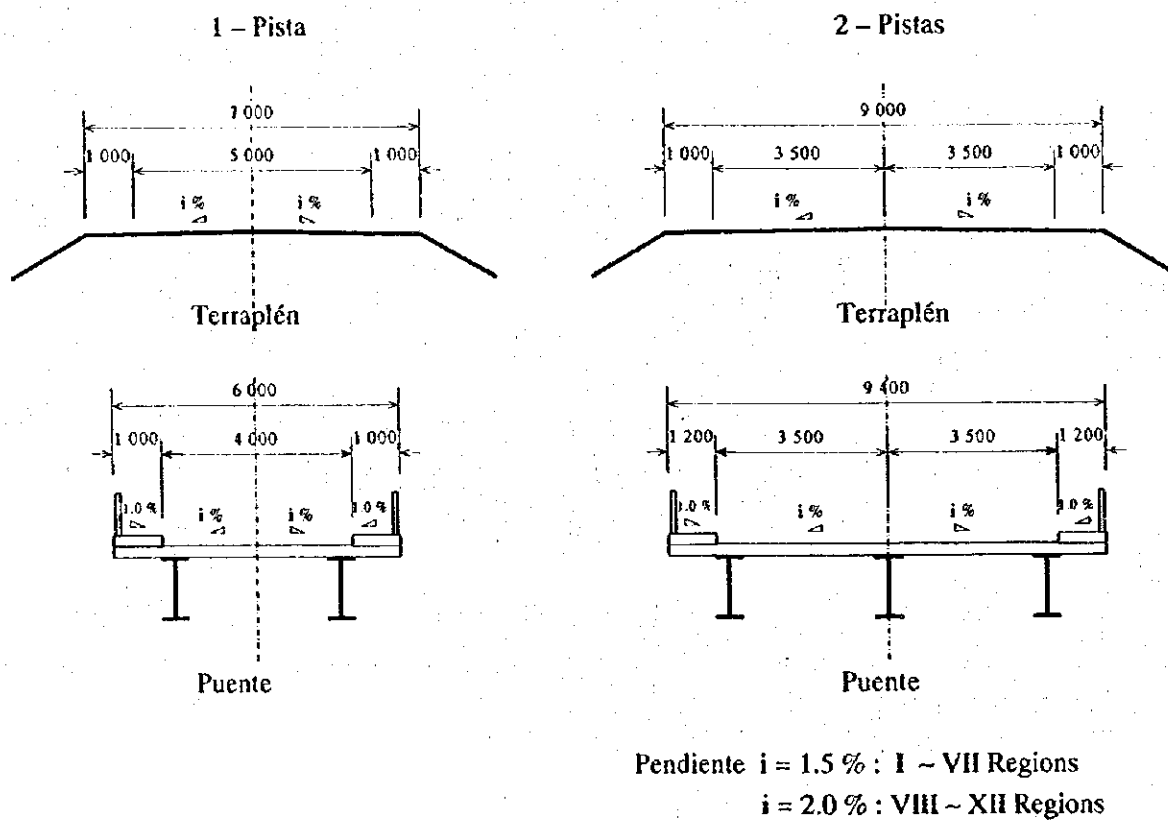


Figura 4.1 Ancho del Puente Estándar

4.3.2 Condiciones de Diseño

- (1) Norma de Diseño : AASHTO 1992
- (2) Método de Diseño : Diseño por Carga de Servicio (Tensión admisible)
- (3) Cargas de Diseño :
 - Carga del Vehículo de Diseño: 100% del HS20-44
 - Sismo : Coeficiente de aceleración , $A = 0.15$ y Categoría B
 - Otras Cargas : basadas en AASHTO.
- (4) Propiedades de los Materiales:
 - Especificación del Hormigón: Hormigón Armado : H-30 $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
 Hormigón de Pretensado : H-40 $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$
 - Acero de Armadura : A63-42H $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 A44-28H $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$
 - Acero de Pretensado : ASTM A416 alambres de alta resistencia y cables de 7 alambres.
 - Acero estructural : basados en ASTM o AASHTO.
 - Apoyos Elastoméricos : basados en ASTM o AASHTO.

4.3.3 Tipos de Puentes Estándar

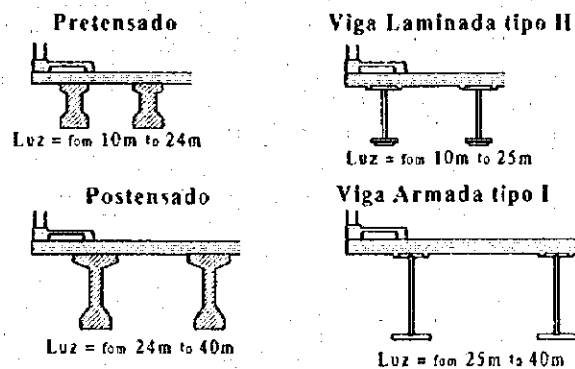


Figura 4.2 Tipo de Puente Estándar (Superestructura)

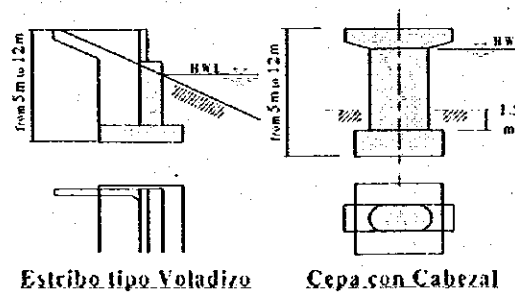


Figura 4.3 Tipo de Puente Estándar (Infraestructura)

4.4 SISTEMA CADD PROPUESTO

4.4.1 Esquema del Sistema CADD

- El esquema de todo el sistema de programación CADD está ilustrado en la **Figura 4.4**
- El esquema de cada programa CADD para superestructura (viga de acero y vigas PC) e infraestructura (estribos y cepas) se muestran en la **Figura 4.5** hasta la **Figura 4.8**.

