

**ENTORNO GRÁFICO DE UN ENTRENADOR VIRTUAL DE
PRÓTESIS DE MANO**

ANEXOS



**JULIAN GARCÍA ORTIZ
DAVID ALEJANDRO VALLEJOS ORTIZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL
POPAYÁN, julio de 2009**

ENTORNO GRÁFICO DE UN ENTRENADOR VIRTUAL DE PRÓTESIS DE MANO

ANEXOS



**JULIAN GARCÍA ORTIZ
DAVID ALEJANDRO VALLEJOS ORTIZ**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingenieros en Automática Industrial**

**Director:
ING. ELENA MUÑOZ ESPAÑA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL
POPAYÁN, julio de 2009**

TABLA DE CONTENIDO

1	<i>ANEXO I: EJEMPLOS DE VALORES ARTICULARES SIMULADOS.</i>	1
1.1	AGARRE CILÍNDRICO.	1
1.2	AGARRE TIPO GANCHO.	4
1.3	AGARRE TIPO PUNTA.	8
2	<i>ANEXO II: DESARROLLO DE UNA INTERFAZ GRÁFICA MEDIANTE LOS PROGRAMAS GPS (GNAT Programming Studio), GtkAda y Glade.</i>	12
	REQUERIMIENTOS SOFTWARE.	13
2.1	DESARROLLO DEL PROYECTO.	13
2.1.1	CREACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA UTILIZANDO GLADE.	13
2.1.2	OBTENIENDO EL CÓDIGO EN LENGUAJE ADA DE LA INTERFAZ GRÁFICA DESARROLLADA EN GLADE.	21
2.1.3	CREACIÓN DEL PROYECTO EN GPS (GNAT Programming Studio) Y VINCULADO DE LOS ARCHIVOS DE LA LIBRERÍA GtkAda.	25
2.2	COMPILANDO, DEPURANDO Y EJECUTANDO EL PROYECTO MEDIANTE EL USO DE GNAT.	32
2.2.1	COMPILANDO y CREANDO EL ARCHIVO PRINCIPAL.	32
2.2.2	DEPURANDO LA APLICACIÓN.	34
3	<i>ANEXO III: DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN BASADA EN OPENGL ESCRITA EN LENGUAJE ADA.</i>	38
3.1	REQUERIMIENTOS SOFTWARE.	39
3.2	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.	39
3.3	DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO FUENTE DE LA APLICACIÓN.	48
3.3.1	Archivo Scenebamb.adb	48
3.3.2	Archivo Scenebamb_procs.adb	50

3.3.3	Archivo Scenebamb_procs.ads	53
4	<i>ANEXO IV: GUÍA DE USUARIO DEL ENTORNO GRÁFICO DE UN ENTRENADOR VIRTUAL DE PRÓTESIS DE MANO.</i>	54
4.1	VENTANA DE MODELO 3D.	55
4.2	VENTANA DE CONTROL DEL MODELO 3D.	56
4.3	TECLAS DE MÉTODO ABREVIADO PARA MANEJAR LA APLICACIÓN.	58
4.4	LA BARRA DE MENÚS.	59
4.4.1	EL MENÚ OPCIONES.	59
4.4.2	EL MENÚ VER.	60
4.5	PESTAÑA DE MODO MANUAL	61
4.6	PESTAÑA DE MODO AUTOMÁTICO	63
5	<i>ANEXO V: GLOSARIO.</i>	68
6	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	77

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 2.1 Contenido del archivo gate.bat.</i>	24
<i>Tabla 4.1 Teclas para controlar las articulaciones de los dedos de la mano 3D.</i>	58
<i>Tabla 4.2 Teclas para controlar los objetos y el color de fondo del entorno 3D.</i>	58

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1 Interfaz que se obtiene al finalizar el proyecto.</i>	12
<i>Figura 2.2 Ejecución de Glade desde el menú inicio de Windows.</i>	14
<i>Figura 2.3 Interfaz de Glade.</i>	14
<i>Figura 2.4 Ventana Palette de Glade.</i>	15
<i>Figura 2.5 Objeto Window1.</i>	15
<i>Figura 2.6 Objeto Horizontal Box incluido en Window1.</i>	16
<i>Figura 2.7 Objeto Vertical Button Box incluido en el objeto Horizontal Box.</i>	17
<i>Figura 2.8 botón GTK+ Additional.</i>	17
<i>Figura 2.9 Objeto Curve incluido al lado derecho del objeto Horizontal Box.</i>	18
<i>Figura 2.10 Procedimiento para observar el Árbol de Objetos.</i>	18
<i>Figura 2.11 Árbol de Objetos de Glade.</i>	19
<i>Figura 2.12 Opción Save del menú Project.</i>	19
<i>Figura 2.13 Ventana de creación y de opciones de un proyecto en Glade (Project Options).</i>	20
<i>Figura 2.14 Interfaz Grafica desarrollada en Glade (Ventana inferior derecha de la figura).</i>	20
<i>Figura 2.15 Ventana principal de Glade.</i>	21
<i>Figura 2.16 Archivos creados por el programa Glade "Cuando se guarda y construye el proyecto".</i>	21
<i>Figura 2.17 Ubicación del archivo gate.bat</i>	22
<i>Figura 2.18 Directorio del proyecto Ejemplo.</i>	23
<i>Figura 2.19 Clic derecho sobre el archivo gate.bat "Clic en la opción Editar"</i>	23
<i>Figura 2.20 Nuevos archivos creados al ejecutar gate.bat.</i>	25
<i>Figura 2.21 Ejecución de GPS desde el menú inicio de Windows.</i>	26
<i>Figura 2.22 Ventana de Bienvenida de GPS 4.0.2.</i>	26

Figura 2.23 Ventana de Selección de Tipo de Proyecto a Crear. _____	27
Figura 2.24 Ventana de ubicación y nombre del proyecto a crear. _____	27
Figura 2.25 Ventana de ubicación y nombre del proyecto a crear. _____	28
Figura 2.26 Exclusión de archivos fuente. _____	29
Figura 2.27 Adición de directorios fuente a nuestro proyecto. _____	30
Figura 2.28 Interfaz principal de GPS. _____	31
Figura 2.29 Despliegue del menú Build de GPS. _____	32
Figura 2.30 Ventana de Ejecución de Comandos de un Proyecto en GPS. _____	32
Figura 2.31 Ventana Run con la descripción del proceso desarrollado por GPS. _____	33
Figura 2.32 Ubicación del archivo ejecutable “window1.exe” creado por GPS. _____	34
Figura 2.33 Menú Debug de GPS. _____	35
Figura 2.34 Ventana Debugger Console de un Proyecto en GPS. _____	35
Figura 2.35 Debugger Console ubicado en la parte inferior derecha de la Interfaz de GPS. _____	36
Figura 2.36 Ejecución de window1.exe en modo de Depuración. _____	36
Figura 2.37 Debugger Console después de haber ingresado los comandos file... y start... _____	37
Figura 2.38 Botones de depuración de GPS. _____	37
Figura 2.39 Aplicación sin dimensionar (izquierda) – redimensionada (derecha). _____	37
Figura 3.1 Resultado que se obtiene al finalizar el proyecto. _____	38
Figura 3.2 Copia de dos archivos de la carpeta “demo” del motor Globe_3D. _____	40
Figura 3.3 Carpeta “scenebamb” creada en la carpeta del motor Globe_3D. _____	41
Figura 3.4 Pegado de los archivos “freeglut.dll” y “Globe_3D_GPS_Win32.gpr” _____	41
Figura 3.5 Abriendo “scenebamb” con un Wordpad. _____	42
Figura 3.6 Reemplazando el texto “Globe_3D_GPS_Win32” por “Scenebamb”. _____	43
Figura 3.7 Archivos adicionales creados en la carpeta Scenebamb. _____	44
Figura 3.8 Apertura del archivo “scenebamb.gpr” con GNAT Programming Studio _____	44
Figura 3.9 Removiendo los archivos de la pestaña “Main Files” _____	45
Figura 3.10 Adicionando scenebamb.adb en la pestaña de Main Files. _____	46
Figura 3.11 Compilación y construcción de la aplicación Scenebamb. _____	47
Figura 3.12 Mensaje de creación exitosa de “scenebamb.exe” _____	47
Figura 4.1 Aspecto visual del Entorno Gráfico. _____	55
Figura 4.2 Ventana del Modelo 3D de Prótesis de Mano. _____	56
Figura 4.3 Ventana de Control del Modelo 3D. _____	57
Figura 4.4 Menú Opciones _____	59
Figura 4.5 Selección del Intervalo de Tiempo de Simulación _____	59
Figura 4.6 Menú Ver. _____	60

<i>Figura 4.7 Submenú Tipo de Agarre.</i>	60
<i>Figura 4.8 Submenú Dimensión del Objeto.</i>	61
<i>Figura 4.9 Submenú Fondo del Entorno.</i>	61
<i>Figura 4.10 Pestaña de Modo Manual.</i>	62
<i>Figura 4.11 Pestaña de Modo Automático.</i>	63
<i>Figura 4.12 Archivo de listado de datos a simular.</i>	64
<i>Figura 4.13 Botón de selección del archivo a simular.</i>	64
<i>Figura 4.14 Ventana de selección del archivo de datos a simular.</i>	65
<i>Figura 4.15 Forma de cargar en la aplicación el archivo seleccionado.</i>	65
<i>Figura 4.16 Datos listados en la aplicación.</i>	66
<i>Figura 4.17 Botones Iniciar y Detener simulación.</i>	66
<i>Figura 4.18 Indicadores de tiempo y líneas simuladas.</i>	67
<i>Figura 4.19 Controles de rotación y perspectiva de la mano.</i>	67

1 ANEXO I: EJEMPLOS DE VALORES ARTICULARES SIMULADOS.

Los siguientes datos fueron desarrollados mediante la realización de diferentes pruebas en el software (entorno gráfico de un entrenador virtual de prótesis de mano) teniéndose en cuenta que fuesen acordes con datos reales de movimientos de las articulaciones de los dedos de la mano.

1.1 AGARRE CILÍNDRICO.

A continuación se muestra el listado de valores articulares empleados para desarrollar la simulación de un tipo de agarre cilíndrico sobre un objeto de tamaño mediano.

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00	0.00	0.00
1.00	0.92	0.37	1.00	0.92	0.37	90.00	0.92	0.37
2.00	1.83	0.73	2.00	1.83	0.73	90.00	1.83	0.73
3.00	2.75	1.10	3.00	2.75	1.10	90.00	2.75	1.10
4.00	3.67	1.47	4.00	3.67	1.47	90.00	3.67	1.47
5.00	4.59	1.83	5.00	4.59	1.83	90.00	4.59	1.83
6.00	5.50	2.20	6.00	5.50	2.20	90.00	5.50	2.20
7.00	6.42	2.57	7.00	6.42	2.57	90.00	6.42	2.57
8.00	7.34	2.94	8.00	7.34	2.94	90.00	7.34	2.94
9.00	8.26	3.30	9.00	8.26	3.30	90.00	8.26	3.30
10.00	9.17	3.67	10.00	9.17	3.67	90.00	9.17	3.67
11.00	10.09	4.04	11.00	10.09	4.04	90.00	10.09	4.04
12.00	11.01	4.40	12.00	11.01	4.40	90.00	11.01	4.40
13.00	11.93	4.77	13.00	11.93	4.77	90.00	11.93	4.77
14.00	12.84	5.14	14.00	12.84	5.14	90.00	12.84	5.14
15.00	13.76	5.50	15.00	13.76	5.50	90.00	13.76	5.50
16.00	14.68	5.87	16.00	14.68	5.87	90.00	14.68	5.87

17.00	15.60	6.24	17.00	15.60	6.24	90.00	15.60	6.24
18.00	16.51	6.61	18.00	16.51	6.61	90.00	16.51	6.61
19.00	17.43	6.97	19.00	17.43	6.97	90.00	17.43	6.97
20.00	18.35	7.34	20.00	18.35	7.34	90.00	18.35	7.34
21.00	19.27	7.71	21.00	19.27	7.71	90.00	19.27	7.71
22.00	20.18	8.07	22.00	20.18	8.07	90.00	20.18	8.07
23.00	21.10	8.44	23.00	21.10	8.44	90.00	21.10	8.44
24.00	22.02	8.81	24.00	22.02	8.81	90.00	22.02	8.81
25.00	22.94	9.17	25.00	22.94	9.17	90.00	22.94	9.17
26.00	23.85	9.54	26.00	23.85	9.54	90.00	23.85	9.54
27.00	24.77	9.91	27.00	24.77	9.91	90.00	24.77	9.91
28.00	25.69	10.28	28.00	25.69	10.28	90.00	25.69	10.28
29.00	26.61	10.64	29.00	26.61	10.64	90.00	26.61	10.64
30.00	27.52	11.01	30.00	27.52	11.01	90.00	27.52	11.01
31.00	28.44	11.38	31.00	28.44	11.38	90.00	28.44	11.38
32.00	29.36	11.74	32.00	29.36	11.74	90.00	29.36	11.74
33.00	30.28	12.11	33.00	30.28	12.11	90.00	30.28	12.11
34.00	31.19	12.48	34.00	31.19	12.48	90.00	31.19	12.48
35.00	32.11	12.84	35.00	32.11	12.84	90.00	32.11	12.84
36.00	33.03	13.21	36.00	33.03	13.21	90.00	33.03	13.21
37.00	33.94	13.58	37.00	33.94	13.58	90.00	33.94	13.58
38.00	34.86	13.94	38.00	34.86	13.94	90.00	34.86	13.94
39.00	35.78	14.31	39.00	35.78	14.31	90.00	35.78	14.31
40.00	36.70	14.68	40.00	36.70	14.68	90.00	36.70	14.68
41.00	37.61	15.05	41.00	37.61	15.05	90.00	37.61	15.05
42.00	38.53	15.41	42.00	38.53	15.41	90.00	38.53	15.41
43.00	39.45	15.78	43.00	39.45	15.78	90.00	39.45	15.78
44.00	40.37	16.15	44.00	40.37	16.15	90.00	40.37	16.15
45.00	41.28	16.51	45.00	41.28	16.51	90.00	41.28	16.51
46.00	42.20	16.88	46.00	42.20	16.88	90.00	42.20	16.88
47.00	43.12	17.25	47.00	43.12	17.25	90.00	43.12	17.25
48.00	44.04	17.61	48.00	44.04	17.61	90.00	44.04	17.61
49.00	44.95	17.98	49.00	44.95	17.98	90.00	44.95	17.98

50.00	45.87	18.35	50.00	45.87	18.35	90.00	45.87	18.35
51.00	46.79	18.72	51.00	46.79	18.72	90.00	46.79	18.72
52.00	47.71	19.08	52.00	47.71	19.08	90.00	47.71	19.08
53.00	48.62	19.45	53.00	48.62	19.45	90.00	48.62	19.45
54.00	49.54	19.82	54.00	49.54	19.82	90.00	49.54	19.82
55.00	50.46	20.18	55.00	50.46	20.18	90.00	50.46	20.18
56.00	51.38	20.55	56.00	51.38	20.55	90.00	51.38	20.55
57.00	52.29	20.92	57.00	52.29	20.92	90.00	52.29	20.92
58.00	53.21	21.28	58.00	53.21	21.28	90.00	53.21	21.28
59.00	54.13	21.65	59.00	54.13	21.65	90.00	54.13	21.65
60.00	55.05	22.02	60.00	55.05	22.02	90.00	55.05	22.02
61.00	55.96	22.39	61.00	55.96	22.39	90.00	55.96	22.39
62.00	56.88	22.75	62.00	56.88	22.75	90.00	56.88	22.75
63.00	57.80	23.12	63.00	57.80	23.12	90.00	57.80	23.12
64.00	58.72	23.49	64.00	58.72	23.49	90.00	58.72	23.49
65.00	59.63	23.85	65.00	59.63	23.85	90.00	59.63	23.85
66.00	60.55	24.22	66.00	60.55	24.22	90.00	60.55	24.22
67.00	61.47	24.59	67.00	61.47	24.59	90.00	61.47	24.59
68.00	62.39	24.95	68.00	62.39	24.95	90.00	62.39	24.95
69.00	63.30	25.32	69.00	63.30	25.32	90.00	63.30	25.32
70.00	64.22	25.69	70.00	64.22	25.69	90.00	64.22	25.69
71.00	65.14	26.06	71.00	65.14	26.06	90.00	65.14	26.06
72.00	66.06	26.42	72.00	66.06	26.42	90.00	66.06	26.42
73.00	66.97	26.79	73.00	66.97	26.79	90.00	66.97	26.79
74.00	67.89	27.16	74.00	67.89	27.16	90.00	67.89	27.16
75.00	68.81	27.52	75.00	68.81	27.52	90.00	68.81	27.52
76.00	69.72	27.89	76.00	69.72	27.89	90.00	69.72	27.89
77.00	70.64	28.26	77.00	70.64	28.26	90.00	70.64	28.26
78.00	71.56	28.62	78.00	71.56	28.62	90.00	71.56	28.62
79.00	72.48	28.99	79.00	72.48	28.99	90.00	72.48	28.99
80.00	73.39	29.36	80.00	73.39	29.36	90.00	73.39	29.36
81.00	74.31	29.72	81.00	74.31	29.72	90.00	74.31	29.72
82.00	75.23	30.09	82.00	75.23	30.09	90.00	75.23	30.09

83.00	76.15	30.46	83.00	76.15	30.46	90.00	76.15	30.46
84.00	77.06	30.83	84.00	77.06	30.83	90.00	77.06	30.83
85.00	77.98	31.19	85.00	77.98	31.19	90.00	77.98	31.19
86.00	78.90	31.56	86.00	78.90	31.56	90.00	78.90	31.56
87.00	79.82	31.93	87.00	79.82	31.93	90.00	79.82	31.93
88.00	80.73	32.29	88.00	80.73	32.29	90.00	80.73	32.29
89.00	81.65	32.66	89.00	81.65	32.66	90.00	81.65	32.66
90.00	82.57	33.03	90.00	82.57	33.03	90.00	82.57	33.03
91.00	83.49	33.39	91.00	83.49	33.39	90.00	83.49	33.39
92.00	84.40	33.76	92.00	84.40	33.76	90.00	84.40	33.76
93.00	85.32	34.13	93.00	85.32	34.13	90.00	85.32	34.13
94.00	86.24	34.50	94.00	86.24	34.50	90.00	86.24	34.50
95.00	87.16	34.86	95.00	87.16	34.86	90.00	87.16	34.86
96.00	88.07	35.23	96.00	88.07	35.23	90.00	88.07	35.23
97.00	88.99	35.60	97.00	88.99	35.60	90.00	88.99	35.60
98.00	89.91	35.96	98.00	89.91	35.96	90.00	89.91	35.96
99.00	90.83	36.33	99.00	90.83	36.33	90.00	90.83	36.33
100.00	91.74	36.70	100.00	91.74	36.70	90.00	91.74	36.70
101.00	92.66	37.06	101.00	92.66	37.06	90.00	92.66	37.06
102.00	93.58	37.43	102.00	93.58	37.43	90.00	93.58	37.43
103.00	94.50	37.80	103.00	94.50	37.80	90.00	94.50	37.80
104.00	95.41	38.17	104.00	95.41	38.17	90.00	95.41	38.17
105.00	96.33	38.53	105.00	96.33	38.53	90.00	96.33	38.53
106.00	97.25	38.90	106.00	97.25	38.90	90.00	97.25	38.90
107.00	98.17	39.27	107.00	98.17	39.27	90.00	98.17	39.27
108.00	99.08	39.63	108.00	99.08	39.63	90.00	99.08	39.63
109.00	100.00	40.00	109.00	100.00	40.00	90.00	100.00	40.00

1.2 AGARRE TIPO GANCHO.

A continuación se muestra el listado de valores articulares empleados para desarrollar la simulación de un agarre tipo gancho sobre un objeto de mediano tamaño.