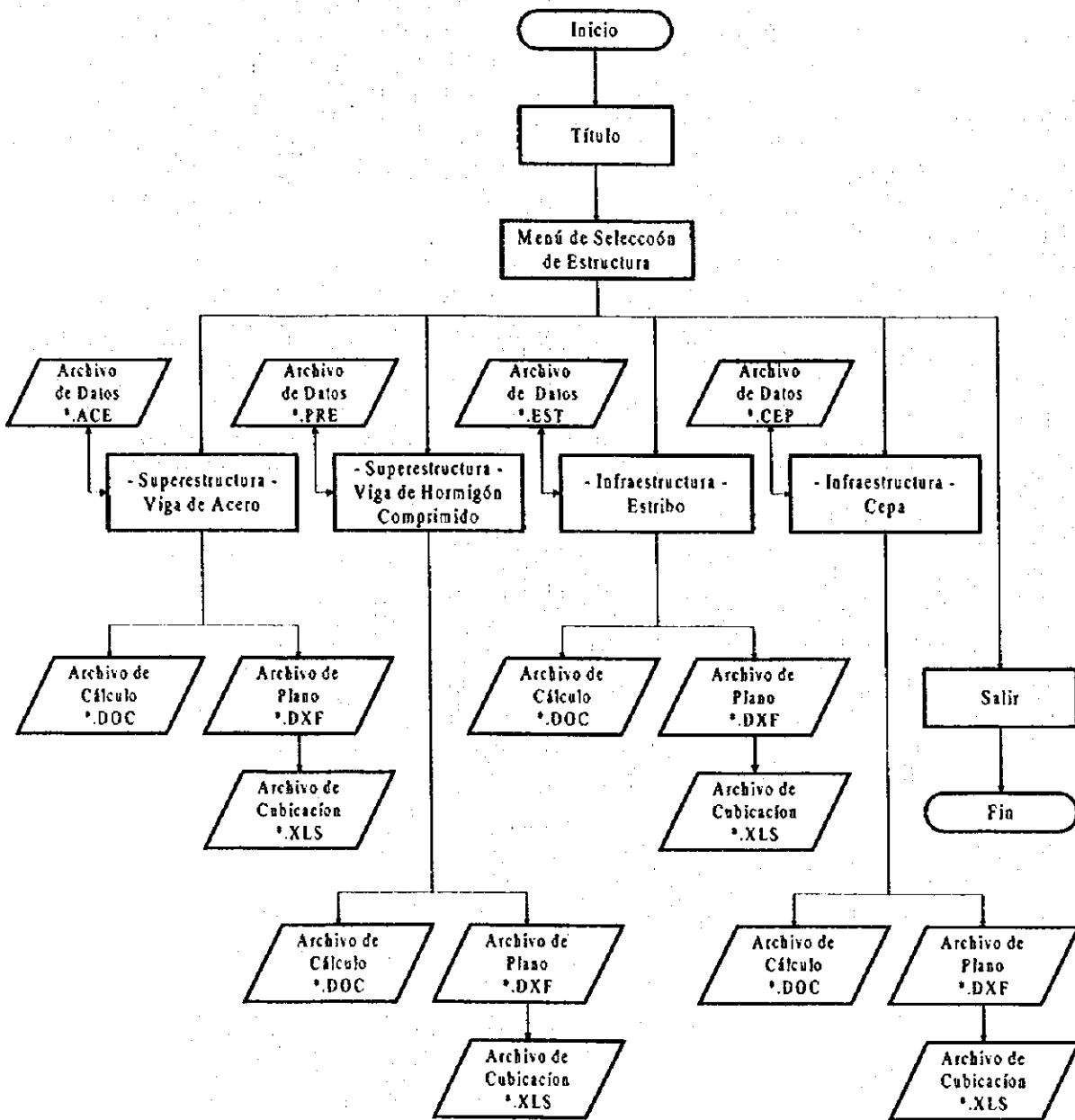


Figura 4.4 Esquema de Todo el Sistema de Programación CADD

Superestructure - Viga de Acero

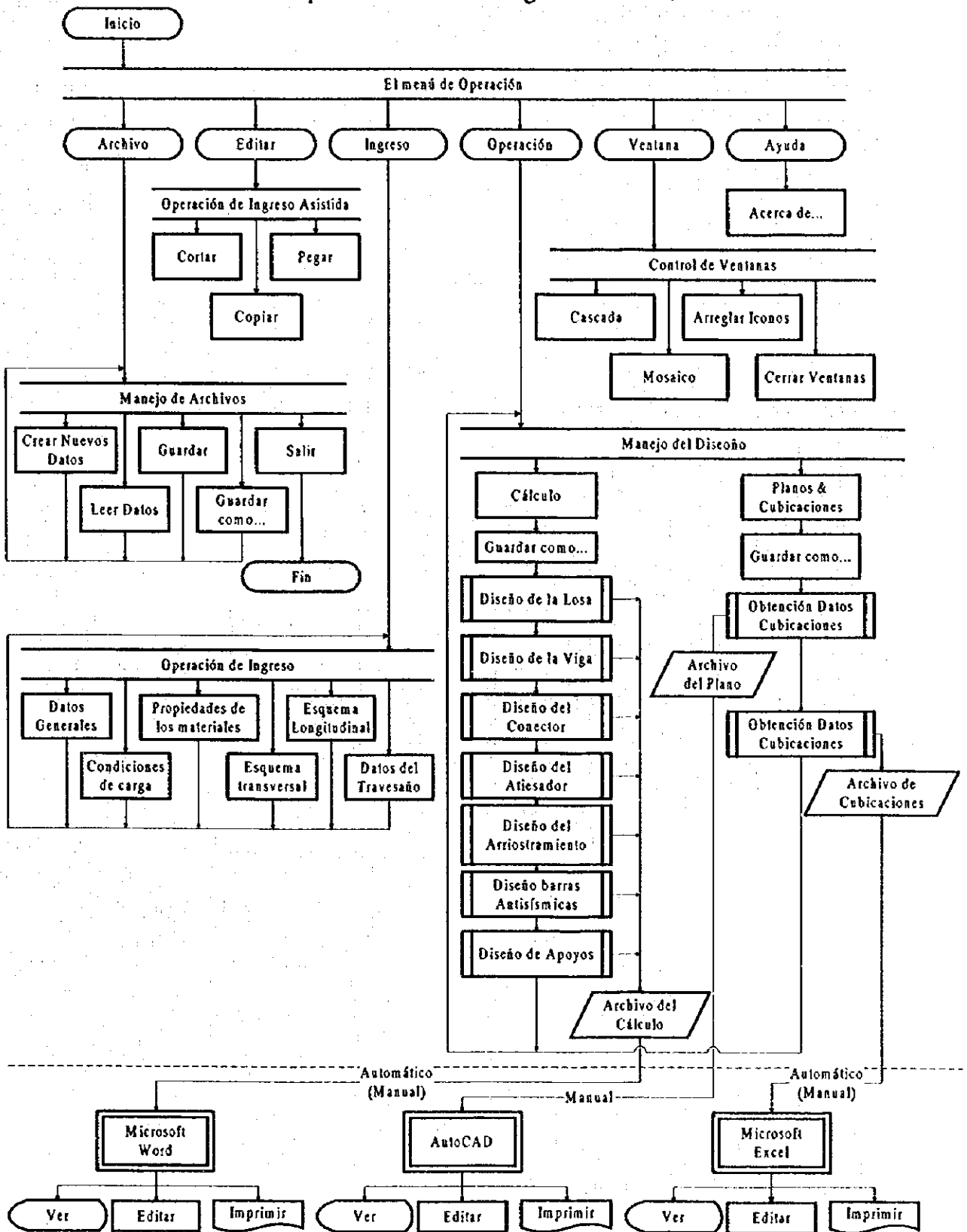


Figura 4.5 Esquema del Programa CADD (Viga de Acero)

Superestructure - Viga de Hormigón Comprimido

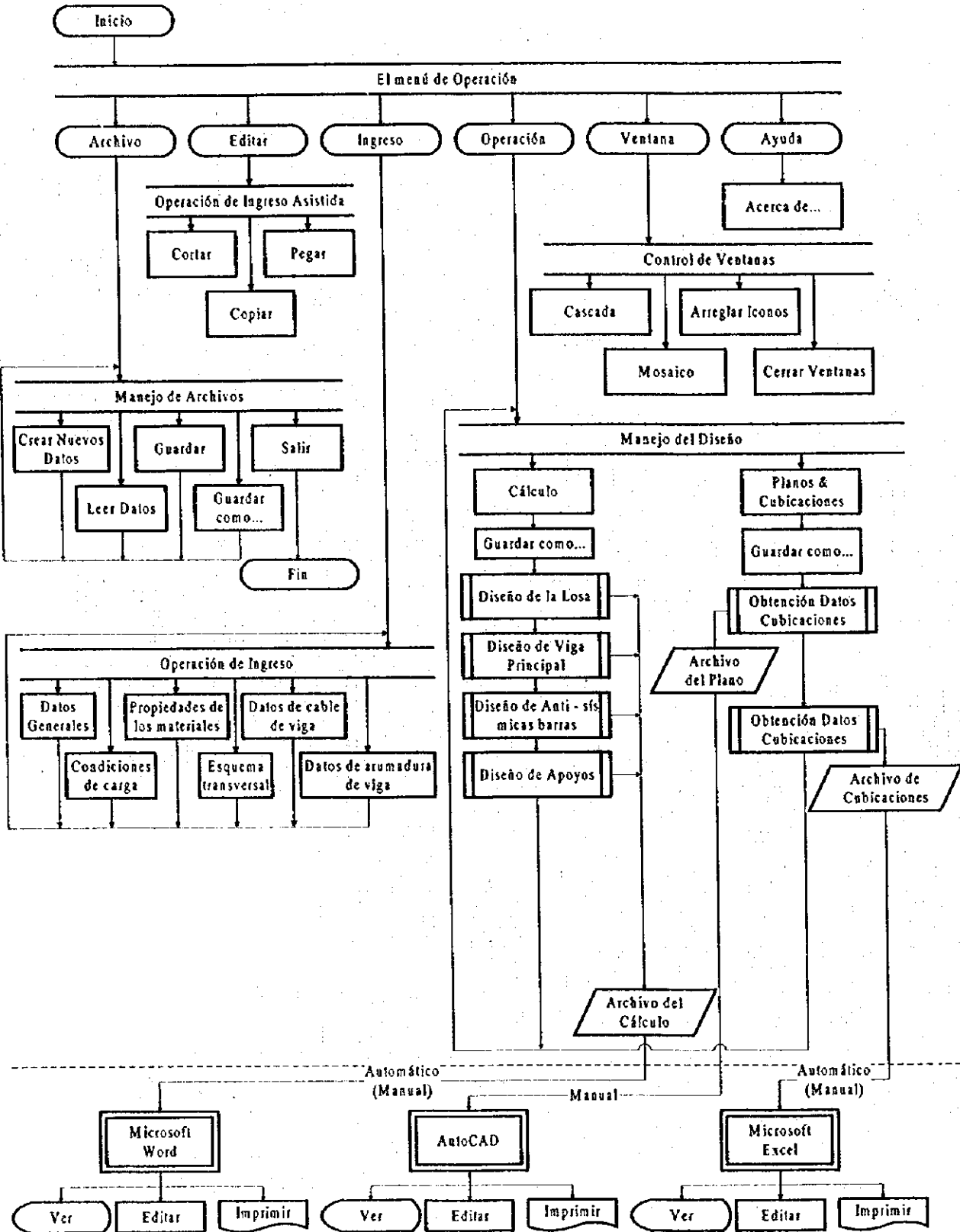


Figura 4.6 Esquema del Programa CADD (Viga de H.PV)

Infraestructura - Estribo

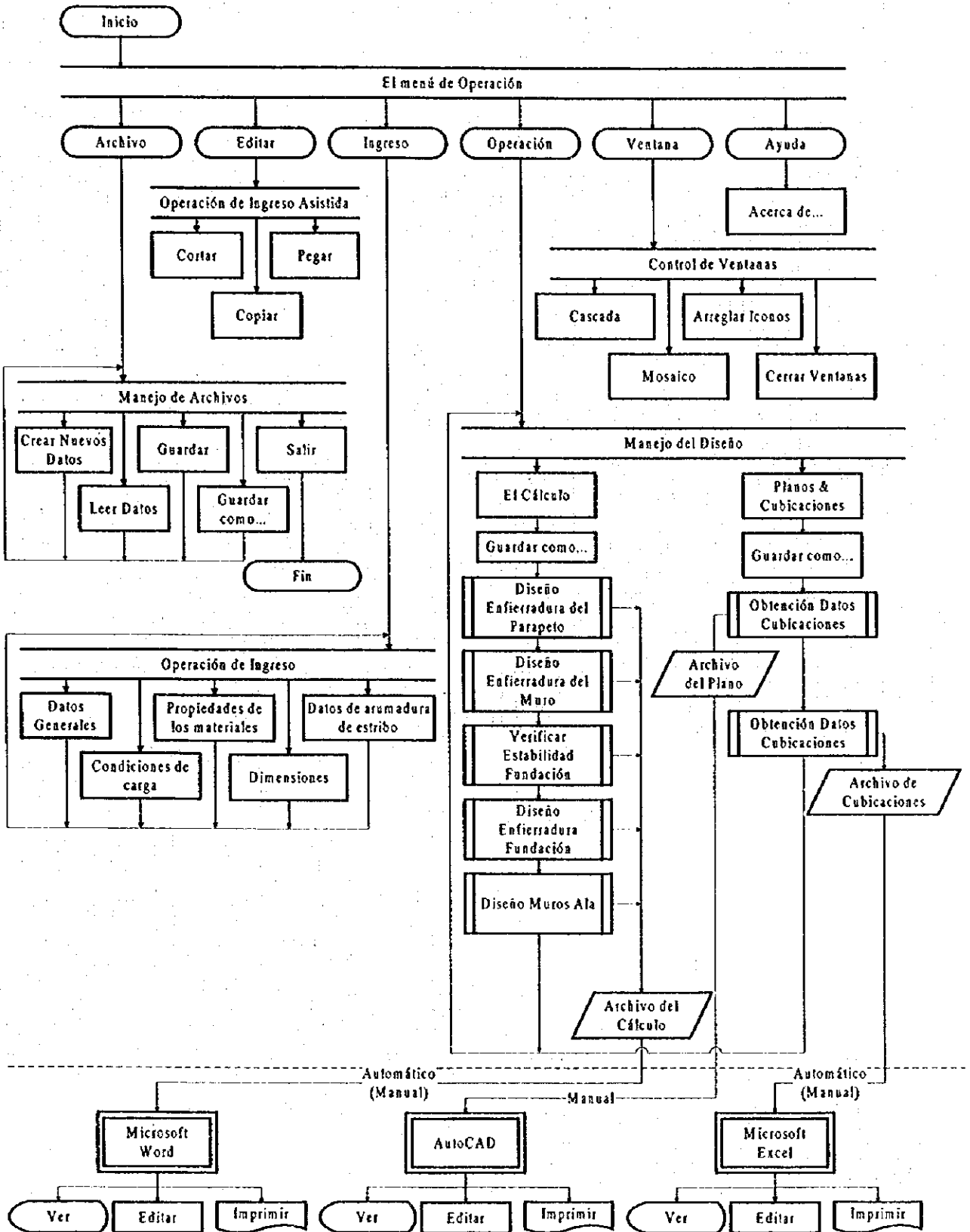


Figura 4.7 Esquema del Programa CADD (Estribo)

Infraestructura - Cepa

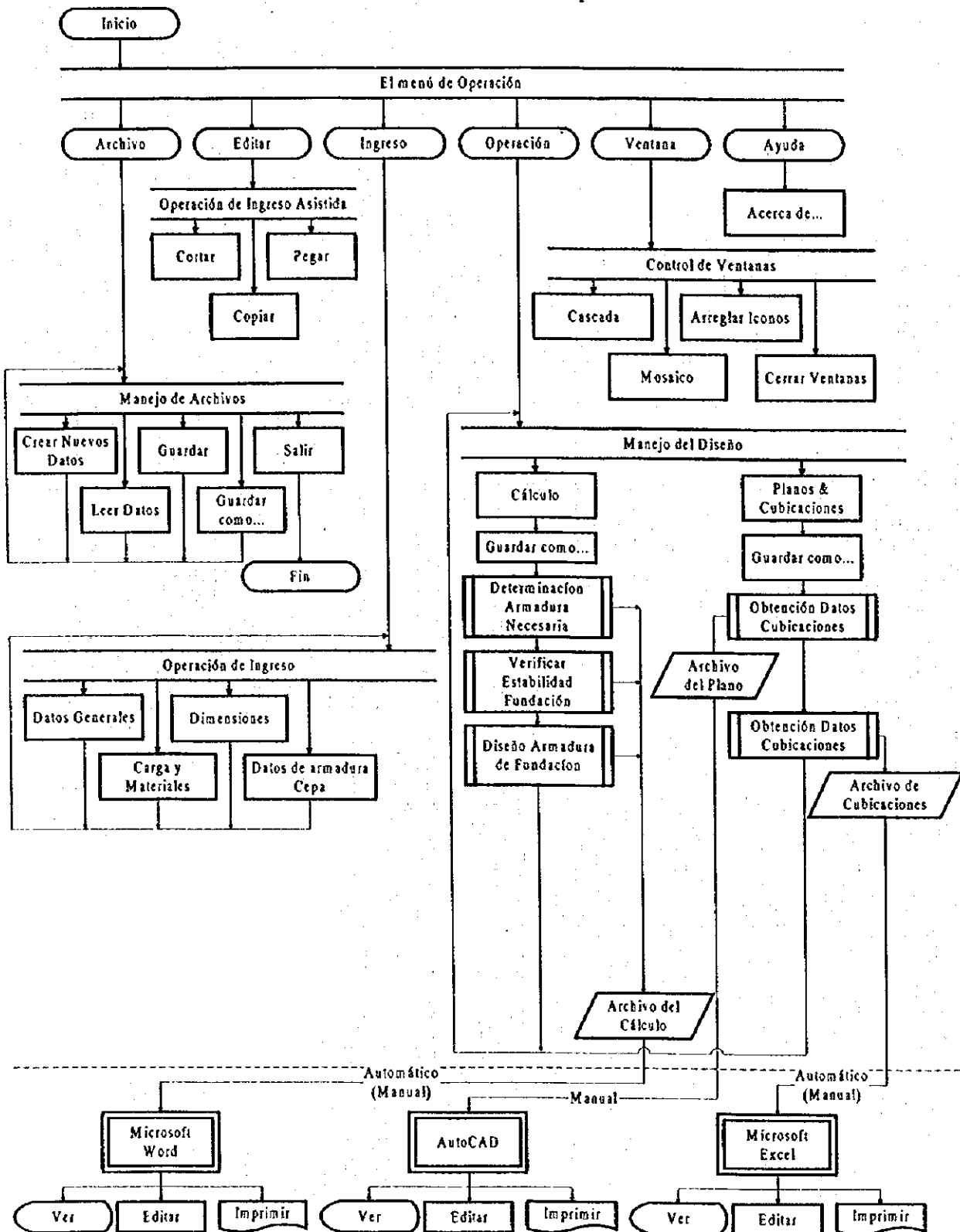


Figura 4.8 Esquema del Programa CADD (Cepa)

4.4.2 Desarrollo del Programa

(1) Alcance del Programa CADD

El alcance y los parámetros del programa CADD son los siguientes:

- Tipos de Puentes : Superestructura: Viga de acero o de hormigón PV.
Infraestructura: Estribo y Cepa (sólo fundación directa).
- Número de pistas : Una o dos pistas.
- Ancho del Puente : 4.0 m para una pista, o 7 m para dos pistas, pudiendo ser cambiada.
- Bombeo : Pasillo : 1,0 %
Calzada: 1,5 % o 2,0 %
- Tipo de hormigón : Seleccionar H-30 o H-40, pudiendo ser cambiado.
- Armadura : Seleccionar A63-42H o A44-28H, pudiendo ser cambiada.
- Recubrimiento : Los recubrimientos estándar son mostrados pero pueden ser cambiados.
Superestructura : losa: 3 cm, viga PV: 2.5 cm, elementos in situ: 3 cm.
Infraestructura : miembros a la intemperie: 4 cm, bajo la tierra o agua: 7 cm.
- Acero precomp. : ASTM A416 para cables de 7 hebras.
- Acero estructural : A52-34ES, A42-27ES, o A37-24ES.
- Geometría : La sección transversal de la estructura del puente será simétrica.
- Longitud Tramos : 10 a 40 m
- Número de vigas : 2 a 6 vigas. El tamaño y el espaciamiento de la vigas serán uniformes.
- Fin viga travesaño : Hormigón armado.
- Viga transversal intermedia: Una viga transversal intermedia para vigas PV.
- Arriostamiento : El espaciamiento será menor que 6 m. para las vigas de acero.
- Apoyo : Apoyos elastoméricos.
- Altura infraestruct. : 5 a 15 metros.

(2) Lenguaje de Entrada / Salida

El lenguaje de operación del programa CADD será el Español. Sin embargo, la programación fue realizada en Japón utilizando el "Visual Basic" en versión Japonesa. Los siguientes caracteres Españoles especiales pueden usados en el teclado Japonés cambiando las propiedades del Windows 95:

Caracteres	Clave de Operación
[á, é, í, ó, ú]	[:] + {a, e, i, o, u}
[Á, É, Í, Ó, Ú]	[:] + {A, E, I, O, U}
[ñ, Ñ]	[:], [Shift] + [;]
[i, ï]	[^], [Shift] + [^]

(3) Utilización de las Funciones del Windows 95

1) Salida de la información a través de las funciones OLE

Fue utilizada la función OLE (Object Linking and Embedding) equipada en el "Visual Basic". Por esta función, los resultados de diseño (salidas o outputs) del programa pueden ser desplegados e impresos en la forma como otros programas de aplicación del Office, tales como el Word y Excel.

2) Operación Paralela a través de la Función MDI

El MDI (Multi-Document Interface), función de Windows 95 que permite la operación paralela de varios documentos en diferentes ventanas de despliegue y ellos son controlados bajo cada ventana doméstica. Con esta función, el programa CADD se divide en cuatro sub-programas (Viga de Acero, Viga PV, Estribo y Cepa) y cada uno es instalado en ventanas domésticas separadas.

3) Manejo del Archivo a través de la Extensión de Nombre de Archivo

Todos las entradas y salidas de archivos están distinguidos por los siguientes códigos de extensión:

· Archivos de Datos de Entrada :	Viga de Acero	*.ACR
	Viga PC	*.PST
	Estribo	*.EST
	Cepa	*.CEP
· Archivo de Datos de Salida :	Diseño	*.DOC (MS-Word)
	Dibujo	*.DXF (Auto-CAD)
	Cubicación	*.XLS (MS-Excel)

4.4.3 Formatos de Entrada y Salida

(1) Formatos de diseño de cálculos

Los ejemplos de los formatos de diseño de cálculos listado abajo son mostrados en el Manual de Operación del Programa.

- Menú de Selección de la Estructura
- Superestructura (Viga de acero)
- Superestructura (Viga PV)
- Infraestructura (Estribo)
- Infraestructura (Cepa)

(2) Planos

Los planos listados abajo son mostrados en los Planos de los Puentes Estándar

1) Superestructura (Viga de acero)

- Plano de armaduras de losas y vigas transversales
- Plano de detalle de vigas principales
- Plano de arriostramiento lateral

2) Superestructura (Viga PV)

- Plano de armaduras de losas y vigas transversales
- Plano de armaduras de vigas principales

3) Infraestructura (Estribo)

- Plano de armaduras de muro frontal y fundaciones
- Plano de armaduras de las alas

4) Infraestructura (Cepa)

- Plano de disposición de las armaduras del muro y la cimentación.

(3) Resumen de Tabla de Cubicaciones

Las tablas de resumen de cubicaciones listadas abajo se muestran en los Planos del Puente Estándar también.

- Puente de viga de acero
- Puente de viga PV
- Estribo
- Cepa
- Tabla de armaduras
- Tabla de acero de viga

4.4.4 Especificaciones de los Planos

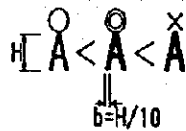
(1) Color y Grosor de las Líneas y Letras

Mostrada en la tabla de abajo están los colores y grosores de las líneas usadas en los planos.