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.66	0.93	0.35	0.60	0.94	0.25	0.00	0.00	0.00
1.32	1.85	0.70	1.19	1.87	0.50	0.00	0.00	0.00
1.98	2.78	1.05	1.79	2.81	0.74	0.00	0.00	0.00
2.64	3.71	1.39	2.39	3.74	0.99	0.00	0.00	0.00
3.30	4.63	1.74	2.98	4.68	1.24	0.00	0.00	0.00
3.96	5.56	2.09	3.58	5.61	1.49	0.00	0.00	0.00
4.62	6.49	2.44	4.17	6.55	1.73	0.00	0.00	0.00
5.28	7.41	2.79	4.77	7.49	1.98	0.00	0.00	0.00
5.94	8.34	3.14	5.37	8.42	2.23	0.00	0.00	0.00
6.61	9.27	3.49	5.96	9.36	2.48	0.00	0.00	0.00
7.27	10.19	3.83	6.56	10.29	2.72	0.00	0.00	0.00
7.93	11.12	4.18	7.16	11.23	2.97	0.00	0.00	0.00
8.59	12.05	4.53	7.75	12.17	3.22	0.00	0.00	0.00
9.25	12.97	4.88	8.35	13.10	3.47	0.00	0.00	0.00
9.91	13.90	5.23	8.94	14.04	3.72	0.00	0.00	0.00
10.57	14.83	5.58	9.54	14.97	3.96	0.00	0.00	0.00
11.23	15.75	5.93	10.14	15.91	4.21	0.00	0.00	0.00
11.89	16.68	6.28	10.73	16.84	4.46	0.00	0.00	0.00
12.55	17.61	6.62	11.33	17.78	4.71	0.00	0.00	0.00
13.21	18.53	6.97	11.93	18.72	4.95	0.00	0.00	0.00
13.87	19.46	7.32	12.52	19.65	5.20	0.00	0.00	0.00
14.53	20.39	7.67	13.12	20.59	5.45	0.00	0.00	0.00
15.19	21.31	8.02	13.72	21.52	5.70	0.00	0.00	0.00
15.85	22.24	8.37	14.31	22.46	5.94	0.00	0.00	0.00
16.51	23.17	8.72	14.91	23.39	6.19	0.00	0.00	0.00
17.17	24.09	9.06	15.50	24.33	6.44	0.00	0.00	0.00
17.83	25.02	9.41	16.10	25.27	6.69	0.00	0.00	0.00
18.50	25.94	9.76	16.70	26.20	6.94	0.00	0.00	0.00
19.16	26.87	10.11	17.29	27.14	7.18	0.00	0.00	0.00
19.82	27.80	10.46	17.89	28.07	7.43	0.00	0.00	0.00
20.48	28.72	10.81	18.49	29.01	7.68	0.00	0.00	0.00

21.14	29.65	11.16	19.08	29.94	7.93	0.00	0.00	0.00
21.80	30.58	11.50	19.68	30.88	8.17	0.00	0.00	0.00
22.46	31.50	11.85	20.28	31.82	8.42	0.00	0.00	0.00
23.12	32.43	12.20	20.87	32.75	8.67	0.00	0.00	0.00
23.78	33.36	12.55	21.47	33.69	8.92	0.00	0.00	0.00
24.44	34.28	12.90	22.06	34.62	9.17	0.00	0.00	0.00
25.10	35.21	13.25	22.66	35.56	9.41	0.00	0.00	0.00
25.76	36.14	13.60	23.26	36.50	9.66	0.00	0.00	0.00
26.42	37.06	13.94	23.85	37.43	9.91	0.00	0.00	0.00
27.08	37.99	14.29	24.45	38.37	10.16	0.00	0.00	0.00
27.74	38.92	14.64	25.05	39.30	10.40	0.00	0.00	0.00
28.40	39.84	14.99	25.64	40.24	10.65	0.00	0.00	0.00
29.06	40.77	15.34	26.24	41.17	10.90	0.00	0.00	0.00
29.72	41.70	15.69	26.83	42.11	11.15	0.00	0.00	0.00
30.39	42.62	16.04	27.43	43.05	11.39	0.00	0.00	0.00
31.05	43.55	16.39	28.03	43.98	11.64	0.00	0.00	0.00
31.71	44.48	16.73	28.62	44.92	11.89	0.00	0.00	0.00
32.37	45.40	17.08	29.22	45.85	12.14	0.00	0.00	0.00
33.03	46.33	17.43	29.82	46.79	12.39	0.00	0.00	0.00
33.69	47.26	17.78	30.41	47.72	12.63	0.00	0.00	0.00
34.35	48.18	18.13	31.01	48.66	12.88	0.00	0.00	0.00
35.01	49.11	18.48	31.61	49.60	13.13	0.00	0.00	0.00
35.67	50.04	18.83	32.20	50.53	13.38	0.00	0.00	0.00
36.33	50.96	19.17	32.80	51.47	13.62	0.00	0.00	0.00
36.99	51.89	19.52	33.39	52.40	13.87	0.00	0.00	0.00
37.65	52.82	19.87	33.99	53.34	14.12	0.00	0.00	0.00
38.31	53.74	20.22	34.59	54.28	14.37	0.00	0.00	0.00
38.97	54.67	20.57	35.18	55.21	14.61	0.00	0.00	0.00
39.63	55.60	20.92	35.78	56.15	14.86	0.00	0.00	0.00
40.29	56.52	21.27	36.38	57.08	15.11	0.00	0.00	0.00
40.95	57.45	21.61	36.97	58.02	15.36	0.00	0.00	0.00
41.61	58.38	21.96	37.57	58.95	15.61	0.00	0.00	0.00
42.28	59.30	22.31	38.17	59.89	15.85	0.00	0.00	0.00

42.94	60.23	22.66	38.76	60.83	16.10	0.00	0.00	0.00
43.60	61.16	23.01	39.36	61.76	16.35	0.00	0.00	0.00
44.26	62.08	23.36	39.95	62.70	16.60	0.00	0.00	0.00
44.92	63.01	23.71	40.55	63.63	16.84	0.00	0.00	0.00
45.58	63.94	24.06	41.15	64.57	17.09	0.00	0.00	0.00
46.24	64.86	24.40	41.74	65.50	17.34	0.00	0.00	0.00
46.90	65.79	24.75	42.34	66.44	17.59	0.00	0.00	0.00
47.56	66.72	25.10	42.94	67.38	17.83	0.00	0.00	0.00
48.22	67.64	25.45	43.53	68.31	18.08	0.00	0.00	0.00
48.88	68.57	25.80	44.13	69.25	18.33	0.00	0.00	0.00
49.54	69.50	26.15	44.72	70.18	18.58	0.00	0.00	0.00
50.20	70.42	26.50	45.32	71.12	18.83	0.00	0.00	0.00
50.86	71.35	26.84	45.92	72.06	19.07	0.00	0.00	0.00
51.52	72.28	27.19	46.51	72.99	19.32	0.00	0.00	0.00
52.18	73.20	27.54	47.11	73.93	19.57	0.00	0.00	0.00
52.84	74.13	27.89	47.71	74.86	19.82	0.00	0.00	0.00
53.50	75.06	28.24	48.30	75.80	20.06	0.00	0.00	0.00
54.17	75.98	28.59	48.90	76.73	20.31	0.00	0.00	0.00
54.83	76.91	28.94	49.50	77.67	20.56	0.00	0.00	0.00
55.49	77.83	29.28	50.09	78.61	20.81	0.00	0.00	0.00
56.15	78.76	29.63	50.69	79.54	21.06	0.00	0.00	0.00
56.81	79.69	29.98	51.28	80.48	21.30	0.00	0.00	0.00
57.47	80.61	30.33	51.88	81.41	21.55	0.00	0.00	0.00
58.13	81.54	30.68	52.48	82.35	21.80	0.00	0.00	0.00
58.79	82.47	31.03	53.07	83.28	22.05	0.00	0.00	0.00
59.45	83.39	31.38	53.67	84.22	22.29	0.00	0.00	0.00
60.11	84.32	31.72	54.27	85.16	22.54	0.00	0.00	0.00
60.77	85.25	32.07	54.86	86.09	22.79	0.00	0.00	0.00
61.43	86.17	32.42	55.46	87.03	23.04	0.00	0.00	0.00
62.09	87.10	32.77	56.06	87.96	23.28	0.00	0.00	0.00
62.75	88.03	33.12	56.65	88.90	23.53	0.00	0.00	0.00
63.41	88.95	33.47	57.25	89.83	23.78	0.00	0.00	0.00
64.07	89.88	33.82	57.84	90.77	24.03	0.00	0.00	0.00

64.73	90.81	34.17	58.44	91.71	24.28	0.00	0.00	0.00
65.39	91.73	34.51	59.04	92.64	24.52	0.00	0.00	0.00
66.06	92.66	34.86	59.63	93.58	24.77	0.00	0.00	0.00
66.72	93.59	35.21	60.23	94.51	25.02	0.00	0.00	0.00
67.38	94.51	35.56	60.83	95.45	25.27	0.00	0.00	0.00
68.04	95.44	35.91	61.42	96.39	25.51	0.00	0.00	0.00
68.70	96.37	36.26	62.02	97.32	25.76	0.00	0.00	0.00
69.36	97.29	36.61	62.61	98.26	26.01	0.00	0.00	0.00
70.02	98.22	36.95	63.21	99.19	26.26	0.00	0.00	0.00
70.68	99.15	37.30	63.81	100.13	26.50	0.00	0.00	0.00
71.34	100.07	37.65	64.40	101.06	26.75	0.00	0.00	0.00
72.00	101.00	38.00	65.00	102.00	27.00	0.00	0.00	0.00

1.3 AGARRE TIPO PUNTA.

A continuación se muestra el listado de valores articulares empleados para desarrollar la simulación de un agarre tipo punta sobre un objeto pequeño.

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.31	0.80	0.00	0.28	0.47	0.43	0.73	0.14	0.24
0.62	1.60	0.00	0.55	0.94	0.86	1.47	0.28	0.48
0.94	2.39	0.00	0.83	1.40	1.29	2.20	0.41	0.72
1.25	3.19	0.00	1.10	1.87	1.72	2.94	0.55	0.95
1.56	3.99	0.00	1.38	2.34	2.16	3.67	0.69	1.19
1.87	4.79	0.00	1.65	2.81	2.59	4.40	0.83	1.43
2.18	5.59	0.00	1.93	3.28	3.02	5.14	0.96	1.67
2.50	6.39	0.00	2.20	3.74	3.45	5.87	1.10	1.91
2.81	7.18	0.00	2.48	4.21	3.88	6.61	1.24	2.15
3.12	7.98	0.00	2.75	4.68	4.31	7.34	1.38	2.39
3.43	8.78	0.00	3.03	5.15	4.74	8.07	1.51	2.62
3.74	9.58	0.00	3.30	5.61	5.17	8.81	1.65	2.86
4.06	10.38	0.00	3.58	6.08	5.61	9.54	1.79	3.10

4.37	11.17	0.00	3.85	6.55	6.04	10.28	1.93	3.34
4.68	11.97	0.00	4.13	7.02	6.47	11.01	2.06	3.58
4.99	12.77	0.00	4.40	7.49	6.90	11.74	2.20	3.82
5.30	13.57	0.00	4.68	7.95	7.33	12.48	2.34	4.06
5.61	14.37	0.00	4.95	8.42	7.76	13.21	2.48	4.29
5.93	15.17	0.00	5.23	8.89	8.19	13.94	2.61	4.53
6.24	15.96	0.00	5.50	9.36	8.62	14.68	2.75	4.77
6.55	16.76	0.00	5.78	9.83	9.06	15.41	2.89	5.01
6.86	17.56	0.00	6.06	10.29	9.49	16.15	3.03	5.25
7.17	18.36	0.00	6.33	10.76	9.92	16.88	3.17	5.49
7.49	19.16	0.00	6.61	11.23	10.35	17.61	3.30	5.72
7.80	19.95	0.00	6.88	11.70	10.78	18.35	3.44	5.96
8.11	20.75	0.00	7.16	12.17	11.21	19.08	3.58	6.20
8.42	21.55	0.00	7.43	12.63	11.64	19.82	3.72	6.44
8.73	22.35	0.00	7.71	13.10	12.07	20.55	3.85	6.68
9.05	23.15	0.00	7.98	13.57	12.50	21.28	3.99	6.92
9.36	23.94	0.00	8.26	14.04	12.94	22.02	4.13	7.16
9.67	24.74	0.00	8.53	14.50	13.37	22.75	4.27	7.39
9.98	25.54	0.00	8.81	14.97	13.80	23.49	4.40	7.63
10.29	26.34	0.00	9.08	15.44	14.23	24.22	4.54	7.87
10.61	27.14	0.00	9.36	15.91	14.66	24.95	4.68	8.11
10.92	27.94	0.00	9.63	16.38	15.09	25.69	4.82	8.35
11.23	28.73	0.00	9.91	16.84	15.52	26.42	4.95	8.59
11.54	29.53	0.00	10.18	17.31	15.95	27.16	5.09	8.83
11.85	30.33	0.00	10.46	17.78	16.39	27.89	5.23	9.06
12.17	31.13	0.00	10.73	18.25	16.82	28.62	5.37	9.30
12.48	31.93	0.00	11.01	18.72	17.25	29.36	5.50	9.54
12.79	32.72	0.00	11.28	19.18	17.68	30.09	5.64	9.78
13.10	33.52	0.00	11.56	19.65	18.11	30.83	5.78	10.02
13.41	34.32	0.00	11.83	20.12	18.54	31.56	5.92	10.26
13.72	35.12	0.00	12.11	20.59	18.97	32.29	6.06	10.50
14.04	35.92	0.00	12.39	21.06	19.40	33.03	6.19	10.73
14.35	36.72	0.00	12.66	21.52	19.83	33.76	6.33	10.97

14.66	37.51	0.00	12.94	21.99	20.27	34.50	6.47	11.21
14.97	38.31	0.00	13.21	22.46	20.70	35.23	6.61	11.45
15.28	39.11	0.00	13.49	22.93	21.13	35.96	6.74	11.69
15.60	39.91	0.00	13.76	23.39	21.56	36.70	6.88	11.93
15.91	40.71	0.00	14.04	23.86	21.99	37.43	7.02	12.17
16.22	41.50	0.00	14.31	24.33	22.42	38.17	7.16	12.40
16.53	42.30	0.00	14.59	24.80	22.85	38.90	7.29	12.64
16.84	43.10	0.00	14.86	25.27	23.28	39.63	7.43	12.88
17.16	43.90	0.00	15.14	25.73	23.72	40.37	7.57	13.12
17.47	44.70	0.00	15.41	26.20	24.15	41.10	7.71	13.36
17.78	45.50	0.00	15.69	26.67	24.58	41.83	7.84	13.60
18.09	46.29	0.00	15.96	27.14	25.01	42.57	7.98	13.83
18.40	47.09	0.00	16.24	27.61	25.44	43.30	8.12	14.07
18.72	47.89	0.00	16.51	28.07	25.87	44.04	8.26	14.31
19.03	48.69	0.00	16.79	28.54	26.30	44.77	8.39	14.55
19.34	49.49	0.00	17.06	29.01	26.73	45.50	8.53	14.79
19.65	50.28	0.00	17.34	29.48	27.17	46.24	8.67	15.03
19.96	51.08	0.00	17.61	29.94	27.60	46.97	8.81	15.27
20.28	51.88	0.00	17.89	30.41	28.03	47.71	8.94	15.50
20.59	52.68	0.00	18.17	30.88	28.46	48.44	9.08	15.74
20.90	53.48	0.00	18.44	31.35	28.89	49.17	9.22	15.98
21.21	54.28	0.00	18.72	31.82	29.32	49.91	9.36	16.22
21.52	55.07	0.00	18.99	32.28	29.75	50.64	9.50	16.46
21.83	55.87	0.00	19.27	32.75	30.18	51.38	9.63	16.70
22.15	56.67	0.00	19.54	33.22	30.61	52.11	9.77	16.94
22.46	57.47	0.00	19.82	33.69	31.05	52.84	9.91	17.17
22.77	58.27	0.00	20.09	34.16	31.48	53.58	10.05	17.41
23.08	59.06	0.00	20.37	34.62	31.91	54.31	10.18	17.65
23.39	59.86	0.00	20.64	35.09	32.34	55.05	10.32	17.89
23.71	60.66	0.00	20.92	35.56	32.77	55.78	10.46	18.13
24.02	61.46	0.00	21.19	36.03	33.20	56.51	10.60	18.37
24.33	62.26	0.00	21.47	36.50	33.63	57.25	10.73	18.61
24.64	63.06	0.00	21.74	36.96	34.06	57.98	10.87	18.84

24.95	63.85	0.00	22.02	37.43	34.50	56.00	11.01	19.08
25.27	64.65	0.00	22.29	37.90	34.93	56.00	11.15	19.32
25.58	65.45	0.00	22.57	38.37	35.36	56.00	11.28	19.56
25.89	66.25	0.00	22.84	38.83	35.79	56.00	11.42	19.80
26.20	67.05	0.00	23.12	39.30	36.22	56.00	11.56	20.04
26.51	67.84	0.00	23.39	39.77	36.65	56.00	11.70	20.28
26.83	68.64	0.00	23.67	40.24	37.08	56.00	11.83	20.51
27.14	69.44	0.00	23.94	40.71	37.51	56.00	11.97	20.75
27.45	70.24	0.00	24.22	41.17	37.94	56.00	12.11	20.99
27.76	71.04	0.00	24.50	41.64	38.38	56.00	12.25	21.23
28.07	71.83	0.00	24.77	42.11	38.81	56.00	12.39	21.47
28.39	72.63	0.00	25.05	42.58	39.24	56.00	12.52	21.71
28.70	73.43	0.00	25.32	43.05	39.67	56.00	12.66	21.94
29.01	74.23	0.00	25.60	43.51	40.10	56.00	12.80	22.18
29.32	75.03	0.00	25.87	43.98	40.53	56.00	12.94	22.42
29.63	75.83	0.00	26.15	44.45	40.96	56.00	13.07	22.66
29.94	76.62	0.00	26.42	44.92	41.39	56.00	13.21	22.90
30.26	77.42	0.00	26.70	45.39	41.83	56.00	13.35	23.14
30.57	78.22	0.00	26.97	45.85	42.26	56.00	13.49	23.38
30.88	79.02	0.00	27.25	46.32	42.69	56.00	13.62	23.61
31.19	79.82	0.00	27.52	46.79	43.12	56.00	13.76	23.85
31.50	80.61	0.00	27.80	47.26	43.55	56.00	13.90	24.09
31.82	81.41	0.00	28.07	47.72	43.98	56.00	14.04	24.33
32.13	82.21	0.00	28.35	48.19	44.41	56.00	14.17	24.57
32.44	83.01	0.00	28.62	48.66	44.84	56.00	14.31	24.81
32.75	83.81	0.00	28.90	49.13	45.28	56.00	14.45	25.05
33.06	84.61	0.00	29.17	49.60	45.71	56.00	14.59	25.28
33.38	85.40	0.00	29.45	50.06	46.14	56.00	14.72	25.52
33.69	86.20	0.00	29.72	50.53	46.57	56.00	14.86	25.76
34.00	87.00	0.00	30.00	51.00	47.00	56.00	15.00	26.00

2 ANEXO II: DESARROLLO DE UNA INTERFAZ GRÁFICA MEDIANTE LOS PROGRAMAS GPS (GNAT Programming Studio), GtkAda y Glade.

Al finalizar el proyecto que se describe en este documento, se verá que al ejecutar el archivo “*window1.exe*” se podrá observar una interfaz similar a la siguiente Figura 2.1.

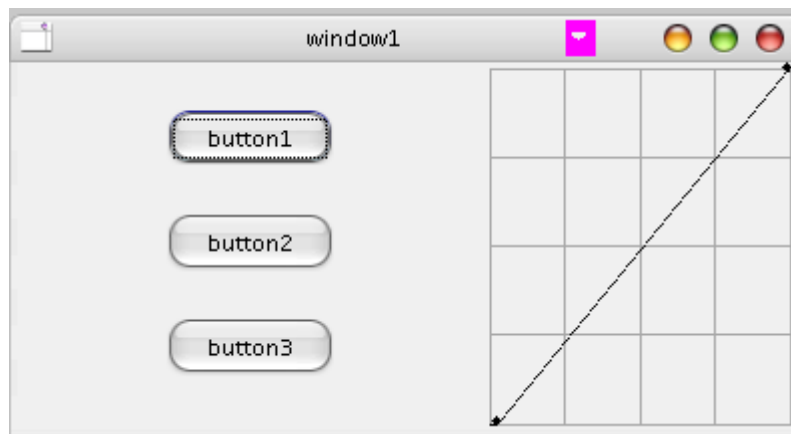


Figura 2.1 Interfaz que se obtiene al finalizar el proyecto.

Por motivos de facilitar el seguimiento de los pasos no se incluye código a los botones ni al panel gráfico, por tanto al oprimir los botones no se realizara ninguna acción en la aplicación, sin embargo se verá que con el puntero del Mouse se puede crear diversas curvas en el panel gráfico (ello debido a la programación con la cual viene dicho objeto).

REQUERIMIENTOS SOFTWARE.

El presente proyecto fue desarrollado en un PC con sistema operativo Microsoft Windows XP Service Pack 2 (1).

NOTA: Debido a que al sistema se le instaló un tema Mac-OX, las ventanas y demás elementos de Windows tienen la apariencia de ese sistema, pero se aclara que el sistema operativo que se utilizó para el desarrollo de ésta aplicación es Windows XP.

Para desarrollar el proyecto que se describe a continuación se requiere tener instalados en nuestro sistema los siguientes paquetes: GPS (GNAT Programming Studio), GtkADA y Glade (Generalmente Glade viene incluido en el paquete GtkADA).

Las versiones de los paquetes que se utilizaron fueron las siguientes:

- GPS v4.2.1 (GNAT Programming Studio 2008) (2).
- GtkAda v2.8 (3).
- Glade v2.0.0

2.1 DESARROLLO DEL PROYECTO.

2.1.1 CREACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA UTILIZANDO GLADE.

A continuación se describen los pasos necesarios para crear la interfaz gráfica de la aplicación mediante el uso del programa Glade.

1. La Figura 2.2 indica la ruta del menú inicio de Windows XP para que se pueda ejecutar Glade (GtkGlade GUI Builder).

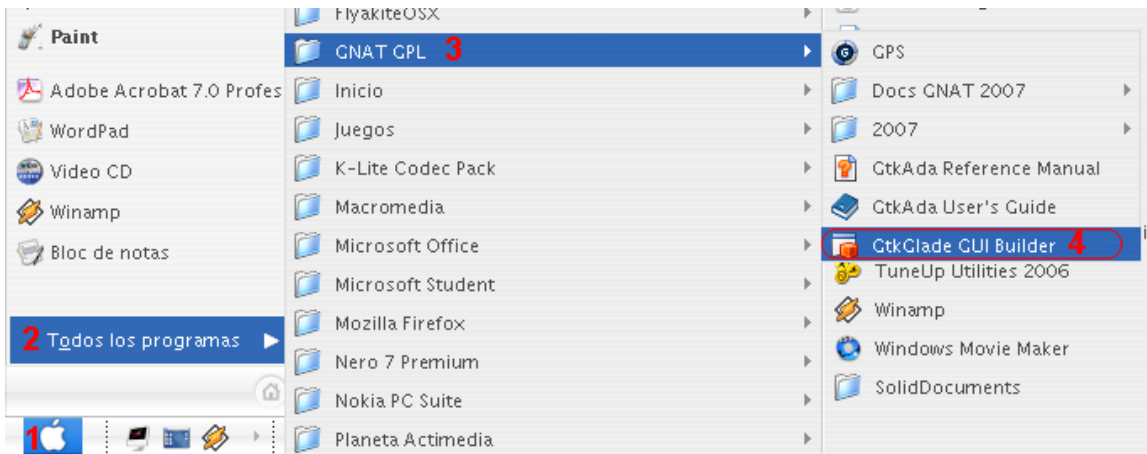


Figura 2.2 Ejecución de Glade desde el menú inicio de Windows.