Tabla 4.1 Color y Grosor de Líneas y Letras

Color de la Línea	Grosor de Línea (mm)
Rojo (Red)	0.18
Amarillo (Yellow)	0.80
Verde (Green)	0.35
Azul (Blue)	0.50
Blanco (White)	0.20

El grosor de las letras deberá ser menor que un décimo de la altura de la letra



Los tipos de líneas usadas en los planos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.2 Tipos de Línea

Tipo de Línea	Ejemplo
Línea continua	
Línea segmentada	
Línea de segmentos y puntos	

(2) Tamaño del Dibujo

El tamaño de los planos y de los títulos es mostrado en la **Figura 4.9**

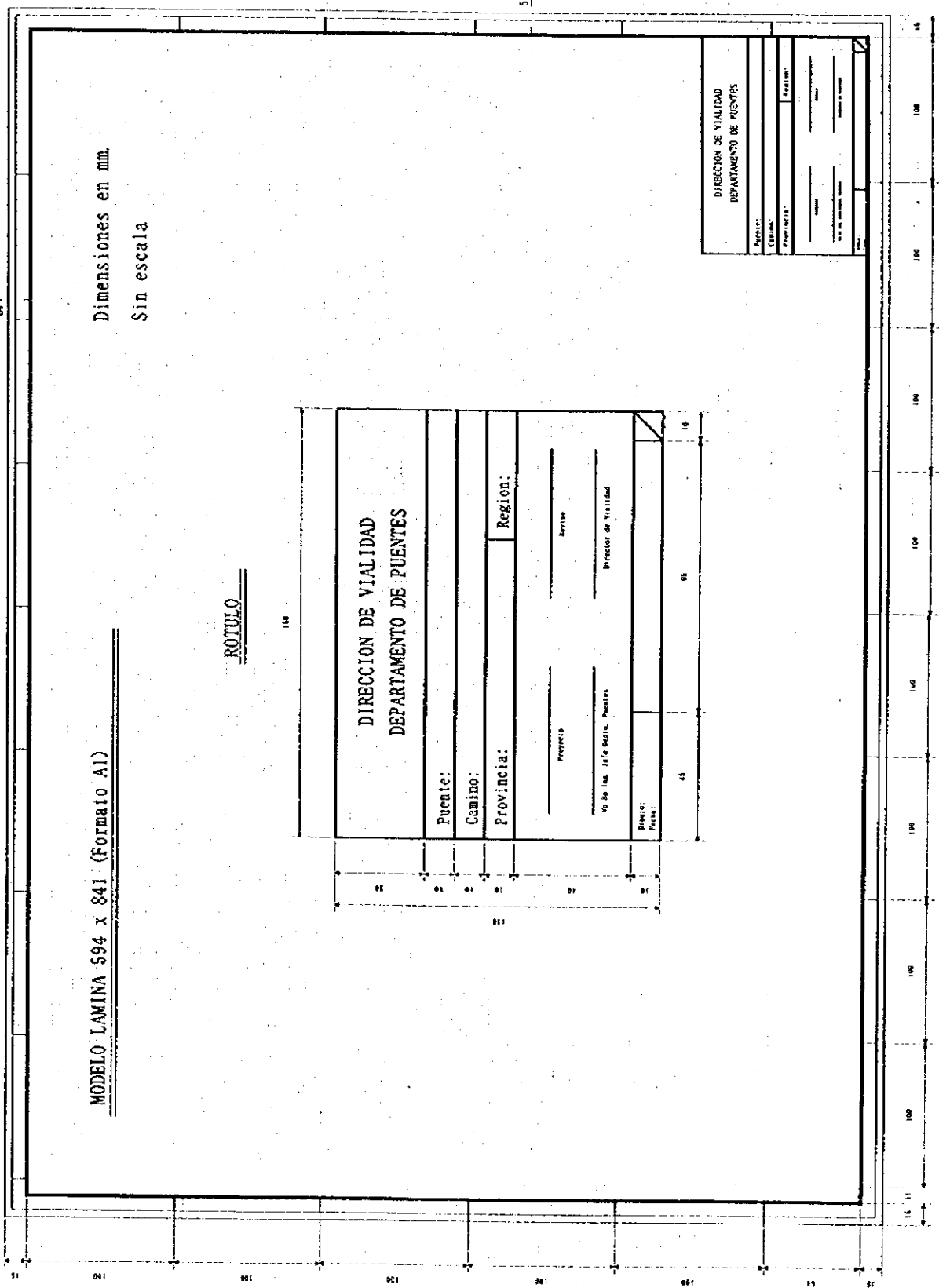
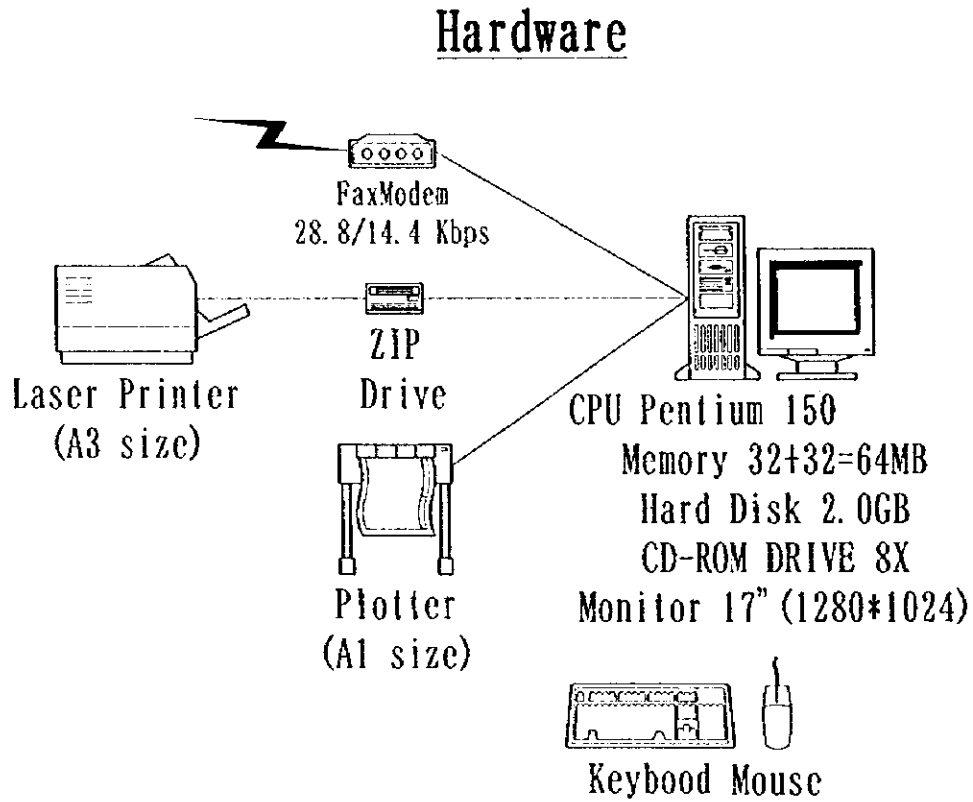


Figura 4.9 Tamaño del Plano y de los Títulos

4.5 HARDWARE Y SOFTWARE DEL COMPUTADOR



Software

- MS-Windows95
- MS-Visual Basic4.0 Edición Empresarial para Windows95 (CD-ROM)
- MS-Office PRO para Windows95 (Word, Excel, Access, etc) (CD-ROM)
- AutoCAD R13 para Windows95 (CD ROM)

Figura 4.10 Hardware y Software para el Programa CADD

4.6 PROGRAMA CADD DESARROLLADO

Los detalles del Programa CADD son explicados en el "Manual de Operación del Programa CADD". Una parte de la operación de ingreso se muestra en la Figura 4.11.

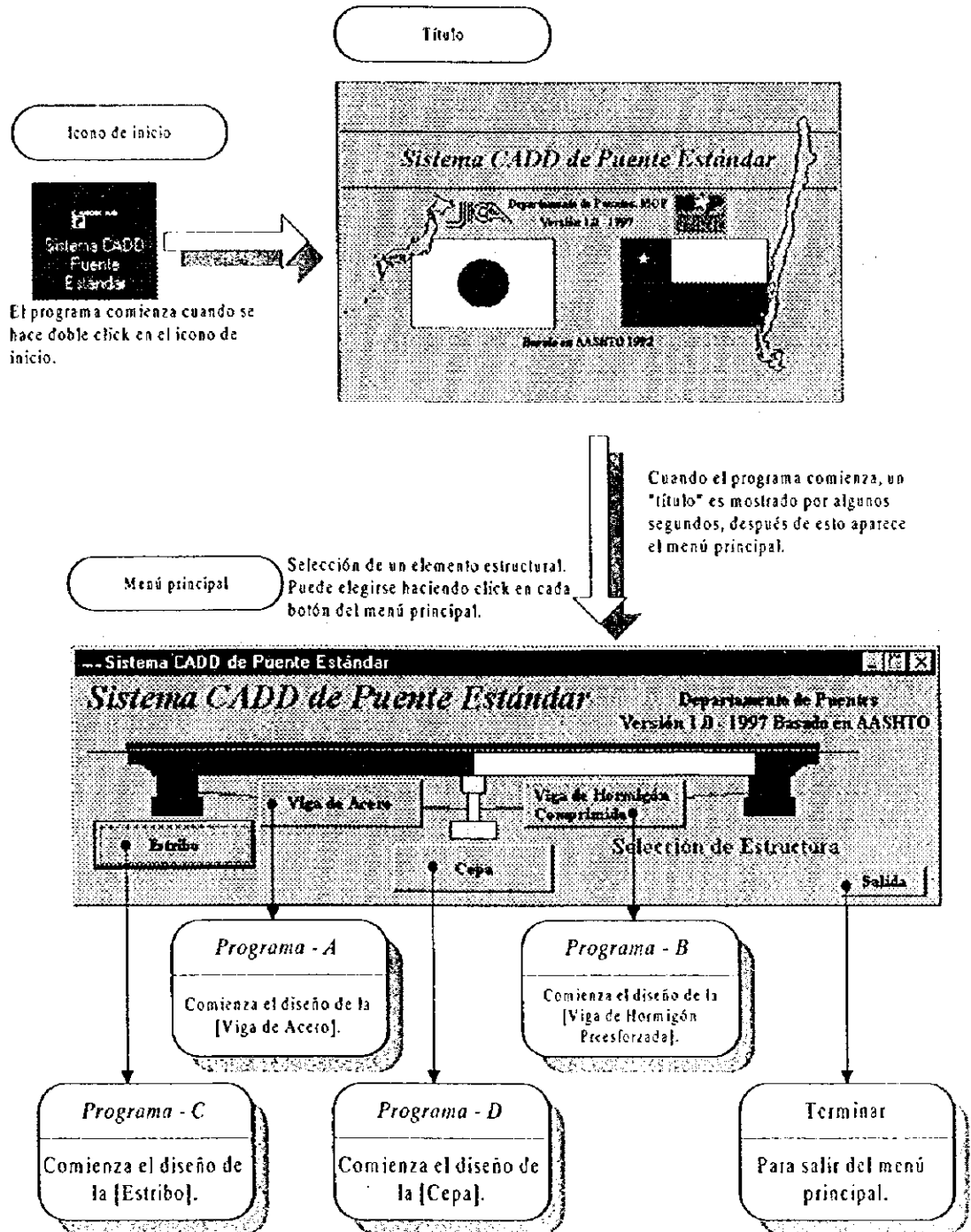


Figura 4.11 Operación de Ingreso al Programa CADD

4.7 PREPARACIÓN DE LOS PLANOS DEL PUENTE ESTÁNDAR

4.7.1 Condiciones de Diseño

(1) Método de Diseño: Tensiones Admisibles

(2) Cargas

1) Pesos Propios	Hormigón	: $W_c = 2,30 \text{ t/m}^3$
	Hormigón Armado	: $\gamma_c = 2,50 \text{ t/m}^3$
	Acero	: $\gamma = 7,85 \text{ t/m}^3$
	Pavimento	: $\gamma = 2,30 \text{ t/m}^3$
	Suelo	: $\gamma_s = 1,80 \text{ t/m}^3$

2) Fuerza Horizontal de la Baranda: $W_B = 0,050 \text{ t/m}$, $W_L = 0,020 \text{ t/m}$, $h = 1,100 \text{ m}$

3) Sobrecarga del Pasillo

$L_c \leq 7,6 \text{ m}$	$\rightarrow W_p = 0,415 \text{ t/m}^2$	L_c ; Luz del Tramo
$7,6 \text{ m} < L_c \leq 30,5 \text{ m}$	$\rightarrow W_p = 0,293 \text{ t/m}^2$	
$30,5 \text{ m} < L_c$		

$$W_p = \left(147 + \frac{4,464}{L_c} \right) \times \left(\frac{16,76 - (S_w - 0,25)}{15,24} \right) \times \frac{1}{1000}$$

* En caso de que $W_p > 0,293 \rightarrow W_p = 0,293 \text{ t/m}^2$ S_w ; Ancho del Pasillo

- 4) Sobrecarga : Camión HS20-44 (100%)
- 5) Viento : $W_v = 0,244 \text{ t/m}^2$
- 6) Sismos : $A = 0,15$; Categoría B, mediante el Método Espectral del Modo Único.

(3) Materiales

Losa de Hormigón	: H-30, $f_c' = 250 \text{ kg/cm}^2$, $E_c = 2,50 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
Viga de Hormigón	: H-40, $f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$, $E_c = 3,01 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
Acero Armadura	: A63-42H, $f_y = 4.200 \text{ kg/cm}^2$, $f_{sa} = 1.690 \text{ kg/cm}^2$, $E_s = 2,10 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
Recubrimiento	: 3,0 cm (Viga Lateral 2,5 cm)
Barra de Anclaje	: A44-28H, $f_y = 2.800 \text{ kg/cm}^2$, $f_s = 1.400 \text{ kg/cm}^2$
Acero	: A52-34ES, $f_y = 3.400 \text{ kg/cm}^2$, $f_{sa} = 1.870 \text{ kg/cm}^2$
Pernos	: ASTM A490, $f_{sa} = 1.400 \text{ kg/cm}^2$, $\phi = 22 \text{ mm}$
Cable PC	: 1-12.7 (Pretensado), 7-12.7 (Postensado)
	$f_{pu} = 18.980 \text{ kg/cm}^2$, $f_{py} = 16.100 \text{ kg/cm}^2$, $E_s = 1,97 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

4.7.2 Parámetros de Diseño para Puentes Estándar

Los siguientes parámetros de Diseño están adjuntados:

Tabla 4.3 Para vigas de acero – una pista

Tabla 4.4 Para vigas de acero – dos pistas

Tabla 4.5 Para vigas PV – una pista

Tabla 4.6 Para vigas PV – dos pistas

Después de las tablas se muestran algunos planos de ejemplo de un puente estándar. El juego completo de planos estándar está en el Volumen 8/8.

Tabla 4.4 Parámetros de Diseño de la Viga de Acero para Puentes de 2 - Pistas

(2 - Pistas)

INDICE	L ₁ (m)	L ₂ (m)	H/D	t _w	t _f	L _a	b _f	l _f	l _w	D _r	D _c	D _t	Viga				Alfosa				Empalme				P. A				T.M.D.R.				W/A	Rd(%)
													A. Arma	Principal	Horizontal	Vertical	Principal	Horizontal	Vertical	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical		
2-SRH-L.14-m4	14,500	14,000	0.800	14	14	14,800	300	16	300	16	300	16	12	13	14	4,200		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	81.03	15.243	
2-SRH-L.16-m4	16,500	16,000	0.800	14	14	10,600	300	16	300	16	300	16	12@125	13	14	4,200		15	16	17	18	19	20			131.60	47.36	10664.04	6001.63	190.07	24.033	84.94	17.364	
2-SRH-L.18-m4	18,100	18,000	0.800	14	14	12,000	300	16	300	16	300	16	12@125	13	14	4,200		15	16	17	18	19	20			150.40	53.21	12774.26	10098.13	189.76	24.592	88.16	19.489	
2-SRH-L.20-m4	20,600	20,000	0.900	16	16	13,200	350	18	350	18	300	18	12@125	13	14	4,200		15	16	17	18	19	20			169.20	59.12	14915.87	11194.62	189.35	24.985	108.21	22.082	
2-SRH-L.22-m4	22,600	22,000	0.900	16	16	14,600	350	18	350	18	300	18	12@125	13	14	4,200		15	16	17	18	19	20			188.00	65.78	20343.70	12398.03	188.48	25.267	113.02	24.353	
2-SRH-L.24-m4	24,600	24,000	1.000	18	18	15,800	350	20	350	20	300	17	12@125	13	14	4,200		15	16	17	18	19	20			206.80	71.70	23372.89	13556.74	189.08	25.473	127.44	26.945	
2-SRH-L.26-m3	26,600	26,000	1.300	10	10	17,200	400	20	440	36	20	20	16@175	17	18	3,200		19	20	21	22	23	24			225.60	77.95	28750.83	14672.94	188.24	25.618	107.74	28.843	
2-SRH-L.28-m3	28,600	28,000	1.400	10	10	18,400	400	20	460	36	20	20	16@175	17	18	3,200		19	20	21	22	23	24			263.20	87.10	25109.78	19245.02	220.95	34.298	105.95	42.003	
2-SRH-L.30-m3	30,700	30,000	1.500	10	10	19,800	400	20	500	35	20	20	16@175	17	18	3,200		19	20	21	22	23	24			282.00	93.55	31044.12	20639.53	220.63	34.398	110.00	45.316	
2-SRH-L.32-m3	32,700	32,000	1.600	10	10	17,400	460	20	520	35	20	20	16@175	17	18	3,200		19	20	21	22	23	24			300.80	100.32	34916.01	22098.84	220.29	34.467	116.14	48.490	
2-SRH-L.34-m3	34,700	34,000	1.700	10	10	18,400	400	20	560	34	20	20	16@175	17	18	3,200		19	20	21	22	23	24			319.60	106.81	38272.60	23478.19	219.81	34.511	119.75	51.710	
2-SRH-L.36-m3	36,700	36,000	1.800	10	10	19,400	400	21	600	33	20	20	16@175	17	18	3,200		19	20	21	22	23	24			338.40	113.27	41836.87	24872.60	219.59	34.538	123.63	55.005	
2-SRH-L.38-m3	38,700	38,000	1.800	10	10	4,100	360	11	520	26	14	14	16@175	17	18	3,200		19	20	21	22	23	24				119.70	26251.84	219.31	34.549	116.14	48.490		

Tabla 4.5 Parámetros de Diseño de la Viga de Hormigón PV para Puentes de 1- Pista

INDICE	L _v (m)		EL	A. Armas	Principal	H(m)	bt	bb	N _v	ST	Nd	XB	NB	NI	NS	N6	N7	CS	RBD	RBA	RBA	A.S.R	Vc	Wc	Wc/Vc	Y _s	W _s	W _s /N _v	Rd(1) Rd(2)
	1	2																											
1-PRE-L14 n4	14,000	14,600	170	φ12@125	4	1,500	400	150	170	7,000	17	2,100	9	2	0	8	7	70	φ12	φ22	φ22	φ22	29.1	4444	132.9	15.2	1995	127.1	13,150
1-PRE-L16 n4		0.300		φ12@175									7														769	50.5	15,021
1-PRE-L18 n4	18,000	18,600	170	φ12@125	4	1,500	400	150	170	8,000	19	2,800	11	2	2	8	7	70	φ12	φ22	φ22	φ22	33.0	4995	151.6	18.5	2202	119.0	15,337
1-PRE-L20 n4	20,000	20,700	170	φ12@125	4	1,500	400	150	170	9,000	21	3,500	13	2	4	8	7	70	φ12	φ22	φ22	φ22	36.8	5563	151.0	22.1	2631	119.2	17,588
1-PRE-L22 n4	22,000	22,700	170	φ12@125	4	1,500	400	150	170	10,000	23	4,200	15	2	6	8	7	70	φ12	φ22	φ22	φ22	40.9	6146	150.2	26.1	2949	113.1	20,047
1-PRE-L24 n4	24,000	24,700	170	φ12@125	4	1,500	400	150	170	11,000	25	5,000	17	2	8	8	7	70	φ12	φ22	φ22	φ22	44.8	6714	149.8	30.2	3436	113.7	22,503
1-PST-L24 n2	24,000	24,700	200	φ16@150	2	3,000	1,000	150	200	12,000	4			11													152	4.7	16,011
1-PST-L26 n2	26,000	26,700	200	φ16@150	2	3,000	1,000	150	200	12,000	4																1914	55.2	23,617
1-PST-L28 n2	28,000	28,700	200	φ16@150	2	3,000	1,000	150	200	12,000	4																3425	95.0	55,130
1-PST-L30 n2	30,000	30,800	200	φ16@150	2	3,000	1,000	150	200	12,000	5																1444	40.0	21,715
1-PST-L32 n2	32,000	32,800	200	φ16@150	2	3,000	1,000	150	200	12,000	6																4588	36.6	23,831
1-PST-L34 n2	34,000	34,800	200	φ16@150	2	3,000	1,000	150	200	12,000	6																2131	42.7	21,862
1-PST-L36 n2	36,000	36,800	200	φ16@150	2	3,000	1,000	150	200	12,000	7																5547	91.5	82,924
		0.400		φ12@125																							2792	46.0	21,888