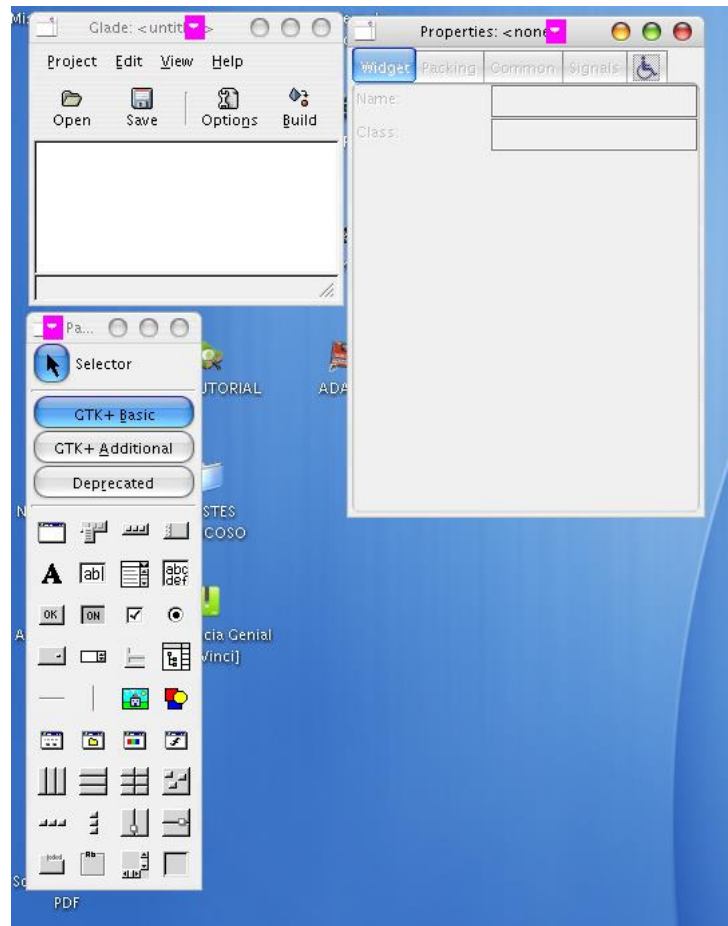



Figura 2.3 Interfaz de Glade.

2. Una vez ejecutado Glade tal como se puede observar en la Figura 2.3, se procede a crear la interfaz gráfica de la aplicación, se da clic en el objeto *Window*  que se encuentra en la ventana Palette presente en la Figura 2.4.

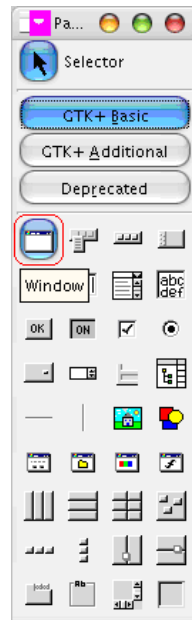


Figura 2.4 Ventana Palette de Glade.

Entonces aparecerá una ventana como la que se puede observar en la Figura 2.5:

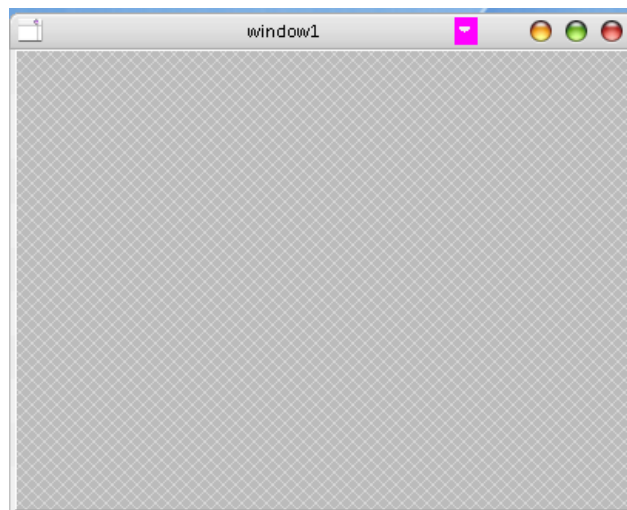



Figura 2.5 Objeto Window1.

3. Ahora se adiciona el objeto *Horizontal Box*  al objeto *Window1* creado anteriormente; se adiciona de la siguiente manera:

- Se hace clic en el objeto *Horizontal Box*.
- Luego se hace clic en el interior del objeto *Window1*.
- Se ve que aparece una pequeña ventana solicitando la cantidad de columnas que conformarán el objeto *Horizontal Box* (se digita el numero 2), por defecto indica 3 y luego se hace clic en OK. Se obtendrá algo similar a la Figura 2.6.

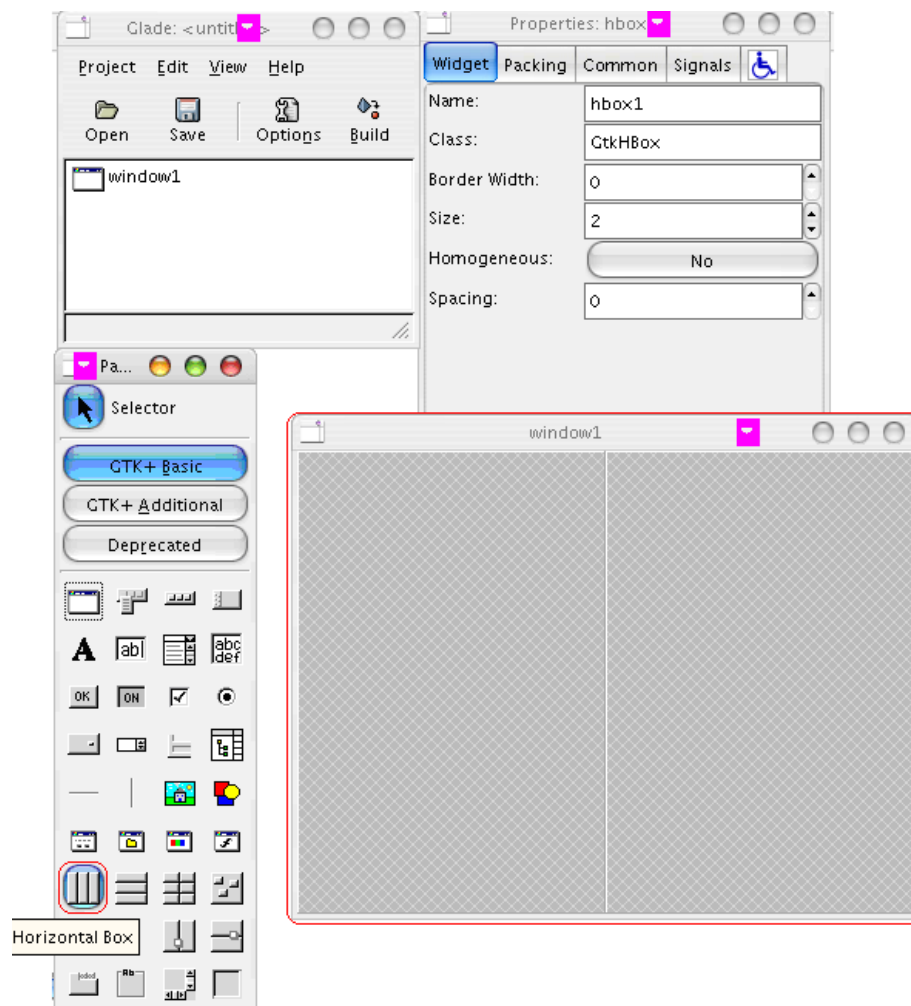



Figura 2.6 Objeto Horizontal Box incluido en Window1.

4. Se procede ahora a adicionar el objeto *Vertical Button Box*  al lado izquierdo del objeto *Horizontal Box* creado anteriormente; se adiciona de la siguiente manera:

- Se hace clic en el objeto *Vertical Button Box* en la ventana palette de Glade.
- Luego se hace clic en el lado izquierdo interior de la ventana *Window1*.
- Se verá que aparece una pequeña ventana solicitando la cantidad de fila de botones que conformarán el objeto *Vertical Button Box*, se deja el valor que viene por defecto (4) y luego se hace clic en OK. Se debería obtener algo similar a la Figura 2.7.

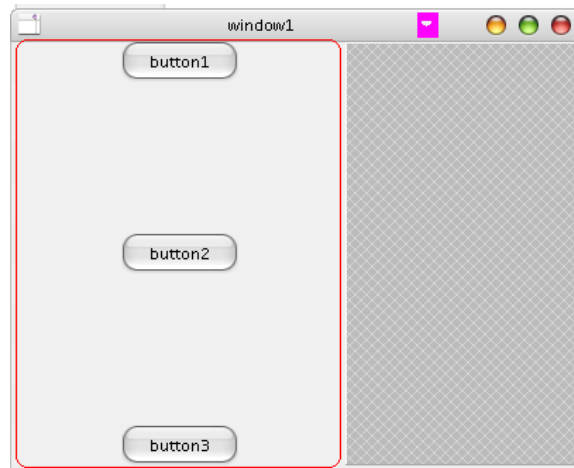



Figura 2.7 Objeto Vertical Button Box incluido en el objeto Horizontal Box.

5. Se procede ahora a adicionar el objeto *Curve*  al lado Derecho del objeto *Horizontal Box*; se adiciona de la siguiente manera:

- Primero se hace clic en el botón *GTK+ Additional* que aparece en la parte superior de la ventana palette, Figura 2.8.

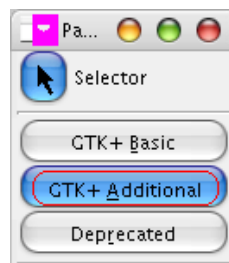



Figura 2.8 botón GTK+ Additional.

- Luego se hace clic en el objeto *Curve*  que aparece en la ventana palette de Glade.
- Luego se hace clic en el lado derecho interior de la ventana *Window1*.
- Se verá que nos aparece un panel gráfico, y la interfaz quedará similar a la Figura 2.9.

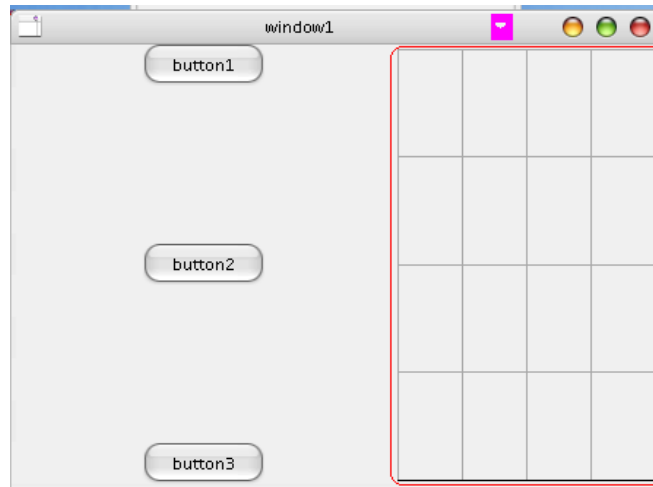


Figura 2.9 Objeto Curve incluido al lado derecho del objeto Horizontal Box.

6. A medida que se crea la interfaz, es aconsejable tener visible el árbol de objetos, ya que éste muestra la disposición de los elementos de la interfaz, desde él podemos realizar varias operaciones sobre los objetos, por ejemplo seleccionar, copiar, pegar, eliminar, adicionar, etc. El Árbol de objetos se puede visualizar haciendo clic en el menú *View -> Show Widget Tree* tal como lo indica la Figura 2.10.

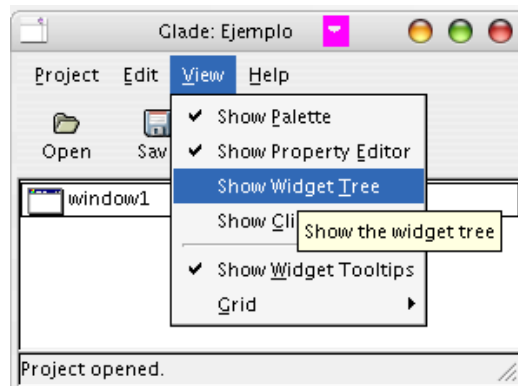


Figura 2.10 Procedimiento para observar el Árbol de Objetos.

- El árbol de objetos para este caso en particular es similar al que muestra la Figura 2.11 (la cantidad y disposición de los objetos depende de la interfaz que se esté desarrollando).

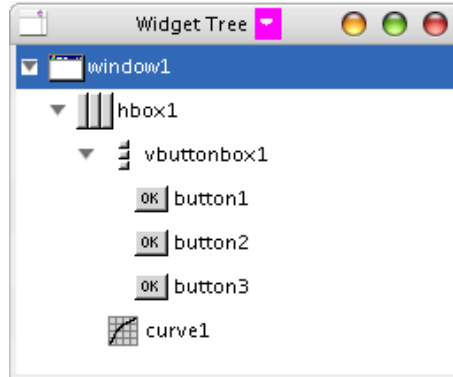


Figura 2.11 Árbol de Objetos de Glade.

7. Ahora se guarda la interfaz gráfica de la aplicación, para ello Glade solicita digitar ciertos datos, (Se va guardando el proyecto cada vez que se realice alguna modificación). Para guardar el proyecto se hace clic en menú *Project* -> *Save* tal como lo indica la Figura 2.12.

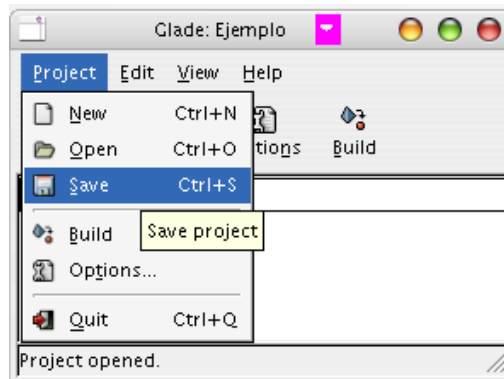


Figura 2.12 Opción Save del menú Project.

8. Entonces aparecerá una ventana como la que se puede observar en la Figura 2.13, en la cual se digita el nombre del directorio del proyecto “C:\GNAT\Pruebas\GtkEjem\Ejemplo”, el nombre del proyecto como tal “Ejemplo” y el nombre del programa del proyecto “ejemplo”, también se escoge el lenguaje en el que deseamos crear nuestro proyecto (Para este caso Ada 95), luego se oprime el botón OK:

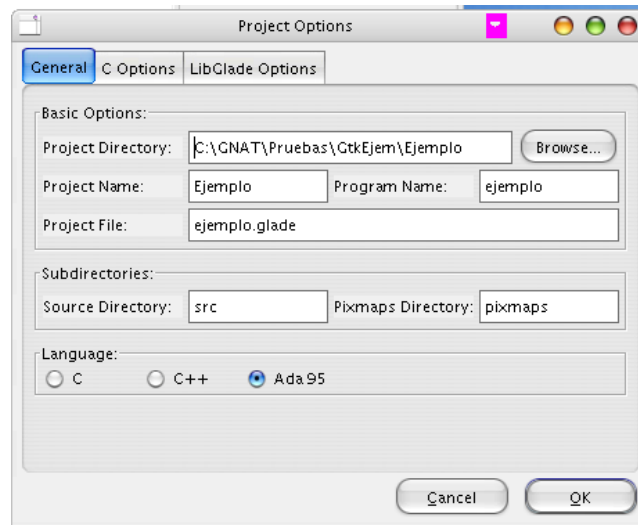


Figura 2.13 Ventana de creación y de opciones de un proyecto en Glade (Project Options).

- A continuación se muestra el resultado de la interfaz grafica del proyecto “Ejemplo” creada en Glade, Figura 2.14:

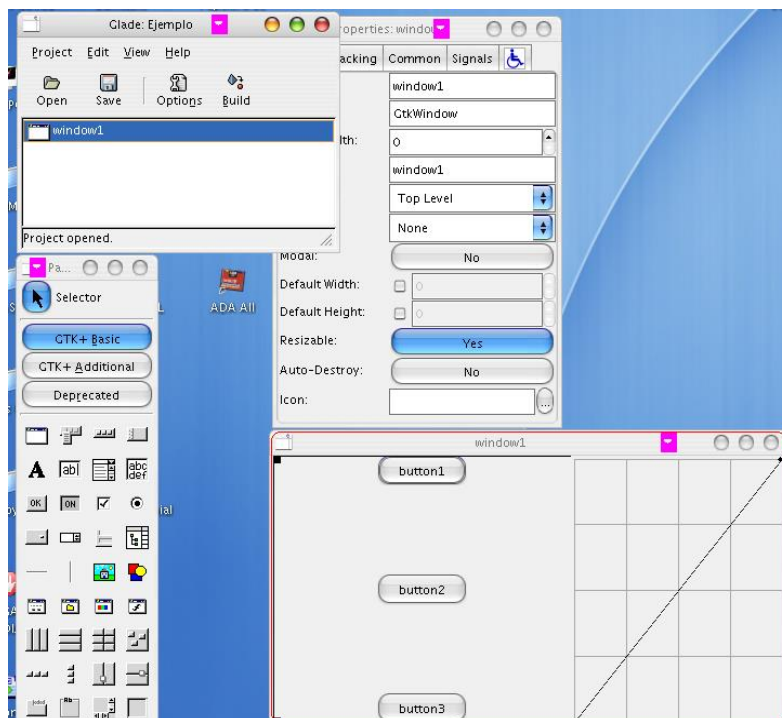


Figura 2.14 Interfaz Grafica desarrollada en Glade (Ventana inferior derecha de la figura).

2.1.2 OBTENIENDO EL CÓDIGO EN LENGUAJE ADA DE LA INTERFAZ GRÁFICA DESARROLLADA EN GLADE.

1. Después de haber creado la interfaz de la aplicación se hace que Glade construya el código fuente correspondiente a la interfaz y a todos los elementos gráficos que hay en ella. Esto se hace dando clic en el botón Build en la ventana principal de Glade (Figura 2.15).

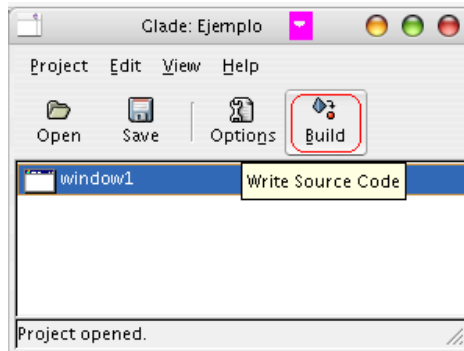


Figura 2.15 Ventana principal de Glade.

2. Si se observa el directorio en el cual se crea el proyecto de Glade , se verán dos archivos con extensión .glade y .gladep (Si se tiene habilitada la opción "Backup Source File" en la pestaña C Options de la ventana Project Options, entonces se verán cuatro archivos tal como se puede observar en la Figura 2.16).

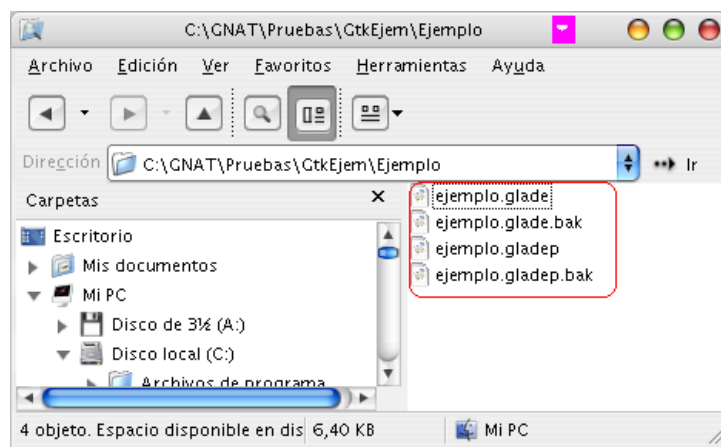


Figura 2.16 Archivos creados por el programa Glade "Cuando se guarda y construye el proyecto".

- Lo que sigue es necesario para poder crear los archivos de la interfaz en lenguaje ADA, ya que los archivos .glade y .gladep están en código XML.

3. Para poder obtener los archivos en lenguaje ADA primero se debe ir al directorio donde fue instalado GtkAda y se ingresa a la carpeta *bin*, luego se copia el archivo **Gate.bat** (Figura 2.17) y se pega en la carpeta en la cual se ha creado el proyecto de glade.

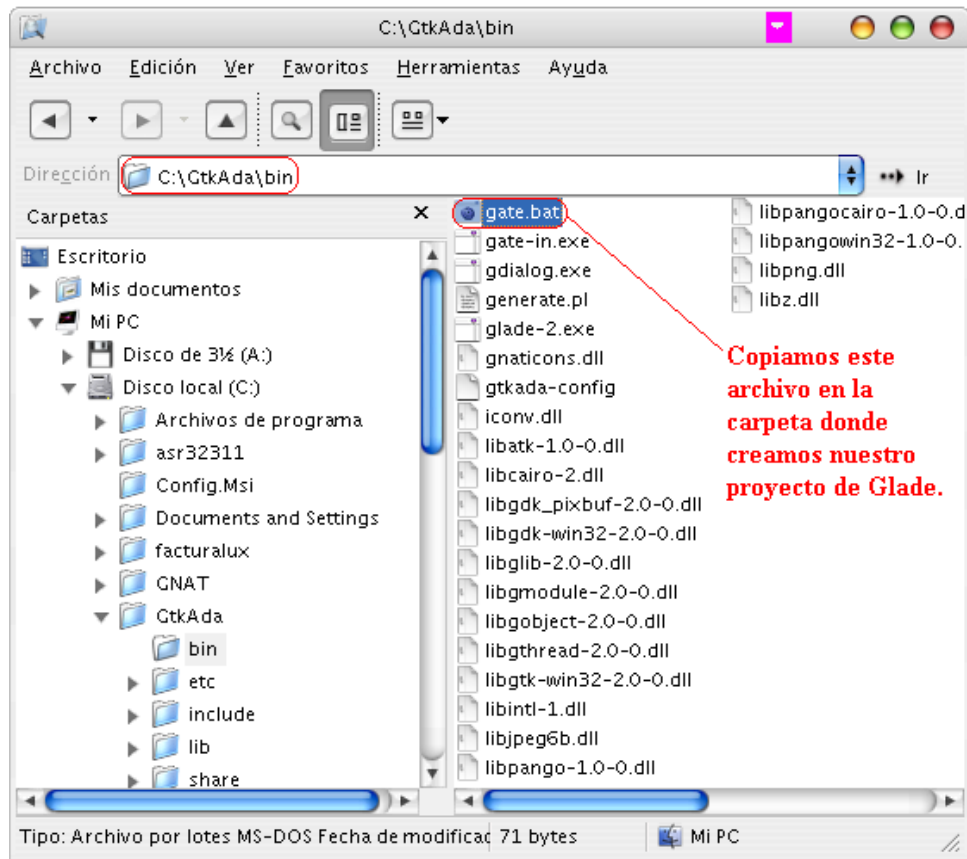


Figura 2.17 Ubicación del archivo gate.bat

- Por tanto el directorio del proyecto *Ejemplo* quedará similar al que se puede observar en la Figura 2.18:

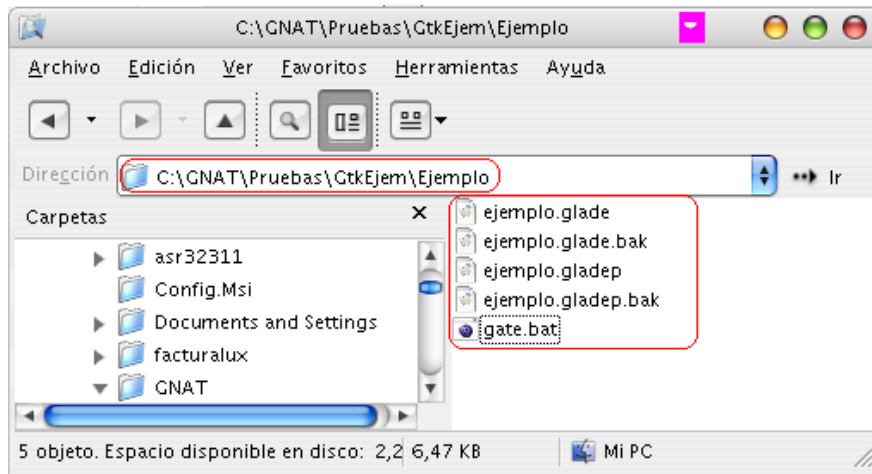


Figura 2.18 Directorio del proyecto Ejemplo.

4. Ahora se procede a editar el archivo gate.bat (aquel que se encuentra en la carpeta del proyecto – Nota: No el archivo que se encuentra en la carpeta GtkADA/bin) lo cual se puede observar en la Figura 2.19:

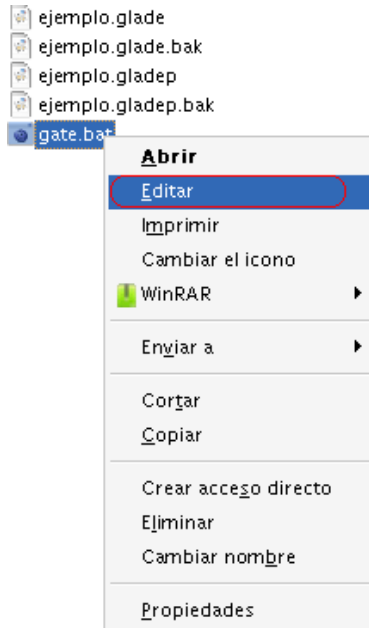


Figura 2.19 Clic derecho sobre el archivo gate.bat “Clic en la opción Editar”

5. La siguiente tabla (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) muestra el texto original del archivo gate.bat (en la parte superior) y luego muestra el texto que deberá tener dicho archivo una vez se haya editado.

Gate.bat
Contenido original del archivo:
@echo off gate-in.exe %1 > all.ada gnatchop -w all.ada del all.ada
Archivo modificado:
NOTA 1: Solo se cambia el %1 por la ruta del proyecto Glade. NOTA 2: La ruta en negrita corresponde a la ubicación del archivo de proyecto que se ha creado en Glade):
@echo off gate-in.exe C:\GNAT\Pruebas\GtkEjem\Ejemplo\ejemplo.glade > all.ada gnatchop -w all.ada del all.ada

Tabla 2.1 Contenido del archivo gate.bat.

6. Luego de haber hecho la modificación al archivo gate.bat se guarda y se cierra. Posteriormente se procede a hacer doble clic sobre él (ejecutamos el archivo), se ve entonces que después de haberse ejecutado aparecerán varios archivos con extensión .adb y .ads tal como se puede observar en la Figura 2.20 los cuales corresponden a los archivos que conforman el proyecto “Ejemplo” en lenguaje ADA.

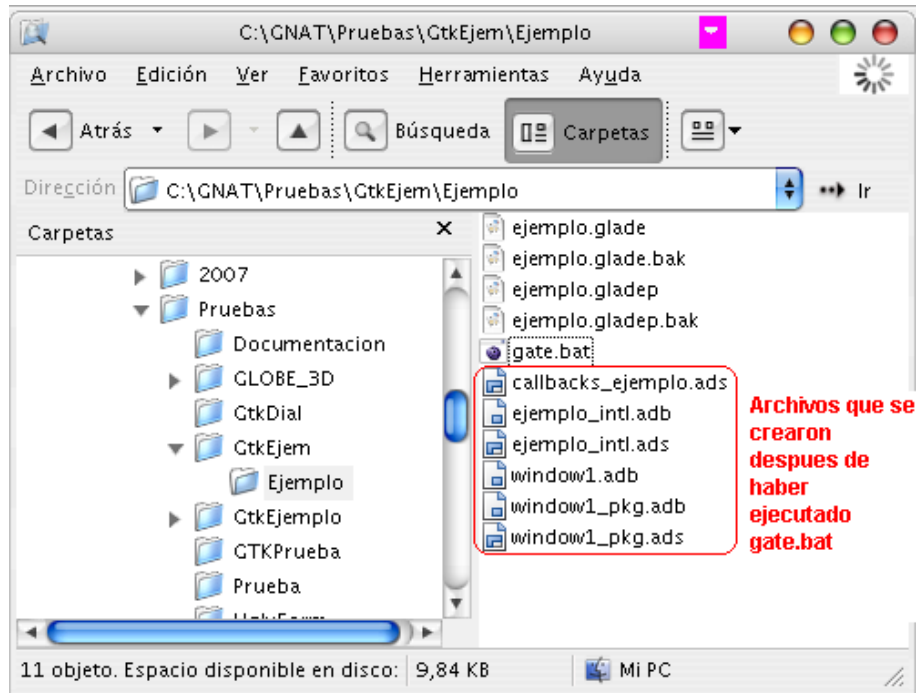


Figura 2.20 Nuevos archivos creados al ejecutar gate.bat.

Hasta aquí se han obtenido los archivos que contienen el código en Lenguaje ADA del proyecto (Interfaz gráfica “ejemplo”) que previamente se creó en Glade.

2.1.3 CREACIÓN DEL PROYECTO EN GPS (GNAT Programming Studio) Y VINCULADO DE LOS ARCHIVOS DE LA LIBRERÍA GtkAda.

Una vez obtenidos los archivos que contienen el código en lenguaje ADA de la Interfaz gráfica creada en Glade, se procede a desarrollar un proyecto en GPS llamado “Ejemplo” mediante el uso del Wizard.

1. Lo primero que se debe realizar es ejecutar GPS, lo cual se puede realizar mediante el menú inicio tal como se puede observar en la Figura 2.21.

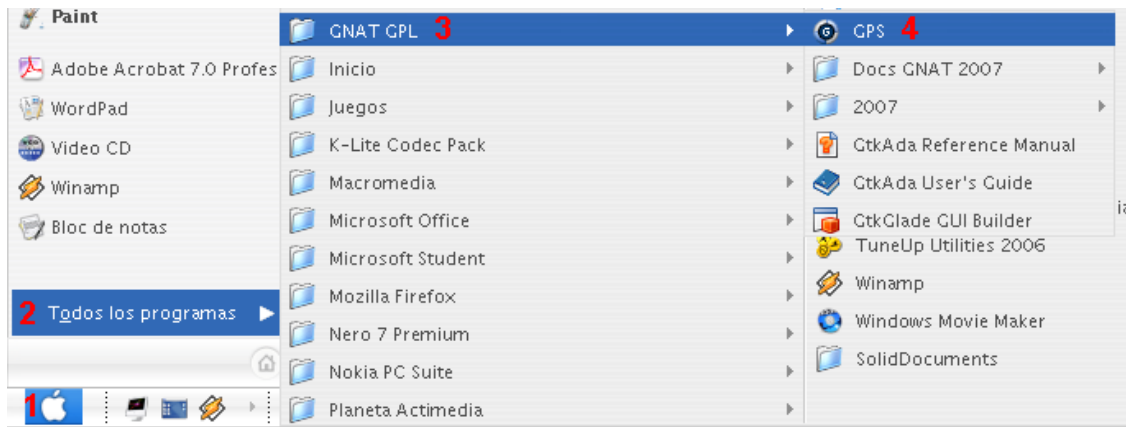


Figura 2.21 Ejecución de GPS desde el menú inicio de Windows.

2. Se verá que se despliega una ventana (Figura 2.22), en la que se hace clic en la segunda opción “*Create new project with wizard*”, luego se oprime el botón OK.

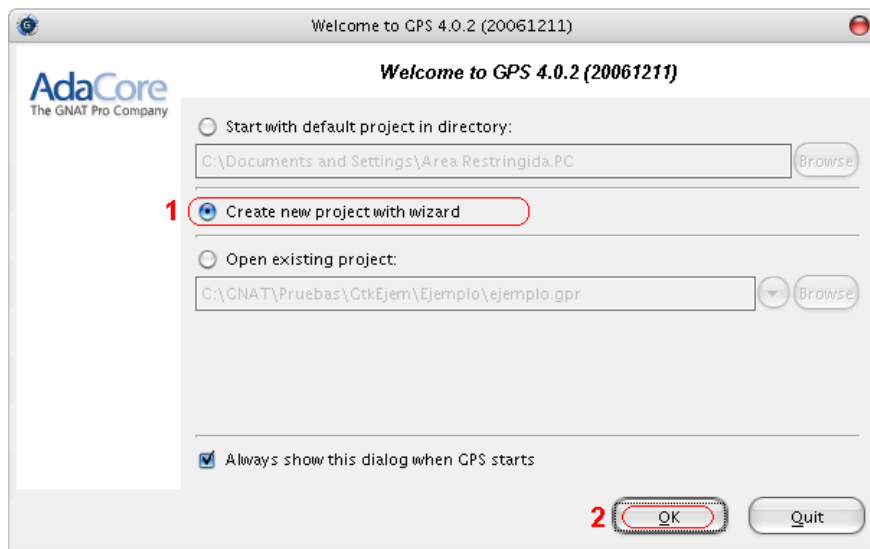


Figura 2.22 Ventana de Bienvenida de GPS 4.0.2.

3. Aparecerá entonces la ventana de selección del tipo de proyecto a crear (Figura 2.23), en la cual se hará clic en la opción *Project Tree* y posterior a ello se hace clic en el botón Forward.

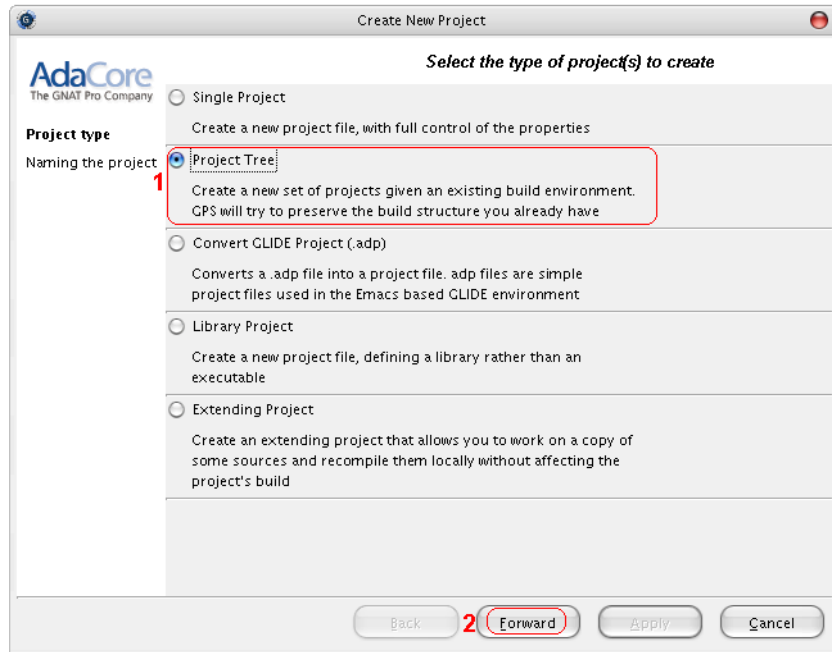


Figura 2.23 Ventana de Selección de Tipo de Proyecto a Crear.

4. Ahora se despliega otra ventana (Figura 2.24) en la cual se debe digitar el nombre del proyecto y se debe indicar la ubicación en la cual lo se guardará (para ello se hace clic en el botón Browse).

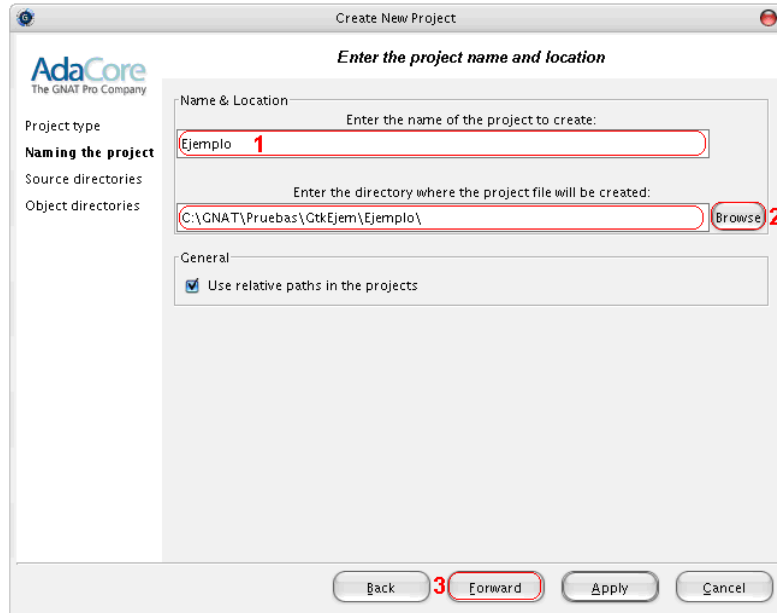


Figura 2.24 Ventana de ubicación y nombre del proyecto a crear.

En la siguiente imagen (Figura 2.25) se puede apreciar en forma más detallada el proceso de la imagen anterior:

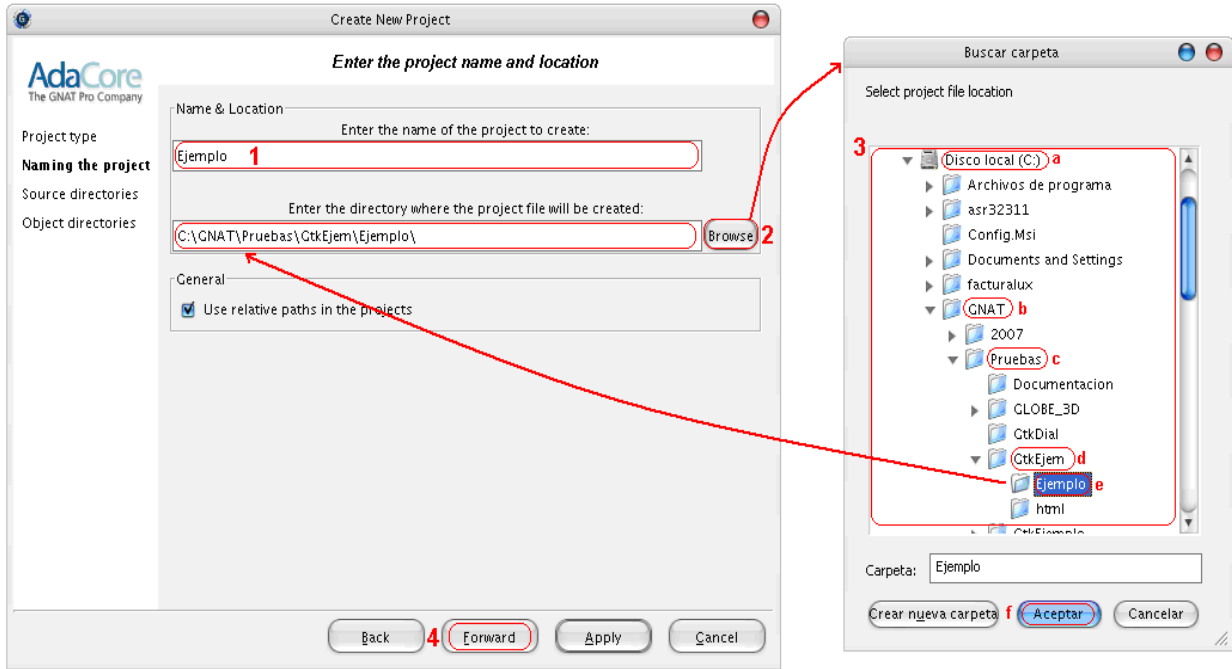


Figura 2.25 Ventana de ubicación y nombre del proyecto a crear.

5. Luego se mostrará la ventana correspondiente a los directorios de archivos fuente para el proyecto, la cual por defecto adicionará los archivos que se encuentran en la carpeta en la que GPS comúnmente guarda los proyectos. Se debe excluir dicha carpeta haciendo los pasos que indica la Figura 2.26.

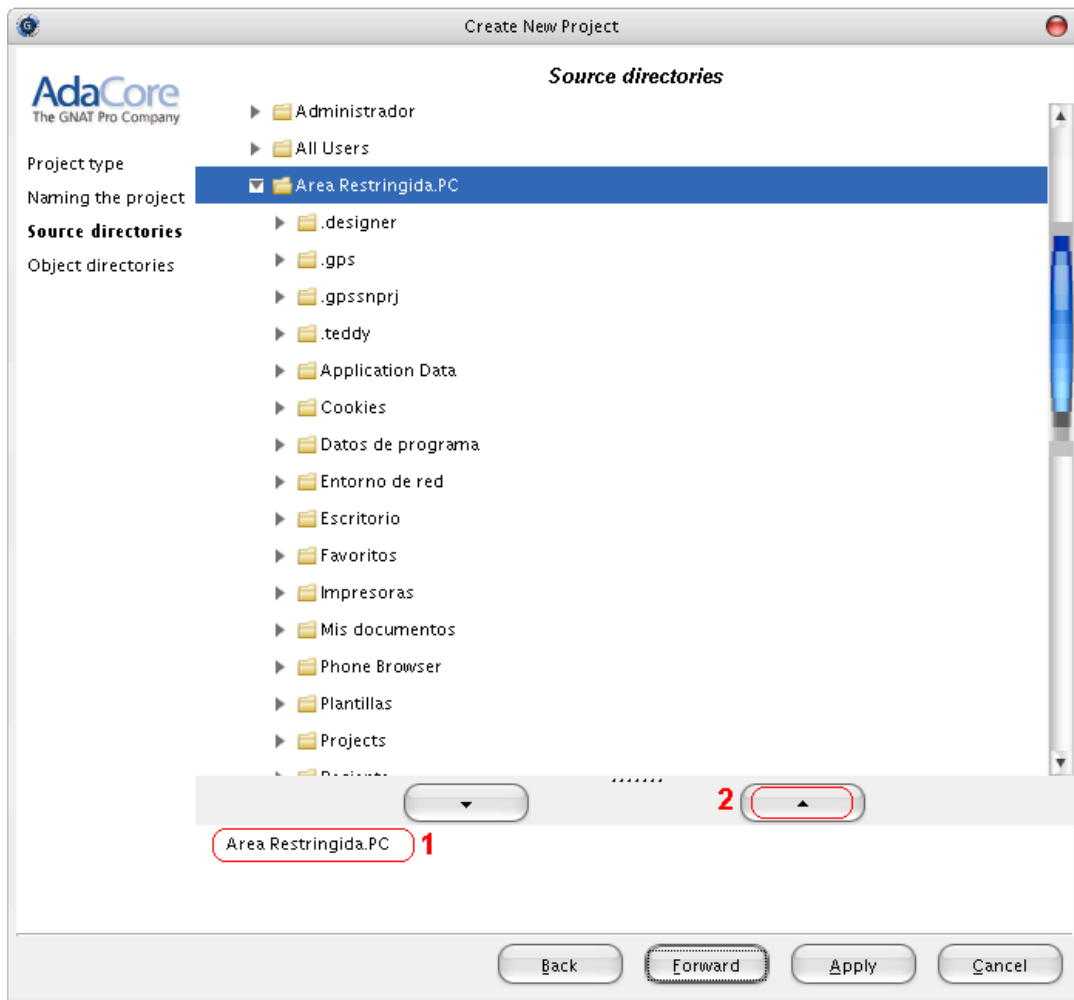



Figura 2.26 Exclusión de archivos fuente.

6. Una vez excluida(s) la(s) carpeta(s) de archivos fuentes que no se necesitan, (en la misma ventana de la Figura 2.26) se procede a adicionar aquellas carpetas que contienen los archivos fuente que sí requiere el proyecto, éste procedimiento se puede observar en la Figura 2.27. (En este caso se adiciona la carpeta de archivos del proyecto ejemplo y la carpeta de los archivos fuente de GtkAda).

- Cuarto, se hace clic en el botón de adición de directorios 
 - Quinto, se hace clic en el botón Apply.
7. Se observará entonces la interfaz principal de GPS cargado con el proyecto “Ejemplo”, tal como lo muestra la Figura 2.28.