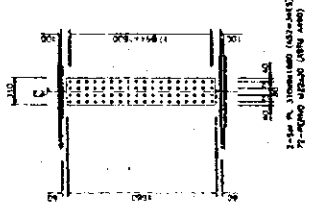
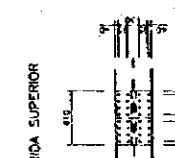
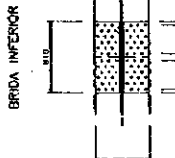
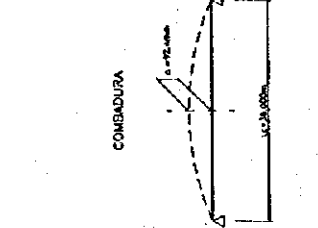
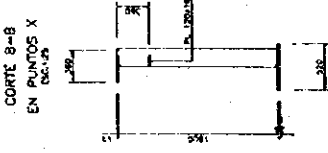
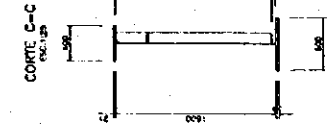
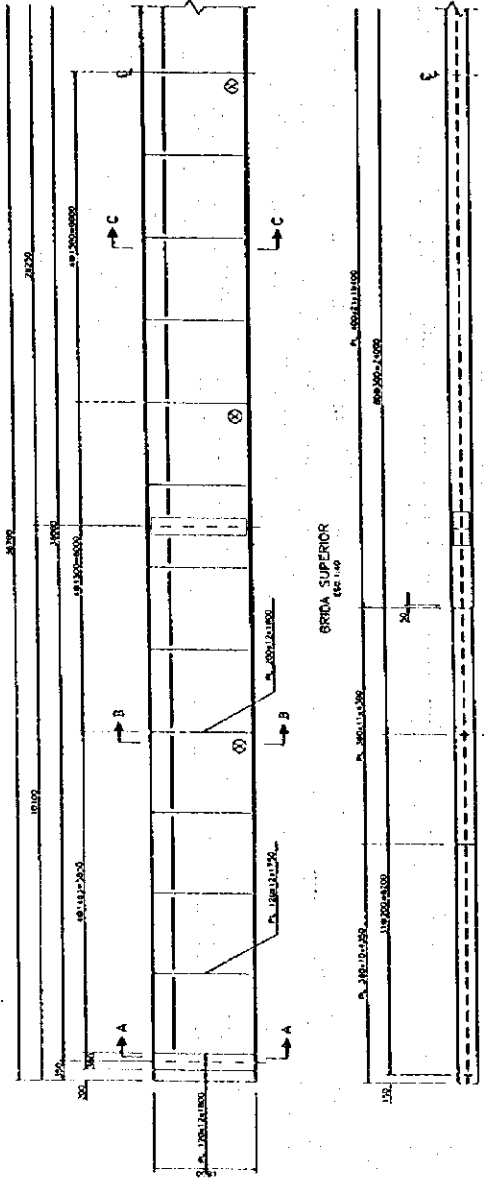
PRE: Pre-tensadas
PST: Post-tensadas

Tabla 4.6 Parámetros de Diseño de la Viga de Hormigón PV para Puentes de 2- Pistas

INDICE	Viga															V _a	W _c /V _c	W _a /W _f	W _v /W _n	R _{ELQ}																	
	L _c (m)	EL	A. Arma	Principal	H(m)	bt	tt	tb	bw	bk	tb	bb	N _c	ST	N ₆						N ₇	CS	R _{B3}	R _{B4}	R _{B5}	A.S.B.	V _c	W _c /V _c	W _a	W _f							
2-PRE-L1.8 m6	14,000	14,600	170 ϕ12@125	6	1,500	0,700	400	150	110	180	185	150	550	1	2,000	17	2,100	9	2	0	8	7	70	ϕ18	ϕ25	ϕ12@2	ϕ22@2	44.9	6752	150.4	22.9	3215	140.7	13,278			
2-PRE-L1.6 m6	16,000	16,600	170 ϕ12@125	6	1,500	0,800	400	150	110	180	185	150	550	1	3,000	19	3,100	11	2	2	8	7	70	ϕ16	ϕ25	ϕ12@2	ϕ22@2	50.9	7530	148.0	27.8	3532	127.2	15,337			
2-PRE-L1.8 m6	18,000	18,600	170 ϕ12@125	6	1,500	0,900	400	150	110	180	185	150	550	1	9,000	21	4,100	13	2	4	8	7	70	ϕ16	ϕ25	ϕ12@2	ϕ22@2	56.9	8397	147.5	33.1	4222	127.4	17,388			
2-PRE-L2.0 m6	20,000	20,700	170 ϕ12@125	6	1,500	1,000	400	150	110	180	185	150	550	1	10,000	23	5,100	15	2	6	8	7	70	ϕ16	ϕ22	ϕ12@2	ϕ22@2	63.2	9230	146.0	39.1	4614	118.0	20,047			
2-PRE-L2.2 m6	22,000	22,700	170 ϕ12@125	6	1,500	1,100	400	150	110	180	185	150	550	1	11,000	25	5,600	15	2	8	8	7	70	ϕ16	ϕ22	ϕ12@4	ϕ22@2	69.2	10097	145.9	45.3	5391	119.9	22,737			
2-PRE-L2.4 m6	24,000	24,700	170 ϕ12@125	6	1,500	1,200	400	150	110	180	185	150	550	1	12,000	27	6,300	15	2	8	8	7	70	ϕ16	ϕ22	ϕ12@4	ϕ22@2	75.2	10912	145.1	52.0	5877	113.0	25,205			
2-PST-L2.4 m4	24,000	24,700	170 ϕ16@150	4	2,250	1,600	1,000	150	150	200	250	250	500	1	12,000	4																					
2-PST-L2.6 m4	26,000	26,700	170 ϕ16@150	4	2,250	1,700	1,000	150	150	200	250	250	500	2	8,667	4																					
2-PST-L2.8 m4	28,000	28,700	170 ϕ16@150	4	2,250	1,800	1,000	150	150	200	250	250	500	2	9,333	4																					
2-PST-L3.0 m4	30,000	30,800	170 ϕ16@150	4	2,250	2,000	1,000	150	150	200	250	250	500	2	10,000	5																					
2-PST-L3.2 m4	32,000	32,800	170 ϕ16@150	4	2,250	2,100	1,000	150	150	200	250	250	500	2	10,666	5																					
2-PST-L3.4 m4	34,000	34,800	170 ϕ16@150	4	2,250	2,200	1,000	150	150	200	250	250	500	2	11,333	5																					
2-PST-L3.6 m4	36,000	36,800	170 ϕ16@150	4	2,250	2,300	1,000	150	150	200	250	250	500	2	12,000	6																					

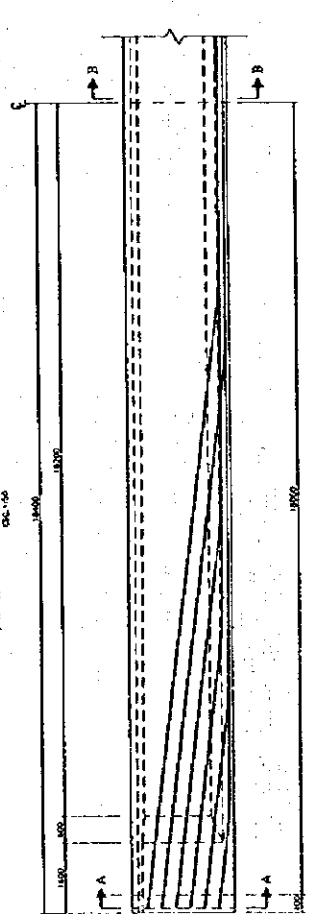
P&E : Preentadas
PST : Post-entadas

ELEVACION VIGA ACERO
T.C. 1:40

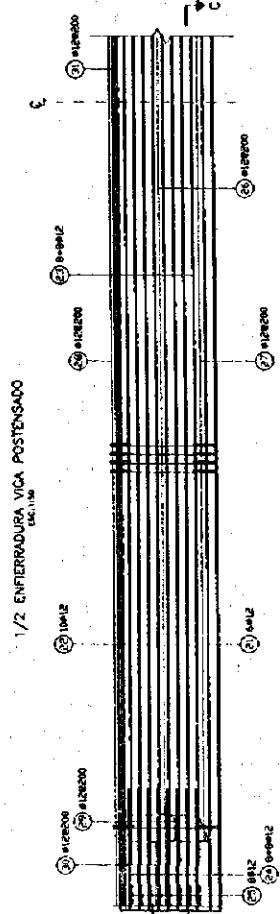


DIRECCION DE VIAJIDAD	
DEPARTAMENTO DE PUENTES	
Camión	2-SB-1.36, n.3
Provincia	
Region	
No. de Hoja: 47 de 50 Hojas No. de Hoja: 47 de 50 Hojas No. de Hoja: 47 de 50 Hojas	

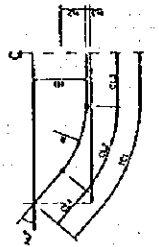
1/2 ELEVACION DE VIGA POSTENSADO
EX-116



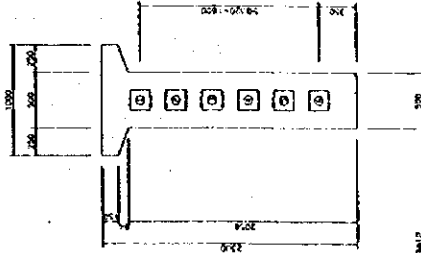
1/2 ENFIERRADURA VIGA POSTENSADO
EX-116



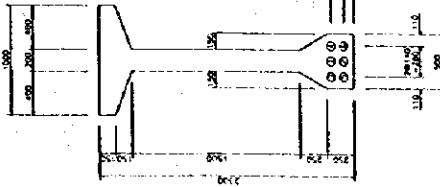
DI	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100



CORTE A-A
EX-116



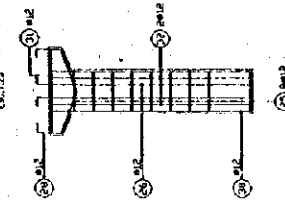
CORTE B-B
EX-116



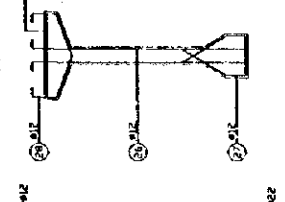
CORTE C-C
EX-116



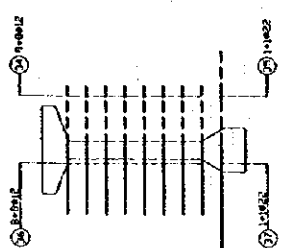
CORTE E-E
EX-116



CORTE F-F
EX-116



CORTE G-G
EX-116



DIRECCION DE VIALIDAD
DEPARTAMENTO DE PUENTES

Puentes: 2-PS-1.36.04

Campo: _____

Provincia: _____

Region: _____

Proyecto: _____

Para los años 2017 hasta 2020: _____

Proyecto de estudio: _____

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo del Estudio es el de asistir a Chile tecnológicamente en la rehabilitación de puentes rurales distribuidos por todo el país. El sistema de inventario desarrollado en el Estudio puede ser utilizado no sólo para puentes rurales sino que para todos los puentes en general.