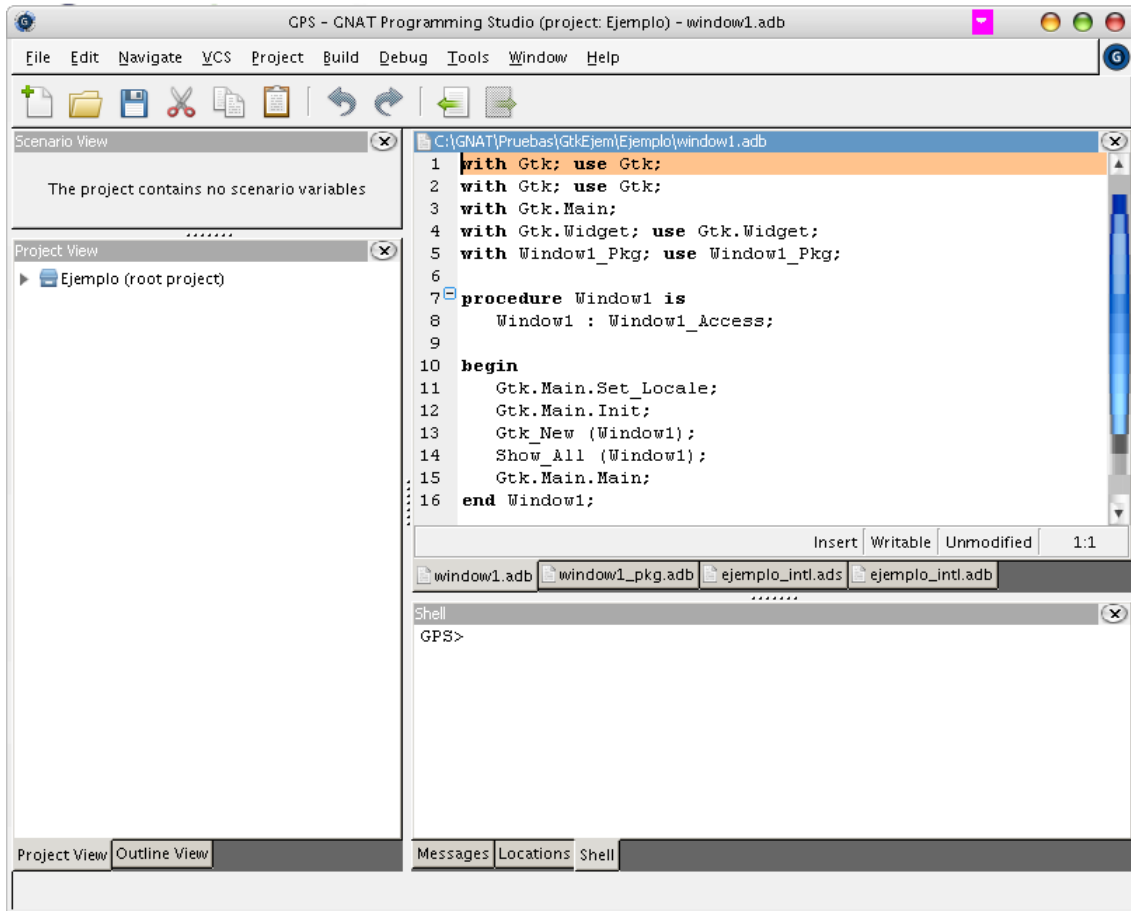


Figura 2.28 Interfaz principal de GPS.

Ahora solo resta realizar la compilación, depuración y ejecución del proyecto; dichos procedimientos se describen a continuación.

2.2 COMPILANDO, DEPURANDO Y EJECUTANDO EL PROYECTO MEDIANTE EL USO DE GNAT.

2.2.1 COMPILANDO y CREANDO EL ARCHIVO PRINCIPAL.

Una vez cargado el proyecto en GPS se procede a realizar los siguientes pasos para conseguir la compilación de los archivos y creación del programa principal de la aplicación. La forma más sencilla de hacer lo anterior es la siguiente:

1. Se hace clic en *Build* -> *Run* -> *Custom...* (El menú Build se encuentra ubicado en la barra de menus de GPS tal como se muestra en la Figura 2.29):

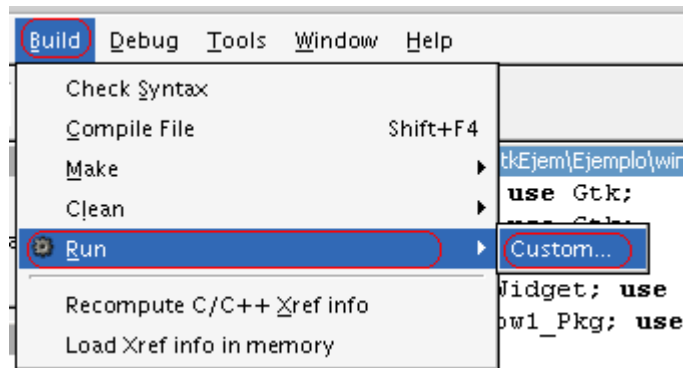


Figura 2.29 Despliegue del menú Build de GPS.

2. Posterior a ello aparece la ventana de Ejecución de comandos de GPS (Figura 2.30):

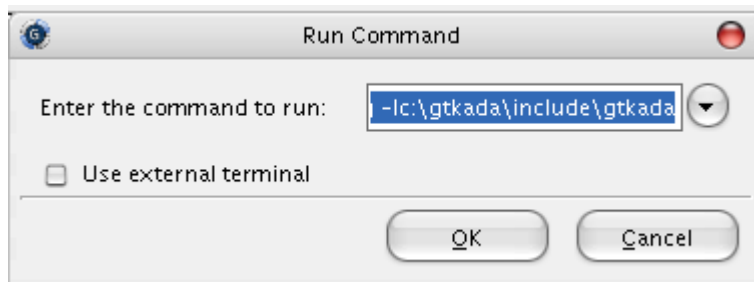


Figura 2.30 Ventana de Ejecución de Comandos de un Proyecto en GPS.

3. En ella se digita lo siguiente:

```
gnatmake -g -lgtkada c:\gnat\pruebas\gtkejem\ejemplo>window1.adb -g  
-lc:\gtkada\include\gtkada
```

NOTA: las dos líneas en **negrita** anteriores se deben digitar como si fuesen una sola línea de texto, luego de que se hayan digitado en forma continua se oprime la tecla Enter.

4. Finalmente se oprime el botón OK. Entonces en la parte inferior derecha de GPS se observa que en la ventana Run se producen unas líneas de texto y al final debe indicar que el proceso se desarrolló exitosamente (*process terminated successfully*), tal como lo muestra la siguiente Figura 2.31.

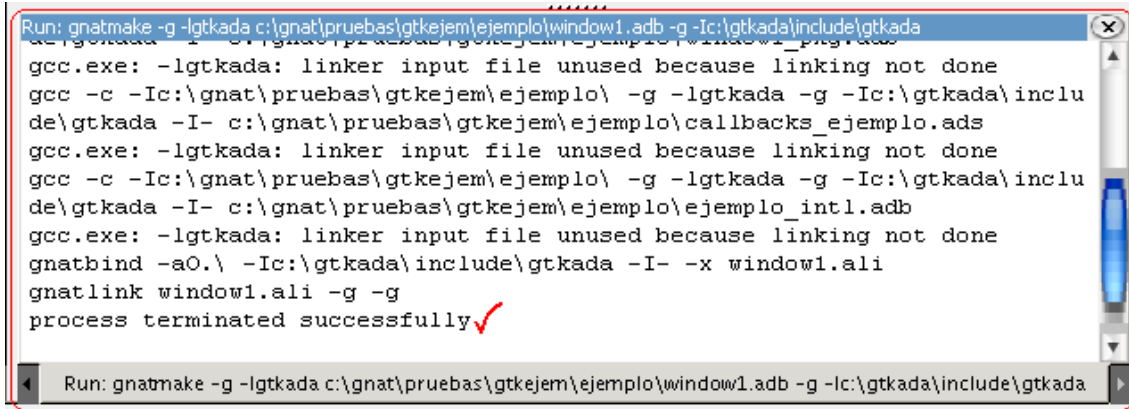


Figura 2.31 Ventana Run con la descripción del proceso desarrollado por GPS.

En este momento se estaría en capacidad de ejecutar la aplicación, puesto que si se observa en el directorio *Ejemplo* se encontrará que GPS ya ha creado el archivo ejecutable cuyo nombre es "*window1.exe*" la Figura 2.32 muestra lo anteriormente dicho.

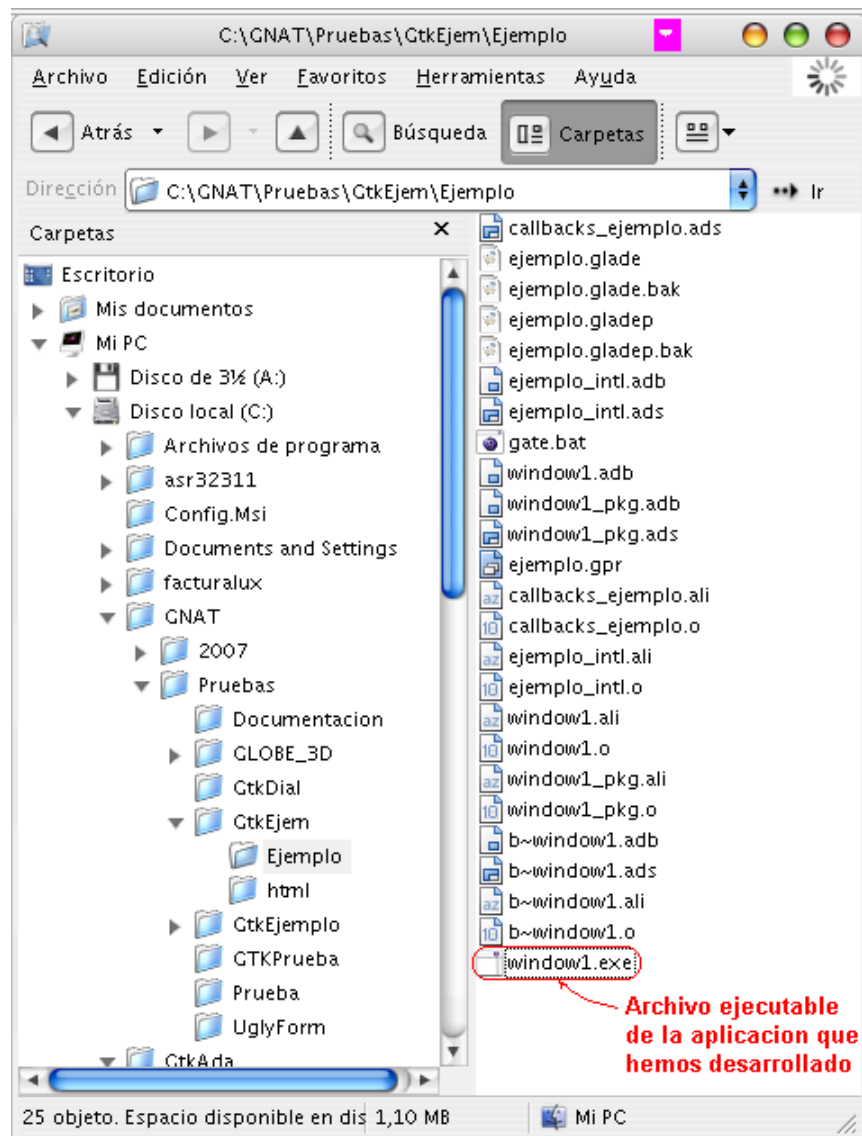


Figura 2.32 Ubicación del archivo ejecutable “window1.exe” creado por GPS.

2.2.2 DEPURANDO LA APLICACIÓN.

Como ya se tiene creado el archivo ejecutable de la aplicación, se puede entonces depurar el proyecto en GPS, para ello se procede a realizar los siguientes pasos:

1. Se hace clic en: *Debug* -> *Initialize* -> *<no main file>* tal como lo indica la Figura 2.33

(El menú Debug se encuentra ubicado en la barra de menús de GPS “parte superior de GPS”):

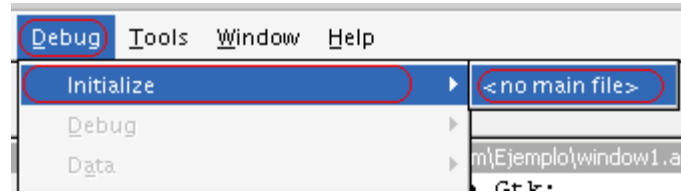


Figura 2.33 Menú Debug de GPS.

2. Aparece en la parte inferior derecha de GPS la ventana Debugger Console (Figura 2.34), dentro de la cual se digitan los comandos necesarios para desarrollar la depuración del proyecto.

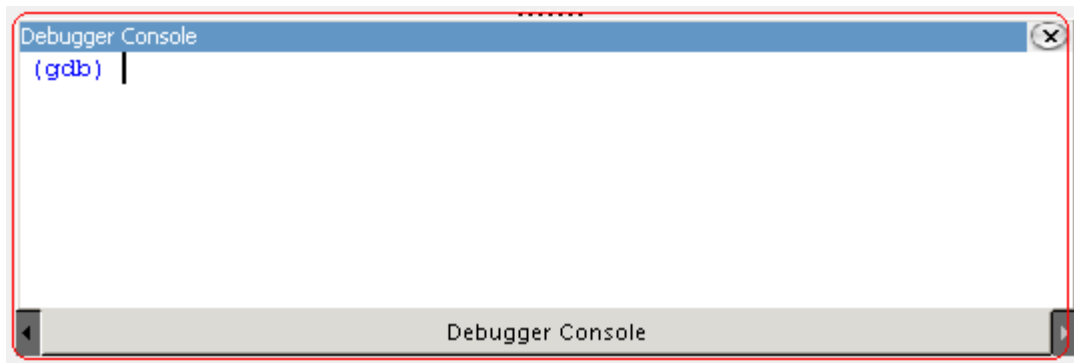


Figura 2.34 Ventana Debugger Console de un Proyecto en GPS.

3. Ahora se digita en el Debugger Console la siguiente línea de texto y se oprime la tecla Enter:

file C:\GNAT\Pruebas\GtkEjem\Ejemplo>window1.exe

4. Luego se digita esta otra línea de texto:

**start gnatmake c:\gnat\pruebas\gtkejem\ejemplo>window1.adb
-lc:\gtkada\include\gtkada**

NOTA: las dos líneas en **negrita** anteriores (del literal 4) se deben digitar como si fuesen una sola línea de texto, luego de que se hayan digitado en forma continua se oprime la tecla Enter.

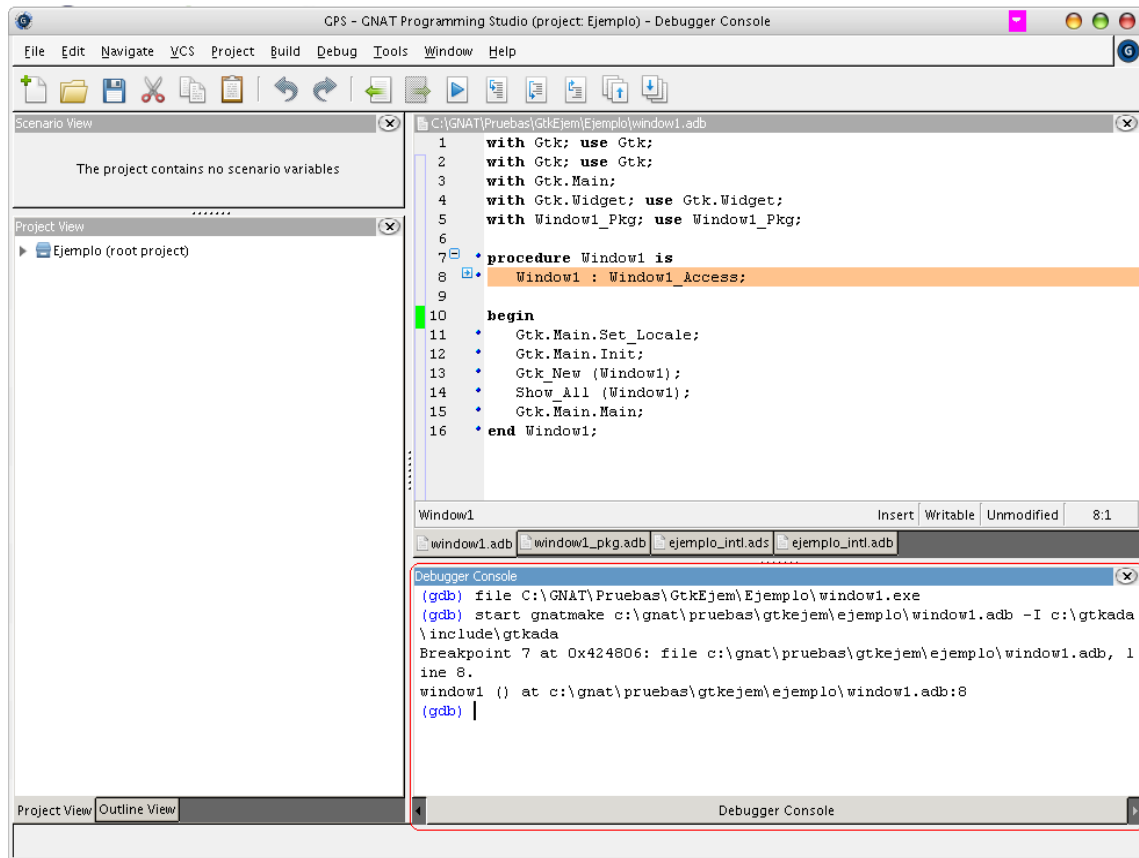


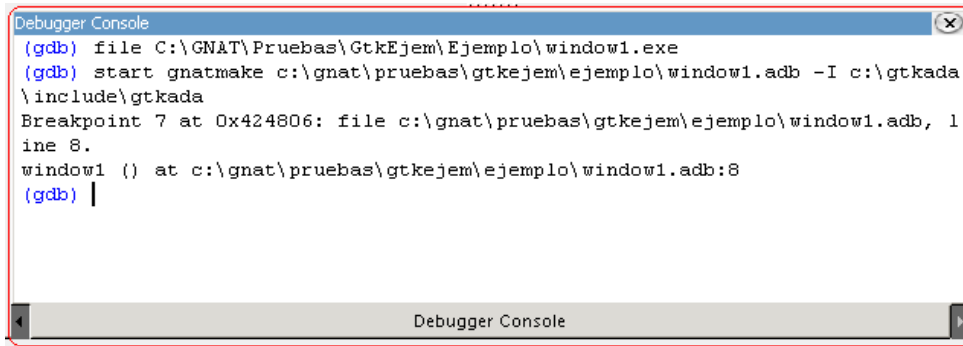
Figura 2.35 Debugger Console ubicado en la parte inferior derecha de la Interfaz de GPS.

5. Luego de haber digitado y ejecutado las dos líneas de comandos anteriores en el Debugger Console (Figura 2.35), se observará que se despliega la siguiente ventana (Figura 2.36).



Figura 2.36 Ejecución de window1.exe en modo de Depuración.

6. También se observará la siguiente salida en la ventana de Debugger Console, tal como muestra la Figura 2.37 a continuación:



```
Debugger Console
(gdb) file C:\GNAT\Pruebas\GtkEjem\Ejemplo>window1.exe
(gdb) start gnatmake c:\gnat\pruebas\gtkejem\ejemplo>window1.adb -I c:\gtkada
\include\gtkada
Breakpoint 7 at 0x424806: file c:\gnat\pruebas\gtkejem\ejemplo>window1.adb, l
ine 8.
window1 () at c:\gnat\pruebas\gtkejem\ejemplo>window1.adb:8
(gdb) |
```

Figura 2.37 Debugger Console después de haber ingresado los comandos file... y start...

7. Una vez ingresados los comandos, se puede depurar el programa mediante el uso de los botones empleados para la depuración (los cuales en éste momento ya están activos), éstos se encuentran ubicados bajo la barra de menús de GPS (Figura 2.38).

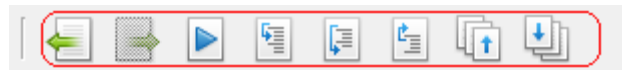


Figura 2.38 Botones de depuración de GPS.

8. Después de haber ejecutado o depurado la aplicación “window1.exe” se observará la interfaz de la aplicación, la cual se puede redimensionar utilizando el puntero del Mouse (Figura 2.39).

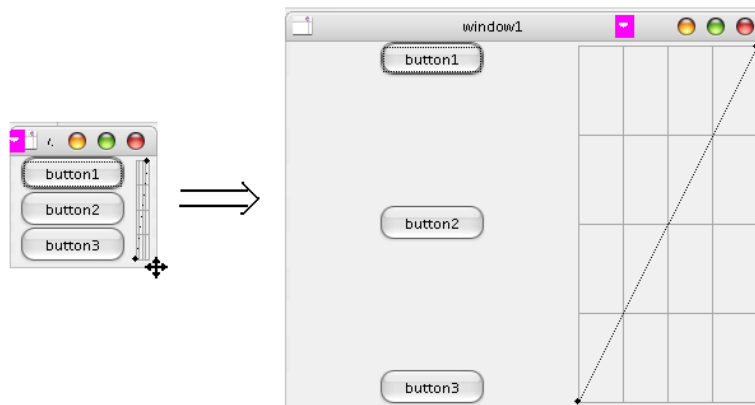


Figura 2.39 Aplicación sin dimensionar (izquierda) – redimensionada (derecha).

3 ANEXO III: DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN BASADA EN OPENGL ESCRITA EN LENGUAJE ADA.

A continuación se desarrollará una aplicación simple utilizando el motor gráfico Globe_3D escrito en Ada y basado en OpenGL, mediante la utilización de GPS (GNAT Programming Studio). El ejemplo que se presenta a continuación fue tomado de la base de ejemplos del Glut3.7 (4).

La aplicación a desarrollar tiene el nombre de “scenebamb” que al ejecutarla mostrará un toroide, un cono y una esfera, como el que se muestra en la Figura 3.1.

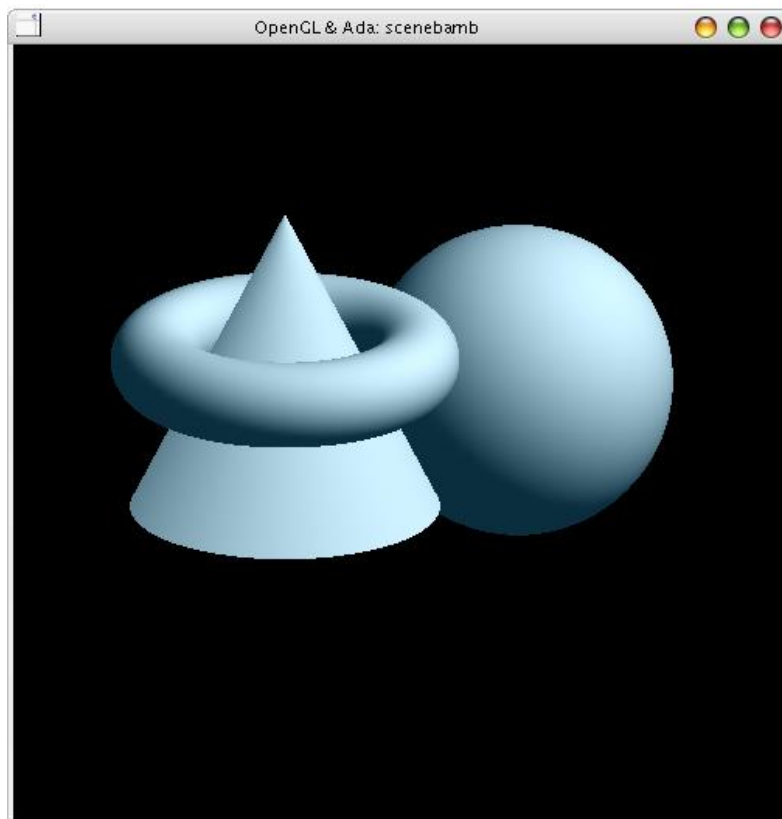


Figura 3.1 Resultado que se obtiene al finalizar el proyecto.

3.1 REQUERIMIENTOS SOFTWARE.

El ejemplo se ha desarrollado utilizando los siguientes componentes:

- Sistema Operativo Microsoft Windows XP (1).
- GNAT Programming Studio 2008 (2).
- Globe_3D (versión de la fecha 19/07/2008) (5).

3.2 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.

A continuación se describen los pasos necesarios para el desarrollo de la aplicación gráfica 3D en GNAT Programming Studio mediante el empleo del motor gráfico Globe_3D.

1. Copiar el motor gráfico (Globe_3D) dentro del directorio donde fue instalado el GNAT Programming Studio.
2. Dirigirse a la carpeta “demo” que se encuentra dentro de la carpeta Globe_3D, aquí se encuentra el archivo de proyecto “Globe_3D_GPS_Win32.gpr” el cual debe copiarse junto con el archivo “freeglut.dll” tal como lo indica la Figura 3.2.

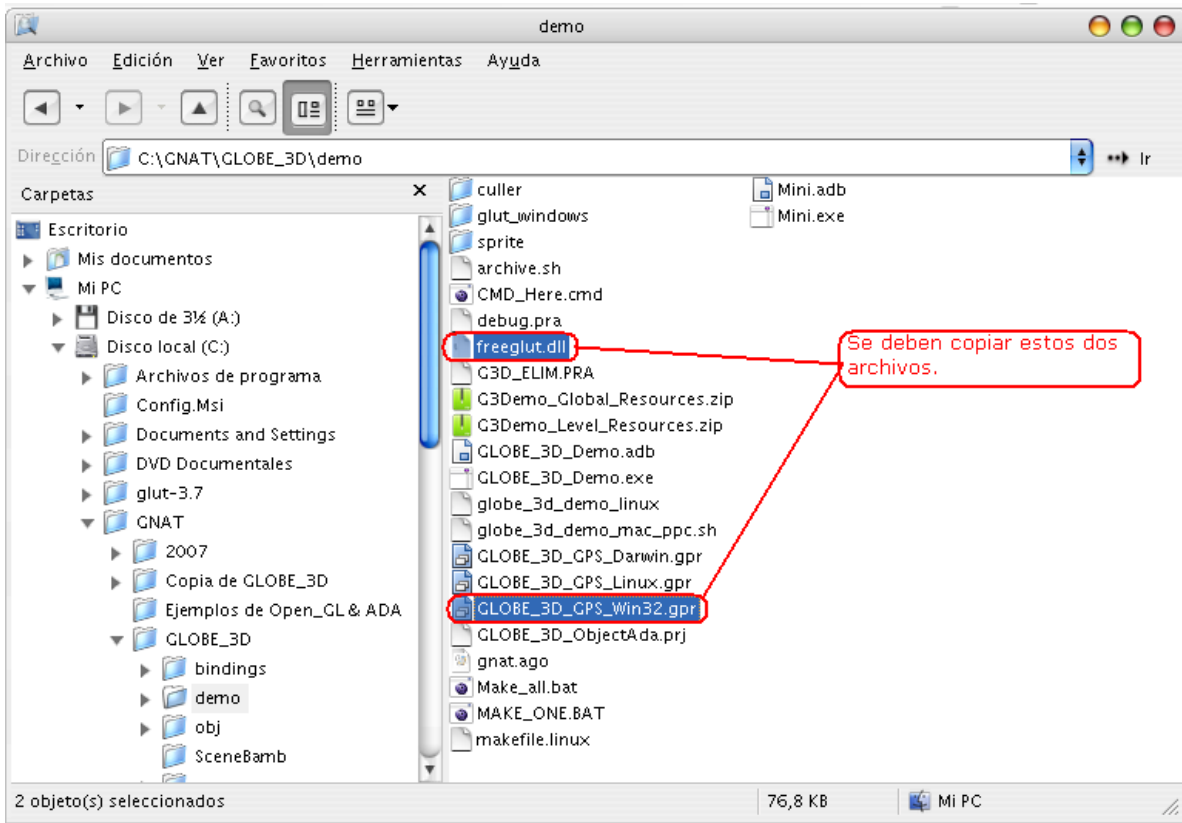


Figura 3.2 Copia de dos archivos de la carpeta “demo” del motor Globe_3D.

3. Crear una nueva carpeta dentro de la carpeta Globe_3D con el nombre de la aplicación que se quiere crear. Para este caso será “scenebamb”, la Figura 3.3 muestra lo anteriormente indicado.

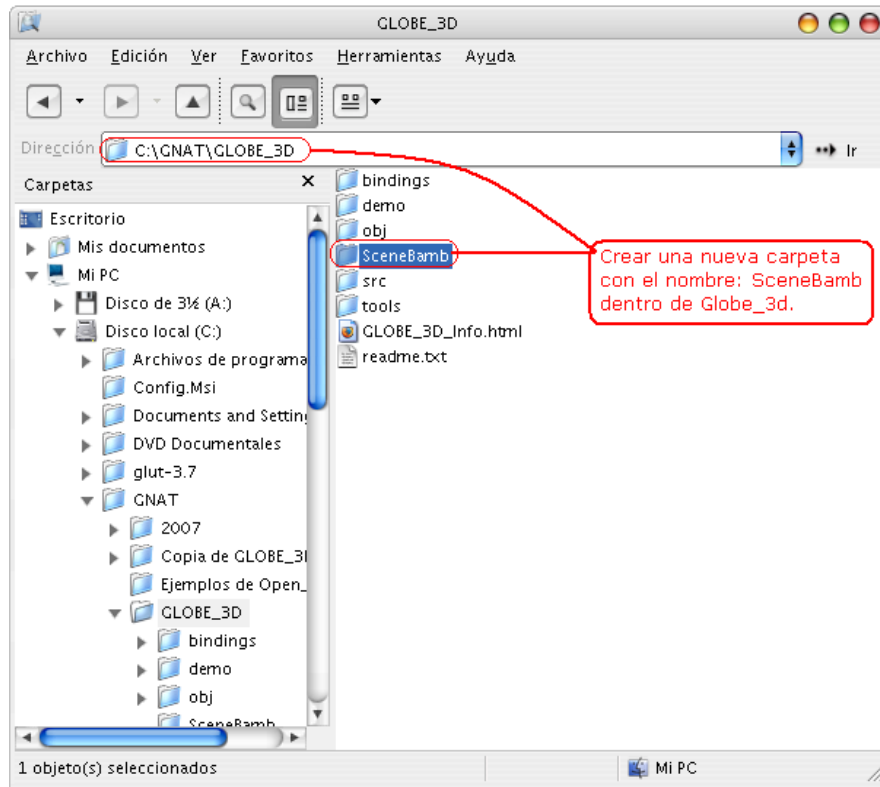


Figura 3.3 Carpeta “scenebamb” creada en la carpeta del motor Globe_3D.

4. Pegar dentro de esta carpeta el archivo “freeglut.dll” y el de proyecto “Globe_3D_GPS_Win32.gpr” y a éste último cambiarle el nombre por el de la aplicación “Scenebamb.gpr”, tal como se indica en la Figura 3.4.

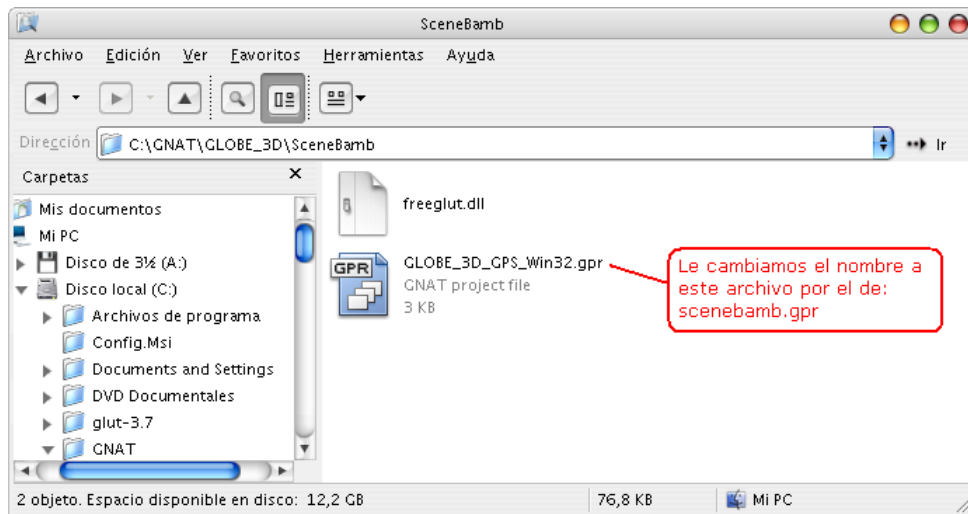


Figura 3.4 Pegado de los archivos “freeglut.dll” y “Globe_3D_GPS_Win32.gpr”

5. Abrir el archivo de proyecto con algún editor de texto (Figura 3.5) y cambiar en todo el documento el nombre “Globe_3D_GPS_Win32” por “scenebamb” (Figura 3.6), este procedimiento evita enlazar manualmente todas las librerías del motor grafico en GPS, lo cual al iniciar el proyecto carga el motor grafico con todas las librerías disponibles para la aplicación que se quiera desarrollar utilizando OpenGL y Glut.

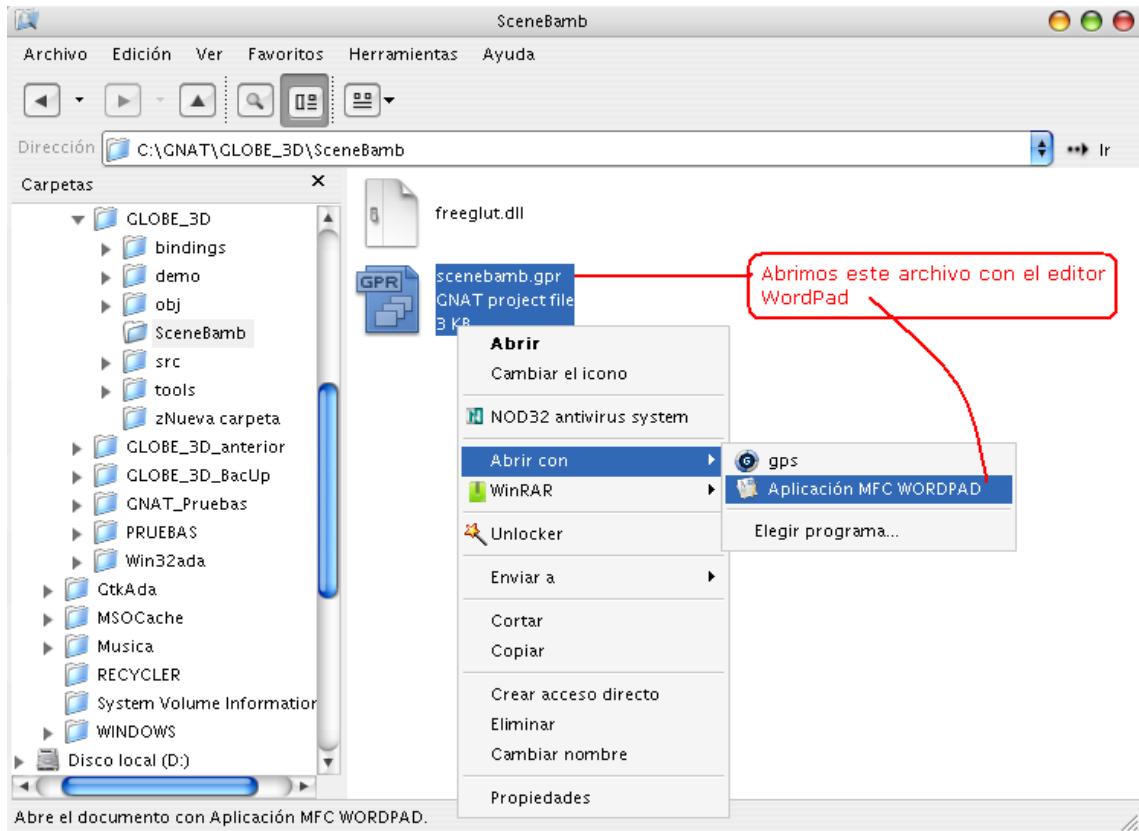


Figura 3.5 Abriendo “scenebamb” con un Wordpad.

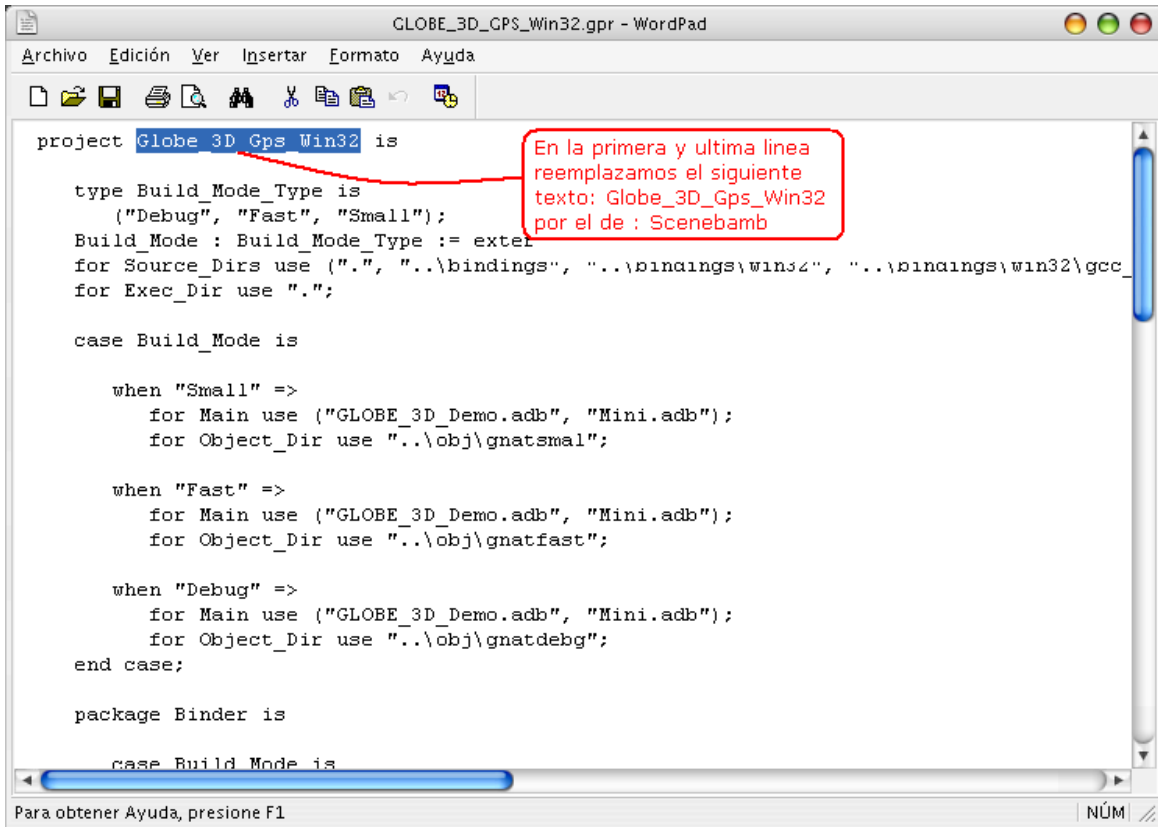


Figura 3.6 Reemplazando el texto “Globe_3D_GPS_Win32” por “Scenebamb”.

6. Por orden, se debe además crear y utilizar 3 archivos (Figura 3.7), el primero llamado “scenebamb.adb” donde se inicializa el programa y se llama a los procedimientos, el segundo “scenebamb_procs.adb” es donde va el cuerpo del programa es decir el código de los procedimientos y el tercero “scenebamb_procs.ads” es donde se definen los procedimientos; El código de los tres anteriores archivos se encuentra disponible más adelante.

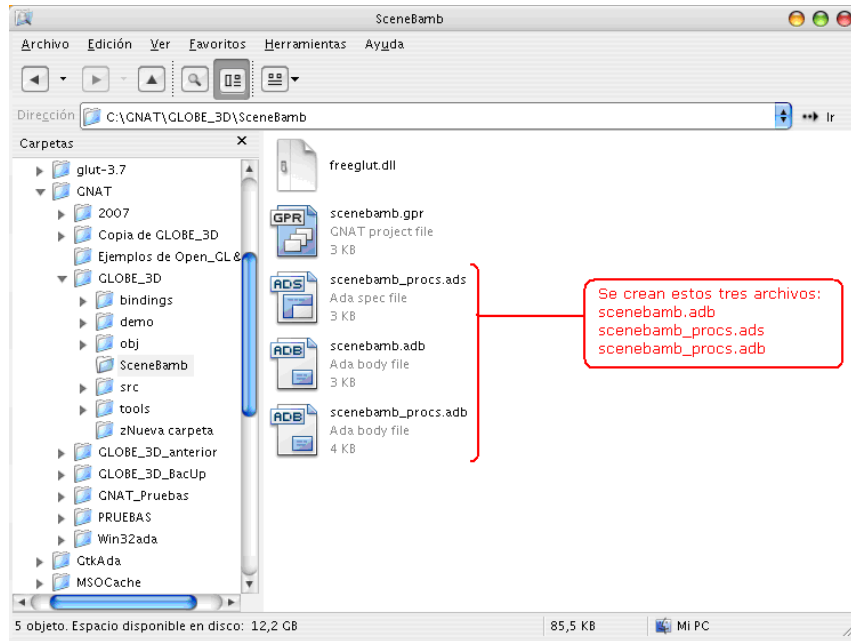


Figura 3.7 Archivos adicionales creados en la carpeta Scenebamb.

7. Los anteriores archivos deben estar ubicados dentro la carpeta que se creó anteriormente con el nombre de la aplicación “Scenebamb”.
8. Abrir el archivo “scenebamb.gpr” con GNAT Programming Studio (Figura 3.8).

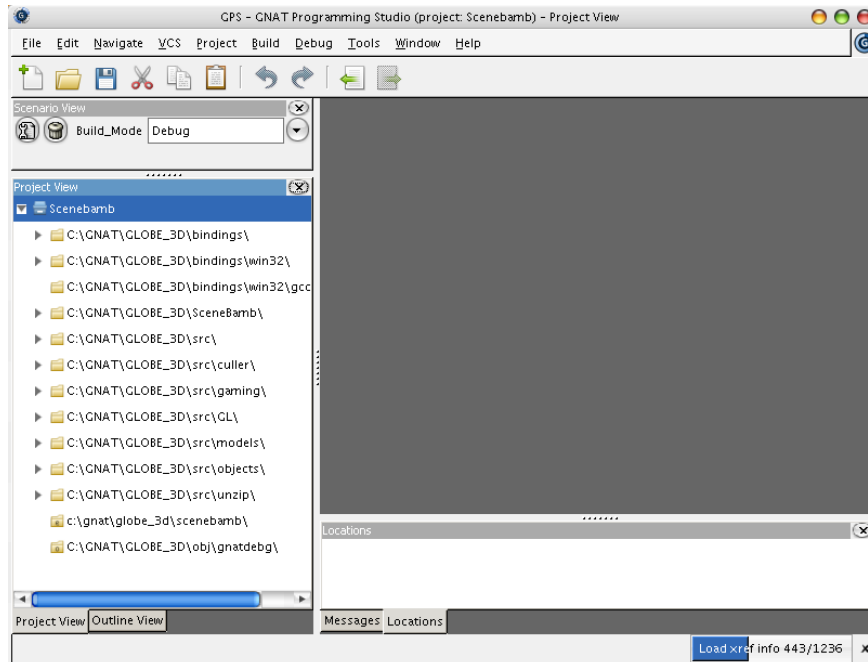


Figura 3.8 Apertura del archivo “scenebamb.gpr” con GNAT Programming Studio

9. Ir al menú Project del GNAT, luego a “Edit Project Properties”, posteriormente a la pestaña “Main Files” y borrar los archivos que estén ahí con el botón “remove” (Figura 3.9), luego con el botón “add” se busca y se chequea el archivo con el nombre de la aplicación “scenebamb.adb” (Figura 3.10).