Las conclusiones y recomendaciones de los tres temas principales del Estudio son descritos a continuación.

- Establecimiento de un método de rehabilitación de puentes
- Inspección Detallada de Puentes y preparación de los diseños de rehabilitación
- Desarrollo del sistema de puentes CADD y preparación de los planos del puente estándar.

5.1 PLAN DE REHABILITACIÓN DE LOS PUENTES

El plan de rehabilitación está compuesto de tres sistemas, denominados el sistema de inventario de puentes, el sistema de estimación de costos de rehabilitación, y el sistema de prioridades de rehabilitación. El plan del proyecto de inversiones para la rehabilitación fue preparado con la información recolectada de los tres sistemas.

(1) Sistema de inventario de puentes

Conclusiones

Fue propuesto un sistema de inventario de puentes computadorizado, siendo necesario obtener la situación actual de los puentes existentes, especialmente de los datos del inventario mantenidos por el MOP. Los datos del inventario incluyen la ubicación, tipo estructural, dimensiones, etc., de los puentes, siendo datos esenciales y fundamentales para la rehabilitación. Además de los datos del inventario de puentes, datos como los de población, ingresos y volúmenes de tránsito fueron recolectados como índices mediante los cuales la necesidad de un puente puede ser medida, y puede ser definida como parte del inventario de puentes en un sentido más amplio.

Recomendaciones

El sistema de inventario de puentes fue desarrollado como un sistema universal que puede ser aplicado a todos los tipos de puentes y no sólo como una herramienta para los datos que se aplican al plan de rehabilitación de puentes en este Estudio. Una de las ventajas de utilizar el sistema es que una vez que sea establecida una red que una a las organizaciones regionales y que en las oficinas centrales

del MOP se centralice los datos del inventario de puentes, el trabajo de mantenimiento de los puentes puede ser llevado a cabo efectivamente y el plan de rehabilitación puede ser preparado o cambiado rápidamente.

(2) Estimación de los costos de rehabilitación

Conclusiones

El método de rehabilitación (reparación o reconstrucción) fue juzgado de la combinación de datos del tipo de estructura de puente, escala (ancho y capacidad de carga), y el grado de daños que proviene de los datos del inventario. El costo de la rehabilitación fue calculado de acuerdo a los métodos seleccionados para la rehabilitación.

Recomendaciones

Los elementos que son considerados en el Estudio para la estimación de costos de cada puente son el ancho y la longitud del puente, a pesar de que el promedio de costos de construcción fue establecido para procesar muchos datos del puente. Por lo tanto, los datos tales como la ubicación para la reconstrucción, tipo de puente, longitud de tramos e información sobre los pilotes, etc., cuyos costos no se pueden calcular sino

hasta que el puente es planificado, no están incluidos. Como dato principal para la rehabilitación de los puentes (topografía horizontal en la dirección del río, calidad geológica de lecho del río, etc.) están incluidos en los datos del inventario, aunque no en detalle, siendo posible una estimación más precisa si otros datos tales como la ubicación para la reconstrucción, tipo de puente, longitud de tramos e información de los pilotes, son agregados a los del ancho y longitud del puente. Otros tipos de datos que puedan ser necesitados serán recomendados por el MOP.

(3) Juicio de la prioridad de rehabilitación

Conclusiones

En orden a establecer el sistema para juzgar la prioridad de rehabilitación, se definieron tres índices, que son: el índice económico (volumen de tránsito/costo de rehabilitación), índice de seguridad (grado de daños del puente), y el índice social (diferencias en el ingreso). Primero que nada se calcularon estos tres índices, obteniéndose luego el valor del índice total mediante la suma de los tres índices ponderados. A continuación, los puentes fueron asignados dentro de cada "sector de camino", y el máximo valor del índice total de todos los puentes que pertenecen a un mismo "sector de camino"

representa al conjunto. Una lista de costos de rehabilitación fue preparada mediante la disposición de los "tramos" desde el valor más alto de los índices, para cada región.

Recomendaciones

Los tres índices de evaluación mencionados anteriormente fueron recomendados sobre la base de que los conceptos fundamentales de seguridad y de consideraciones socioeconómicas deben realizarse en las inversiones públicas y no dando prioridad sólo a la factibilidad económica, especialmente si se considera las grandes cantidades de puentes en áreas rurales donde quizás la recuperación de la inversión sea baja. Estas recomendaciones están en conjunción con la política del MOP. En casos en donde hay un cambio en la situación de los puentes regionales, o donde se aplique a un puente típico, el MOP debe hacer las correcciones.

(4) Plan de inversión para la rehabilitación

Conclusiones

Los "tramos de caminos" (o puentes) están asignados dentro del programa de rehabilitación de cada año fiscal en orden de prioridad en la tabla de costos de rehabilitación. La asignación fue hecha de manera tal que el costo total de rehabilitación es aproximadamente el mismo cada año.

Recomendaciones

El período del proyecto de rehabilitación se supone de 10 años (primer y segunda fase de 5 años). El período de rehabilitación fue así establecido para que el MOP pudiera completar el proyecto de rehabilitación para cada año dentro de su presupuesto y organización. Fue estimado del volumen conjeturado de rehabilitación para todas las regiones basándose en los datos recolectados en la región modelo del estudio (IX), que 10 años serían suficientes para el período de rehabilitación. Se recomienda que después del primer período de 5 años sea examinado todo el plan de rehabilitación incluyendo los principios de rehabilitación sobre el análisis de las rehabilitaciones alcanzadas hasta entonces, puesto que 10 años es un período largo, y durante ese tiempo la situación económica y la demanda de tránsito en los caminos rurales podría cambiar.

5.2 DISEÑO DE REHABILITACIÓN DE LOS PUENTES

Conclusiones

Los diseños de rehabilitaciones de los puentes fueron preparados en orden a mostrar ejemplos de la tecnología actual que podrían ser útiles para cuando el MOP decida aplicar un método de rehabilitación basado en los resultados actuales de la inspección. El Equipo de Estudio seleccionó veinte puentes en conjunto con la contraparte del MOP y condujo una inspección y análisis del monto de los daños así como de los diseños para el método de rehabilitación.

Además de la inspección del puente mismo, se realizó un estudio ambiental para estimar el efecto que podría tener en los alrededores la aplicación de la rehabilitación de los puentes. Fue recomendado un método estandarizado y simplificado para el estudio ambiental, obviamente después de intercambiar opiniones con el equipo del Departamento Ambiental del MOP, sobre la necesidad y procedimiento del estudio ambiental para puentes rurales de pequeña escala.

Recomendaciones

Hasta la fecha no parece ser que muchos puentes hayan sido inspeccionados y reforzados en gran escala en Chile. Además, más dinero y esfuerzo han sido dispuestos para la reconstrucción más que para la reparación. De este modo, muchos puentes no han sido reconocidos en el inventario o mantenidos por un largo período. En orden a mantener los puentes sistemáticamente, es más importante descubrir los daños tan pronto como sea posible y hacer las reparaciones apropiadas sin demora. Se recomienda, por lo tanto, que intencional y activamente se mantengan y reparen los puentes dañados mediante el efectivo uso de los métodos de inspección propuestos por el Estudio.

A pesar de que la intención del MOP sea reemplazar los puentes de madera con estructuras más permanentes como las de hormigón o acero, el elemento tiempo debe ser considerado. Construir un puente de madera nuevo es difícil en estos días desde los puntos de vista económicos y ambientales, pero por otra parte aún está la ventaja de la fácil reparación; por lo tanto, el MOP debe mantener su tecnología sobre los puentes de madera y no descartarla.

Con respecto a la calidad del hormigón, se propone que el MOP haga un esfuerzo para mejorar la calidad de la implementación del hormigón. El problema de la calidad del hormigón no es un tema meramente de construcción en terreno. Si el problema no es adecuadamente tratado, Chile terminará con muchos puentes de hormigón de pobre calidad, consecuentemente aumentando el riesgo de deterioro de los puentes rurales en general. El comienzo del plan de rehabilitación es una oportunidad de presentar puentes de alta calidad para los futuros usuarios.

En orden a obtener los problemas ambientales que acompañan la rehabilitación de un puente, se recomienda comenzar con la Descripción de Proyecto y la Descripción del Emplazamiento o Sitio. Lo siguiente es una investigación, el examen ambiental inicial (EAI), que es realizada usando los formularios de inspección para consideraciones ambientales. En caso de que se reconozca un impacto ambiental obvio, se lleva a cabo la evaluación preliminar de impacto ambiental (EIA-Pre), en donde se consideran los métodos de mitigación de los impactos negativos más destacados causados por la rehabilitación. Procediendo con el estudio en el orden descrito anteriormente, es fácil comprender la existencia de los pocos problemas ambientales de los puentes pequeños y tomar las medidas para superarlos.