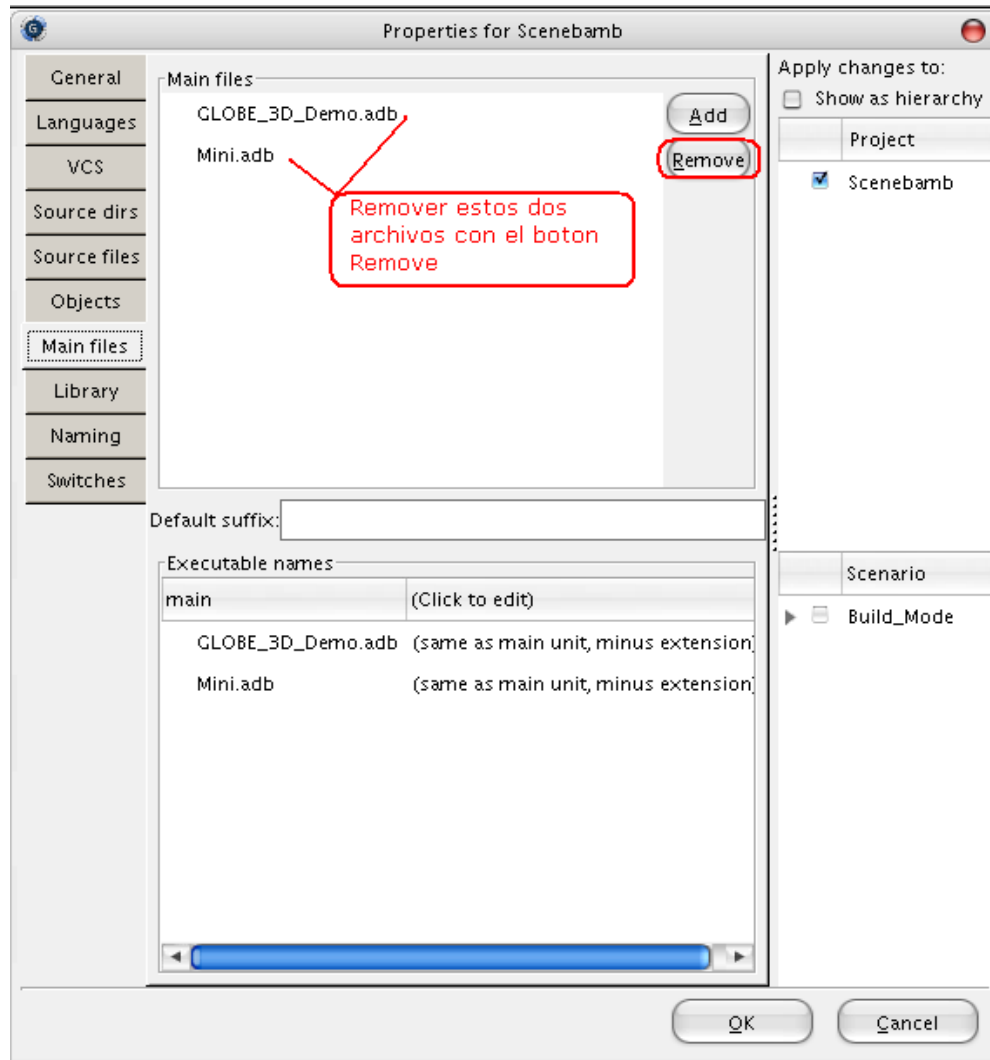


Figura 3.9 Removiendo los archivos de la pestaña “Main Files”

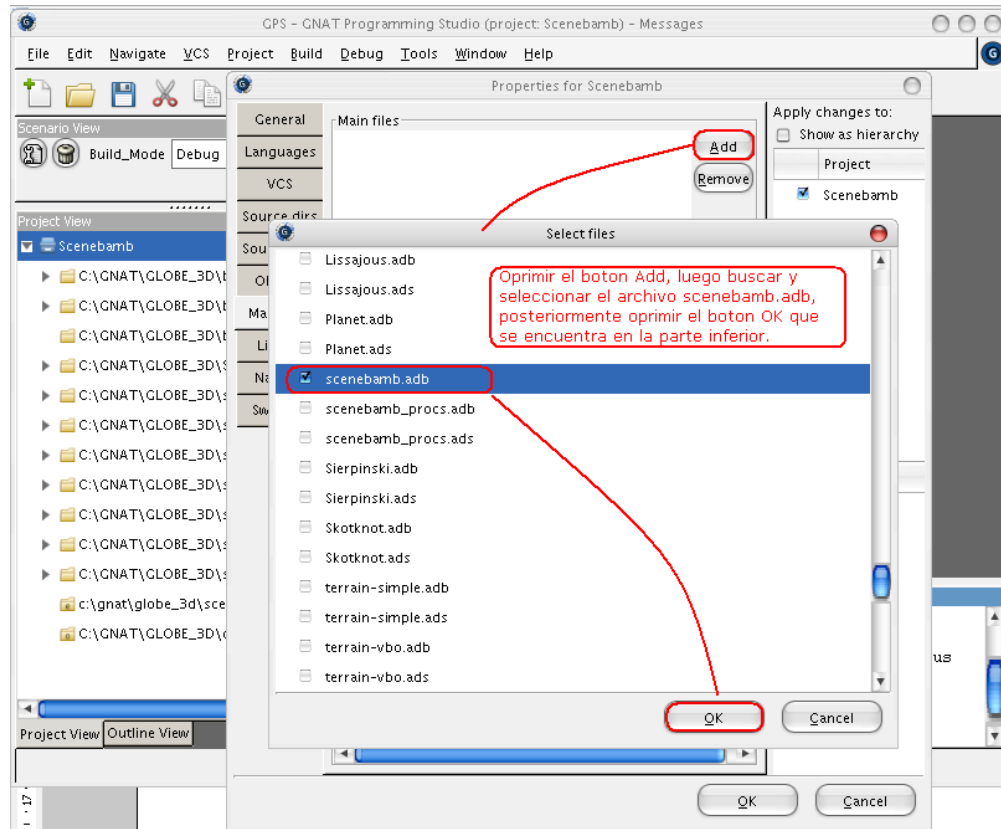


Figura 3.10 Adicionando scenebamb.adb en la pestaña de Main Files.

10. A continuación escribir el código de cada archivo
(Código disponible en las páginas 48 a 53).

Una vez digitado el código de la aplicación, se debe realizar la compilación de los archivos, para ello se debe hacer clic en: menú Build → Make → Scenebamb.adb u oprimir la tecla F4, tal como lo muestra la Figura 3.11.

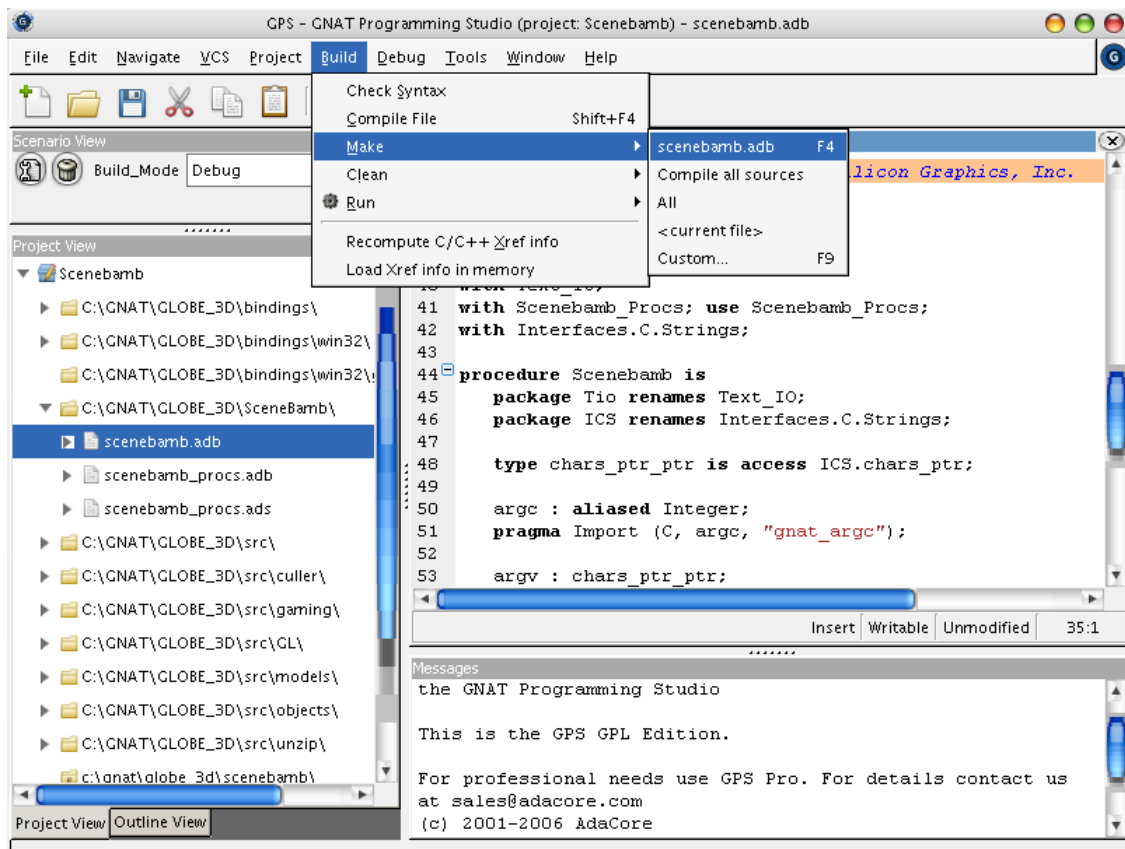


Figura 3.11 Compilación y construcción de la aplicación Scenebamb.

Posteriormente GNAT debería mostrar un mensaje como éste “process terminated successfully” (Figura 3.12). (Si todos los pasos se han realizado correctamente), lo cual indica que se ha creado el archivo ejecutable de la aplicación el cual se llamará: “scenebamb.exe”

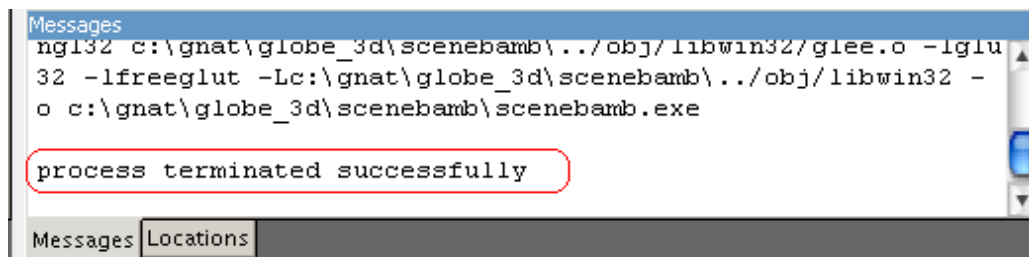


Figura 3.12 Mensaje de creación exitosa de “scenebamb.exe”

Ahora simplemente se deberá dirigir a la carpeta scenebamb y ahí se encontrará un nuevo archivo “scenebamb.exe”, el cual al ejecutarlo se observará la Aplicación finalizada con nombre “OpenGL & Ada: scenebamb” en la barra de título, tal como lo ilustra la Figura 3.1 que aparece al inicio del presente anexo.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO FUENTE DE LA APLICACIÓN.

3.3.1 Archivo Scenebamb.adb

```
with GL; use GL;
with Glut; use Glut;
with Text_IO;
with Scenebamb_Procs; use Scenebamb_Procs;
with Interfaces.C.Strings;
```

-- Las anteriores líneas de código son las instrucciones en Ada para importar las librerías necesarias para la aplicación.

```
procedure Scenebamb is
  package Tio renames Text_IO;
  package ICS renames Interfaces.C.Strings;

  type chars_ptr_ptr is access ICS.chars_ptr;

  argc : aliased Integer;
  pragma Import (C, argc, "GNAT_argc");

  argv : chars_ptr_ptr;
  pragma Import (C, argv, "GNAT_argv");
```

```
foobar : Integer;  
pragma Unreferenced (foobar);
```

-- Las anteriores líneas son para la declaración de variables. Generalmente estas líneas de código se dejan quietas pues son parte de la iniciación que crea el autor del motor gráfico.

begin

- A continuación empieza el código en Ada utilizando las funciones del motor basado en OpenGL, el autor del motor gráfico aunque utiliza los mismos parámetros de cada función, definió sus propias funciones con sus propios nombres y formas, cabe aclarar que los nombres son muy parecidos pero hay ciertas diferencias que se deben tener en cuenta. A continuación se hará la comparación de cada función con las funciones originales de OpenGL escritas en lenguaje C y las de este motor gráfico, esto se hará solo para este archivo a modo de explicación, en adelante el lector deberá buscar la forma correcta de escribir las funciones hechas en Globe_3D correspondientes a las funciones originales de OpenGL y Glut, esto se hace comparando los nombres de las funciones creadas en el motor con el algún manual de referencia de OpenGL y Glut, o bien con el Bluebook y Glut-3.spec respectivamente.

```
InitWindowSize (500, 500); -- inicializa una ventana con dos parámetros enteros, el  
-- ancho y el alto, la función original en el manual de referencia es Glutinitwindow size
```

```
Glut.Init; -- Inicia la librería Glut y negocia una sesión con el sistema de ventanas, la -----  
librería original es GlutInit, nótese que en Globe_3D hay un punto de por medio -----  
Glut.initgl
```


InitDisplayMode(GLUT.RGB or GLUT.DEPTH or GLUT.SINGLE); --fija el modo ---- de inicio de la pantalla, para este caso la instrucción original es "GlutInitDisplayMode(GLUT_RGB || GLUT_DEPTH || GLUT_SINGLE)"

```
foobar := CreateWindow ("OpenGL & Ada: scenebamb");
```

```
DoInit;
```

```
ReshapeFunc (ReshapeCallback'ACCESS);
```

```
DisplayFunc (DoDisplay'ACCESS);
```

- Las anteriores son funciones basadas en Glut escritas en Globe_3D que tienen como parámetro una función creada por el usuario (DoDisplay o ReshapeCallback) la cual toma los parámetros definidos en ReshapeFunc o DisplayFunc creados por el autor basándose en Glut.

```
MainLoop;
```

```
end Scenebamb;
```

3.3.2 Archivo Scenebamb_procs.adb

```
with GL; use GL;
```

```
with Glut; use Glut;
```

-- Las anteriores líneas son para adicionar librerías necesarias

```
package body Scenebamb_Procs is
```

```
  procedure DoInit is
```

```
    ambient : constant array (0 .. 3) of aliased GL.float :=  
      (0.0, 0.0, 1.0, 1.0);
```

```
    diffuse : constant array (0 .. 3) of aliased GL.float :=  
      (1.0, 1.0, 1.0, 1.0);
```

```
specular : constant array (0 .. 3) of aliased GL.float :=  
  (1.0, 1.0, 1.0, 1.0);  
position : constant array (0 .. 3) of aliased GL.float :=  
  (1.0, 1.0, 1.0, 0.0);  
-- Las anteriores líneas son para definir variables, constantes etc... en este caso son -----  
arreglos
```

```
begin  
  gl.Light (GL.LIGHT0, GL.AMBIENT, (0.0, 0.7, 1.0, 1.0));  
  gl.Light (GL.LIGHT0, GL.DIFFUSE, (1.0, 1.0, 1.0, 1.0));  
  gl.Light (GL.LIGHT0, GL.POSITION, (1.0, 1.0, 1.0, 0.0));  
  
  Enable (GL.LIGHTING);  
  Enable (GL.LIGHT0);  
  Enable (GL.DEPTH_TEST);  
  DepthFunc (GL.LESS);  
-- Las anteriores líneas son para fijar las condiciones del ambiente y de luz
```

```
end Dolnit;
```

```
procedure DoDisplay is
```

```
begin  
  -- 16#4100# = GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT  
  gl.Clear (GL.COLOR_BUFFER_BIT or GL.DEPTH_BUFFER_BIT);  
  
  gl.PushMatrix;  
  gl.Rotate (20.0, 1.0, 0.0, 0.0);  
  
  gl.PushMatrix;  
  gl.Translate (-0.75, 0.5, 0.0);  
  gl.Rotate (90.0, 1.0, 0.0, 0.0);  
  Glut.SolidTorus (0.275, 0.85, 50, 50);
```

```
gl.PopMatrix;
```

```
gl.PushMatrix;
```

```
gl.Translate (-0.75, -0.5, 0.0);
```

```
gl.Rotate (270.0, 1.0, 0.0, 0.0);
```

```
Glut.SolidCone (1.0, 2.0, 50, 50);
```

```
gl.PopMatrix;
```

```
gl.PushMatrix;
```

```
gl.Translate (0.75, 0.0, -1.0);
```

```
Glut.SolidSphere (1.0, 50, 50);
```

```
gl.PopMatrix;
```

```
gl.PopMatrix;
```

```
gl.Flush;
```

```
end DoDisplay;
```

-- Las anteriores líneas son para posicionar y crear los tres sólidos, el cono, la esfera y el
– toroide.

```
procedure ReshapeCallback (w : Integer; h : Integer) is
```

```
begin
```

```
gl.Viewport (0, 0, GL.sizei(w), GL.sizei(h));
```

```
gl.MatrixMode (GL.PROJECTION);
```

```
gl.LoadIdentity;
```

```
if w <= h then
```

```
gl.Ortha (-2.5, 2.5, GL.double (-2.5*Float (h)/ Float (w)),
```

```
GL.double (2.5*Float (h)/Float (w)), -10.0, 10.0);
```

```
else
```

```
gl.Ortha (GL.double (-2.5*Float (w)/Float (h)),
```

```
    GL.double (2.5*Float (w)/Float (h)), -2.5, 2.5, -10.0, 10.0);  
end if;
```

```
    gl.MatrixMode (GL.MODELVIEW);  
end ReshapeCallback;
```

Las anteriores líneas son para el refresco de pantalla y para la perspectiva de ambiente 3d

```
end Scenebamb_Procs;
```

3.3.3 Archivo Scenebamb_procs.ads

```
package Scenebamb_Procs is  
  procedure DoInit;  
  procedure DoDisplay;  
  procedure ReshapeCallback (w : Integer; h : Integer);  
end Scenebamb_Procs;
```

Las anteriores líneas son para definir los procedimientos que el usuario crea para utilizar los procedimientos del Globe_3D.

Nota 1: Se ha utilizado indistintamente la palabra función con procedimiento.

Nota 2: Es esencial para la total comprensión del código tener bases en OpenGL y disponer de los libros Bluebook (manual de referencia de OpenGL) y Glut-3.spec (manual de referencia de Glut versión 3.7).

4 ANEXO IV: GUÍA DE USUARIO DEL ENTORNO GRÁFICO DE UN ENTRENADOR VIRTUAL DE PRÓTESIS DE MANO.

El Entorno Gráfico es una aplicación software correspondiente a un entorno que representa en forma gráfica tridimensional el modelo dinámico de una prótesis virtual de mano robótica con la cual se puede analizar, simular y visualizar diferentes tipos de movimientos o agarres (cilíndrico, de punta y de gancho) sobre un objeto virtual a partir de unas trayectorias articulares dadas las cuales constituyen las intenciones de movimiento.

El Entorno Gráfico consta de dos ventanas, una de las cuales corresponde a la interfaz de usuario desde la cual se puede controlar ya sea en forma manual o automática el modelo de mano 3D y en la otra ventana el usuario puede visualizar en tiempo real los movimientos del modelo de mano virtual de acuerdo a las acciones indicadas por el usuario. En la Figura 4.1 se puede observar el aspecto visual de la aplicación, la ventana del lado izquierdo corresponde a la ventana de Control del Modelo 3D y la del lado derecho corresponde a la ventana de Modelo 3D.

Para el desarrollo del Entorno Gráfico se emplearon tres herramientas de software libre, las cuales son: el entorno de desarrollo llamado GNAT Programming Studio o GPS en el cual se estructuró y escribió todo el código fuente de la aplicación; una herramienta software llamada GLOBE_3D para la construcción de aplicaciones 3D de tiempo real, escrita en lenguaje de programación Ada y por medio de la cual se emplearon las capacidades de la librería OpenGL para el desarrollo del entorno 3D; y por ultimo una herramienta software para la creación de interfaces graficas de usuario llamada GtkAda que emplea las características de programación orientada a objetos y se empleo para crear la interfaz por medio de la cual se lleva a cabo el control del modelo de mano tridimensional.

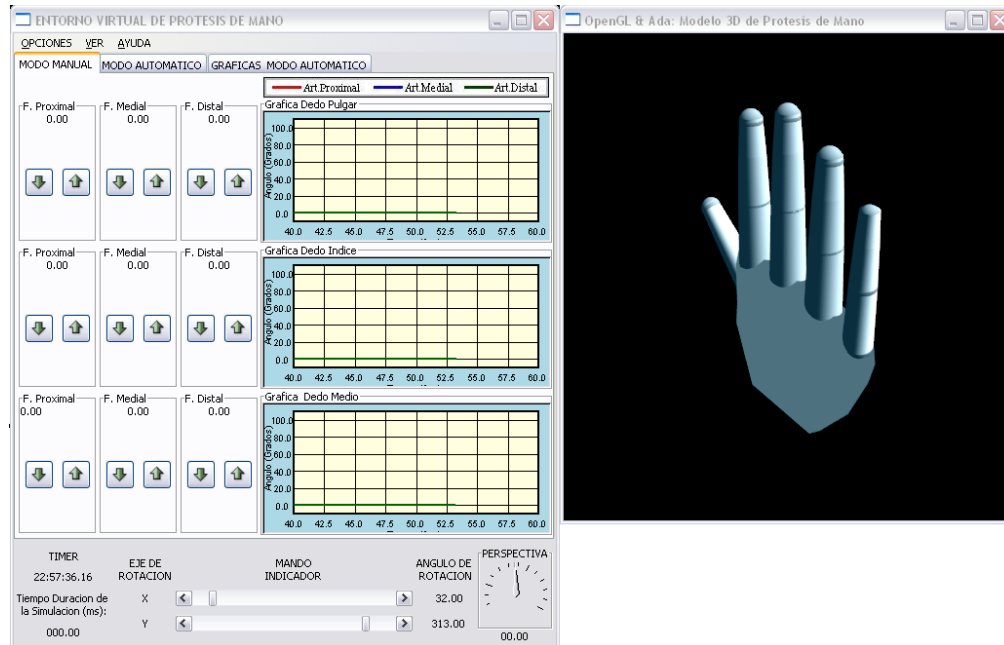


Figura 4.1 Aspecto visual del Entorno Gráfico.

A continuación se listan cada uno de los elementos que conforman la aplicación (Entorno Gráfico):

- Ventana de Modelo 3D.
- Ventana de Control del Modelo 3D.

4.1 VENTANA DE MODELO 3D.

En esta ventana se muestra en forma gráfica el modelo tridimensional de la mano virtual (humana); adicionalmente se puede llevar a cabo acciones de rotación sobre el modelo de mano 3D mediante clic sostenido con el puntero del mouse en el interior de la ventana. En la Figura 4.2 se puede observar el aspecto de la ventana de modelo 3D.