5.3 PROGRAMA CADD DE PUENTES ESTÁNDAR

Conclusiones

El programa CADD de puentes desarrollado en el Estudio está basado en las especificaciones AASHTO, las cuales son usualmente adoptadas por el MOP. Los tipos representativos de puentes a ser desarrollados así como también el hardware y software fueron seleccionados de acuerdo a los resultados de la investigación del diseño y construcción de puentes, y del uso de computadoras en Chile.

Los programas desarrollados son los siguientes;

Superestructura

- Viga pretensada de hormigón pre-comprimido (PC)
- Viga postensada (PC)
- Viga de acero laminada tipo H
- Viga armada de acero

Todas las vigas mencionadas son del tipo compuesta con la losa de hormigón.

Infraestructura

- Estribo tipo T invertida con fundación directa (dado de fundación).
- Cepa tipo muro con fundación directa (dado de fundación).

Los planos estándar fueron preparados mediante el uso del programa CADD para los puentes de una o dos pistas con longitudes de tramos de entre 14 y 36 m.

El programa CADD y los planos estándar pueden ser aplicados a puentes típicos con un alineamiento recto y una sección transversal simétrica, y no a puentes esviados o curvos.

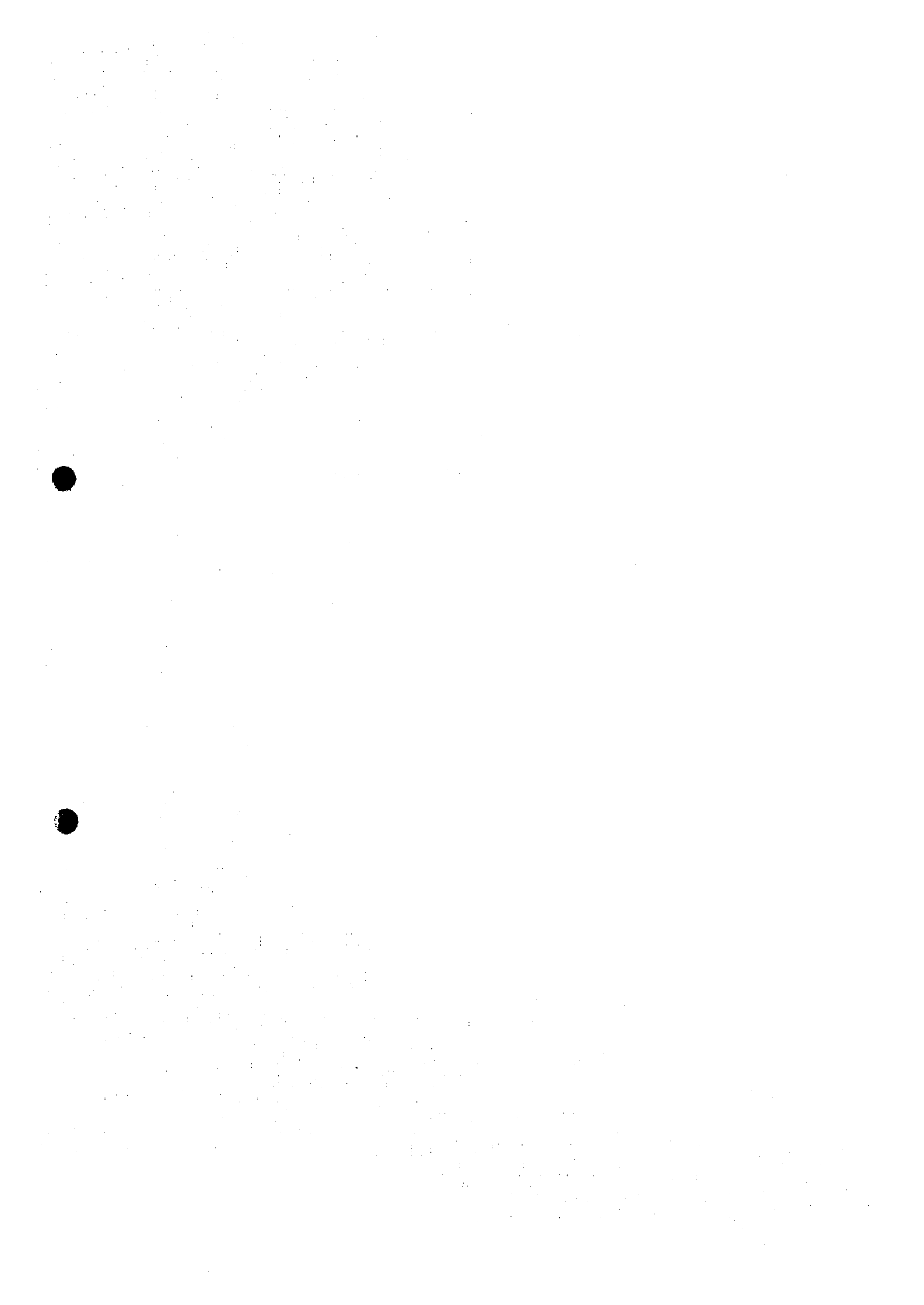
Debido al hecho que los estándares de la AASHTO no son específicos respecto de los pernos conectores de alta resistencia para vigas de acero o respecto de la ubicación de los cables de postensado, la tecnología de diseño que normalmente es aplicada en Japón fue interpuesta siguiendo las conversaciones sobre aspectos tecnológicos sostenidas con el MOP.

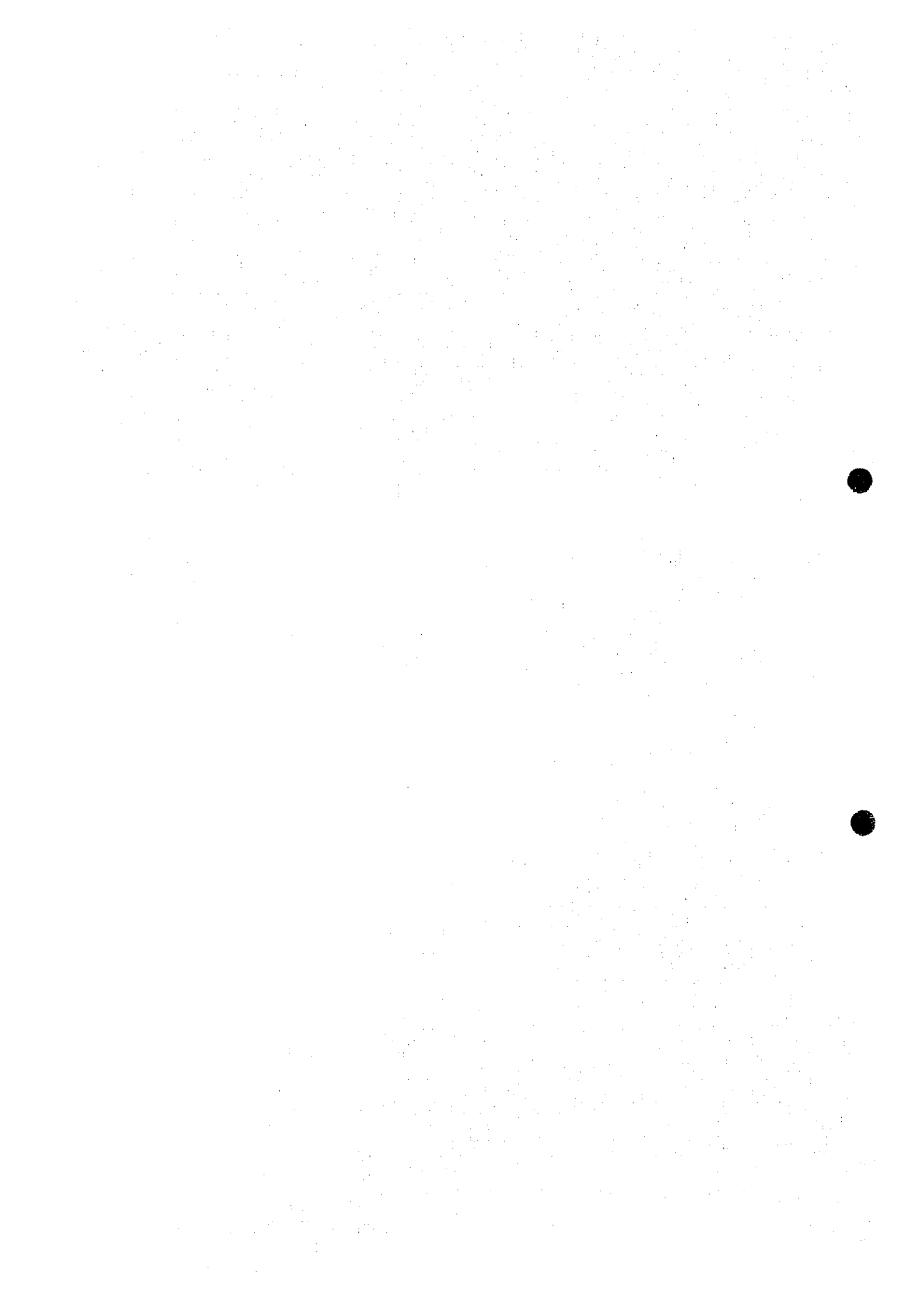
Recomendaciones

La verificación y el examen de los resultados del programa CÁDD así como la toma de las decisiones es de responsabilidad del usuario. Por lo tanto, el programa fue desarrollado de manera que el usuario pueda compilar los resultados de acuerdo a sus propósitos. Es posible usar el sistema fuera del alcance de sus especificaciones originales y extenderlas dependiendo de la capacidad creativa del diseñador.

Al realizar un programa de este tipo no es necesariamente ventajoso desarrollar cada uno de los detalles, en una era en que la tecnología de las computadoras progresa tan rápidamente, es así entonces como fueron utilizados softwares de aplicación existentes. En orden a mantener el mejor estado de las computadoras en el tiempo, se debe mantener en mente la renovación regular de nuevas versiones de software y hardware. Al mismo tiempo, el programa en si debe ser mantenido y mejorado para mantener la última versión de los estándares de diseño.

Se recomienda que el sistema sea ampliamente utilizado en el país. Para el personal técnico del MOP a cargo de la planificación de puentes, el uso básico recomendado del programa es para la estimación del tamaño aproximado del puente planeado. Mientras que, para los diseñadores ya sean del MOP de firmas privadas, el programa podría ser usado más en aplicaciones profesionales para la identificación de parámetros de diseño adecuados y para la preparación de los planos de diseño estructural dentro de la capacidad del programa.





JICA