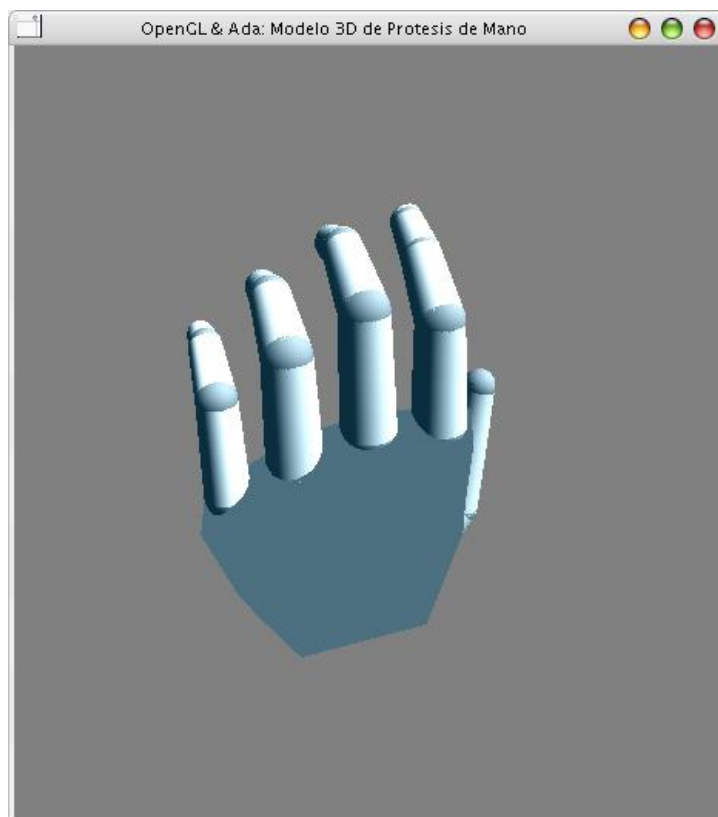


Figura 4.2 Ventana del Modelo 3D de Prótesis de Mano.

4.2 VENTANA DE CONTROL DEL MODELO 3D.

Esta ventana (Figura 4.3) contiene la interfaz de usuario desde la cual se puede controlar ya sea en forma manual o automática el modelo de mano 3D, posee varios elementos principales los cuales se encuentran en la siguiente disposición:

Parte Superior: Se encuentra la Barra de Menús.

Parte Media: Muestra contenido de una de las siguientes pestañas:

- Pestaña de Modo Manual y
- Pestaña de Modo Automático.

Parte Inferior:

- *Lado Izquierdo:* Se encuentran los indicadores de tiempo, por ejemplo: indicador de la hora del sistema, el periodo de simulación por cada línea, la cantidad de líneas simuladas y el tiempo total de duración de la simulación.
- *Parte Central:* Se encuentran dos barras de deslizamiento que controlan la rotación de la mano en el mundo virtual.
- *Lado Derecho:* Se encuentra el dial que controla la perspectiva (el cual permite alejar o acercar la mano).

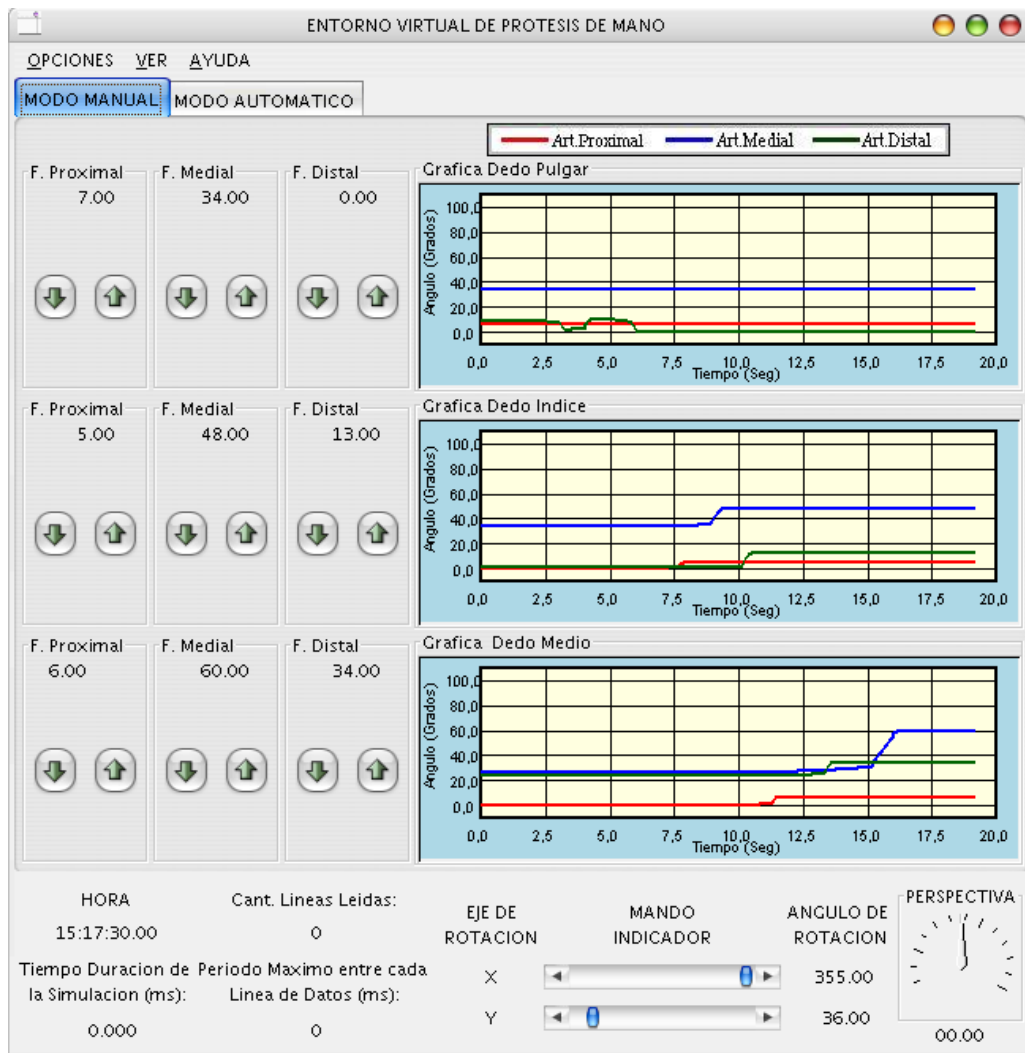


Figura 4.3 Ventana de Control del Modelo 3D.

4.3 TECLAS DE MÉTODO ABREVIADO PARA MANEJAR LA APLICACIÓN.

La Tabla 4.1 y Tabla 4.2 muestran los métodos abreviados de teclado que el usuario puede emplear para llevar a cabo alguna acción en la aplicación.

Dedo Pulgar	Aumentar Valor Angular	Disminuir Valor Angular
<i>Falange Proximal</i>	z	Shift + z
<i>Falange Medial</i>	a	Shift + a
<i>Falange Distal</i>	q	Shift + q
Dedo Pulgar	Aumentar Valor Angular	Disminuir Valor Angular
<i>Falange Proximal</i>	x	Shift + x
<i>Falange Medial</i>	s	Shift + s
<i>Falange Distal</i>	w	Shift + w
Dedo Pulgar	Aumentar Valor Angular	Disminuir Valor Angular
<i>Falange Proximal</i>	c	Shift + c
<i>Falange Medial</i>	d	Shift + d
<i>Falange Distal</i>	e	Shift + e

Tabla 4.1 Teclas para controlar las articulaciones de los dedos de la mano 3D.

Tecla	Acción
b	Despliega un objeto Cilíndrico en el entorno 3D
g	Despliega un objeto Esférico pequeño en el entorno 3D
t	Despliega un objeto en forma de Gancho en el entorno 3D
n	Despliega un objeto Esférico centrado en la palma de la mano en el entorno 3D
v / Shift + v	Disminuye / Aumenta el tamaño del objeto
f / Shift + f	Aleja / Acerca el objeto hacia la mano
r / Shift + r	Sube / Baja el objeto con respecto a la mano 3D
m	Vuelve el fondo del entorno 3D de color Negro
j	Vuelve el fondo del entorno 3D de color Gris
u	Vuelve el fondo del entorno 3D de color Azul

Tabla 4.2 Teclas para controlar los objetos y el color de fondo del entorno 3D.

4.4 LA BARRA DE MENÚS.

La barra de menús se conforma de tres elementos: Opciones, Ver y Ayuda.

4.4.1 EL MENÚ OPCIONES.

En este menú (Figura 4.4) se encuentran dos opciones: Intervalo de Simulación y SALIR.

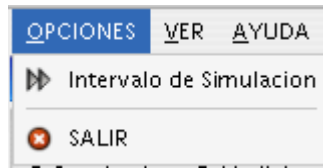


Figura 4.4 Menú Opciones

Intervalo de Simulación: Esta opción permite al usuario digitar el valor del periodo de tiempo de simulación en milisegundos entre cada conjunto de datos a simular. En la Figura 4.5 se puede observar la pequeña ventana que aparecerá cuando se haga clic sobre la opción Intervalo de Simulación.

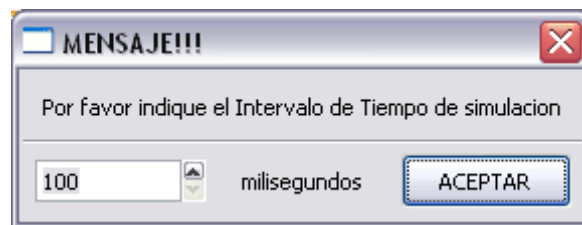


Figura 4.5 Selección del Intervalo de Tiempo de Simulación

SALIR: Opción empleada para salir de la aplicación.

4.4.2 EL MENÚ VER.

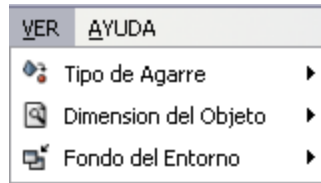


Figura 4.6 Menú Ver.

Este menú consta de tres submenús (Figura 4.6) los cuales son: Tipo de Agarre, Dimensión del Objeto y Fondo del Entorno.

Tipo de Agarre: Este menú se emplea para ubicar en el entorno 3D un objeto que sea acorde o especial para un determinado tipo de agarre que puede ser desarrollado por la mano tridimensional, como se puede observar en la Figura 4.7, se puede realizar la escogencia entre cinco tipos de movimientos de agarre.



Figura 4.7 Submenú Tipo de Agarre.

En la Opción Libre: Únicamente aparecerá el modelo de la mano 3D en el entorno; dado el caso de que haya algún objeto presente en el entorno, dicho objeto desaparecerá.

En las otras opciones (Cilíndrico, Gancho, Punta y Esférico): Aparecerá en el entorno 3D un objeto en la posición y forma adecuada, de tal forma que al momento de realizar la simulación se pueda observar el tipo de agarre seleccionado.

Dimensión del Objeto: Este menú se emplea para seleccionar el tamaño del objeto, como se puede observar en la Figura 4.8, se puede realizar la escogencia entre tres tipos de tamaño (grande, mediano y pequeño).

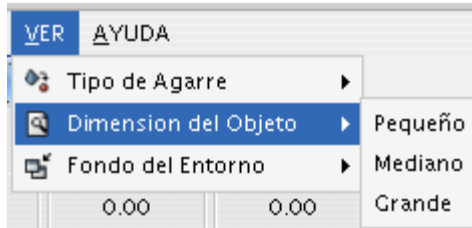


Figura 4.8 Submenú Dimensión del Objeto.

Fondo del Entorno: Este menú se emplea para seleccionar el color de fondo del entorno, como se puede observar en la Figura 4.9, se puede realizar la escogencia entre tres tipos de color de fondo (Negro, Gris y Azul).

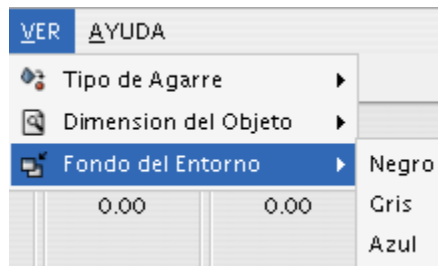


Figura 4.9 Submenú Fondo del Entorno.

4.5 PESTAÑA DE MODO MANUAL

Cuando en la aplicación se encuentra activa la pestaña de modo manual (Figura 4.10), el usuario puede realizar el control de las falanges de los dedos en forma manual mediante los diferentes botones que se encuentran presentes en la interfaz. A continuación se describen en forma más detallada los elementos presentes en dicha pestaña.

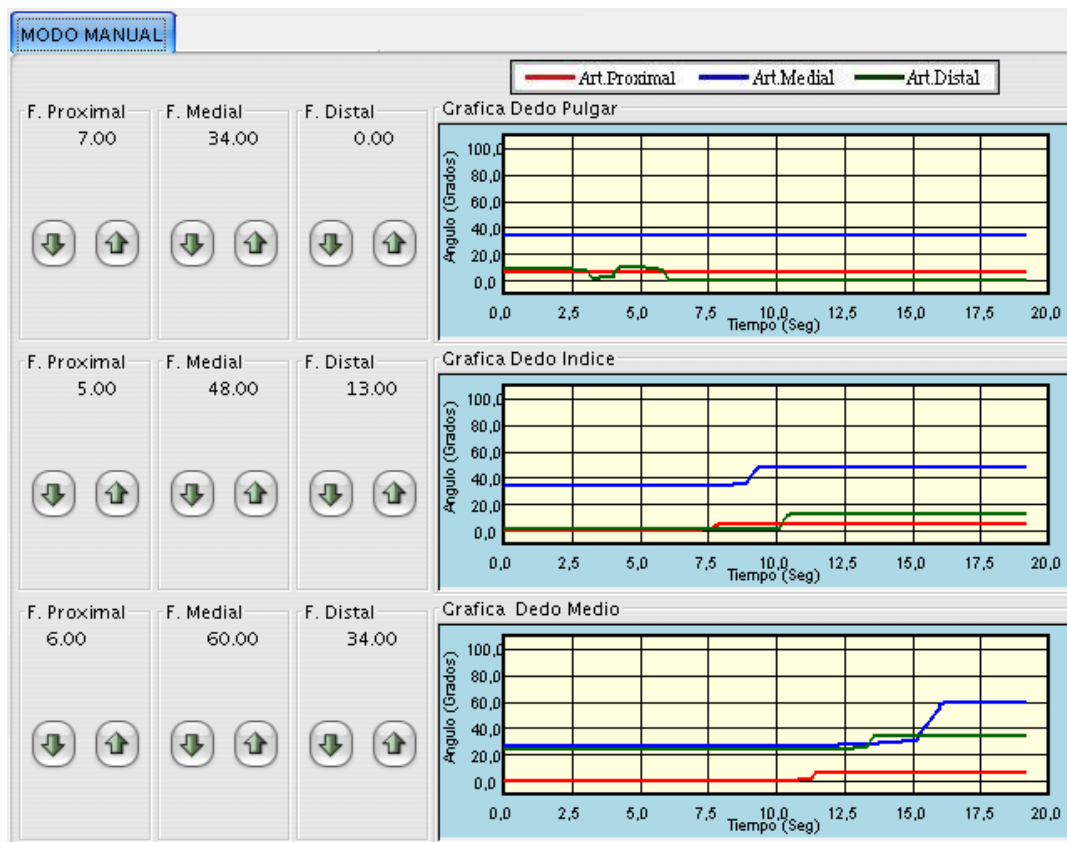


Figura 4.10 Pestaña de Modo Manual.

- *Lado Izquierdo:* Botones que controlan las articulaciones de los dedos, los cuales se encuentran dispuestos en tres filas de seis botones de la siguiente manera: en la parte superior esta la línea de botones que controlan las articulaciones del dedo Pulgar, los botones de la parte media corresponden a los del dedo índice y los de la parte inferior son los correspondientes al dedo medio, anular y meñique.
- *Lado Derecho:* En esta parte se encuentran tres cuadros de gráficas (Valor Angular Vs. Tiempo) el cuadro superior corresponde al dedo pulgar, el cuadro medio corresponde al dedo índice y el cuadro inferior corresponde al dedo medio, anular y meñique; cada cuadro contiene tres trazados que corresponden cada uno al desplazamiento angular de una de las falanges de alguno de los dedos modelados, el trazado de color rojo, azul y verde corresponden al desplazamiento de la articulación proximal, medial y distal respectivamente de alguno de los dedos de la mano.

4.6 PESTAÑA DE MODO AUTOMÁTICO

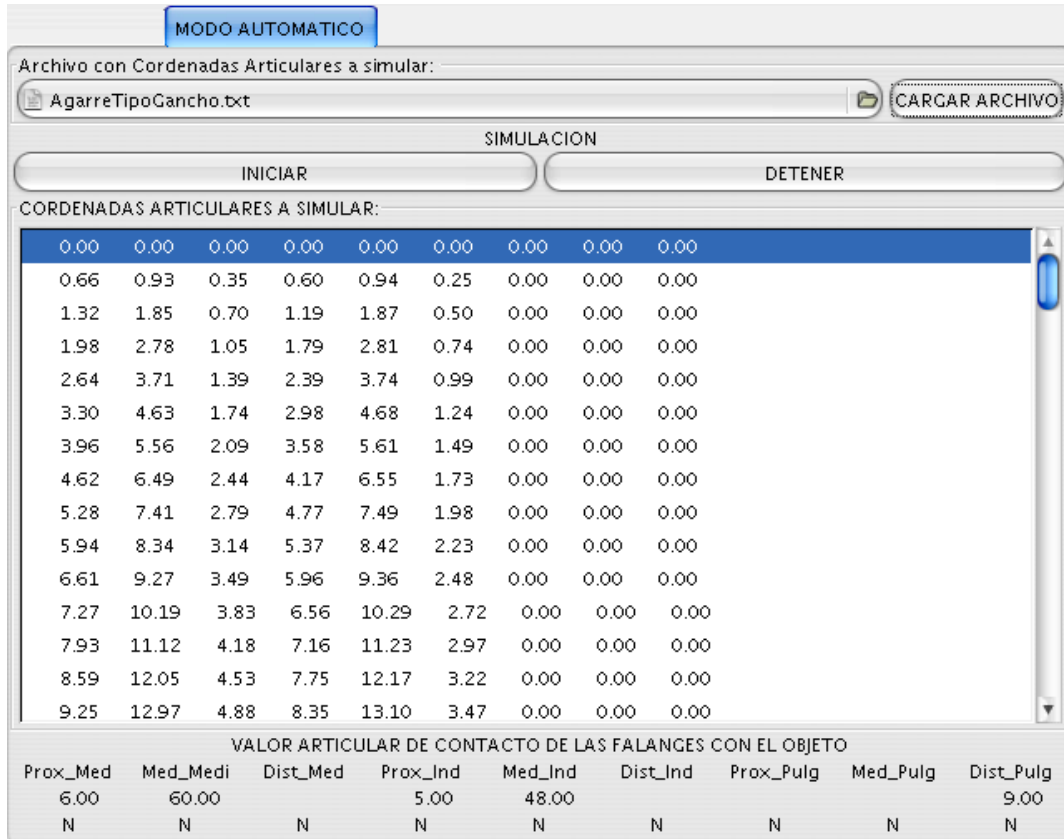


Figura 4.11 Pestaña de Modo Automático.

Cuando en la aplicación se encuentra activa la pestaña de modo automático (Figura 4.11), el usuario puede simular diferentes tipos de movimientos o agarres sobre un objeto a partir de unas trayectorias articulares las cuales deben estar previamente guardadas en un archivo de texto plano, las trayectorias articulares deben estar organizadas en un listado de nueve columnas de datos, similar a la forma como lo indica la Figura 4.12 . Los datos deben ser números reales positivos desde 0.00 hasta 109.00 los cuales corresponden a los valores límites de desplazamiento angular de las articulaciones de los dedos.

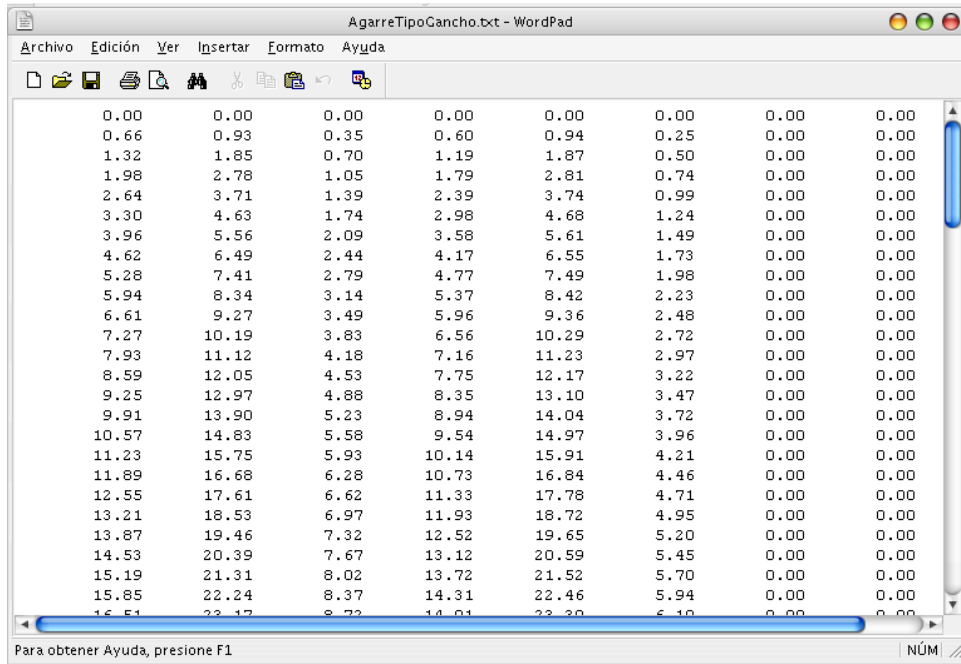


Figura 4.12 Archivo de listado de datos a simular.

Una vez creado el archivo de listado de datos a simular, se procede a indicar la forma en la cual el usuario puede cargar dicho listado en la aplicación y realizar su respectiva simulación. Para cargar los datos en la aplicación se debe hacer clic en el botón encerrado en el recuadro rojo que muestra la Figura 4.13.

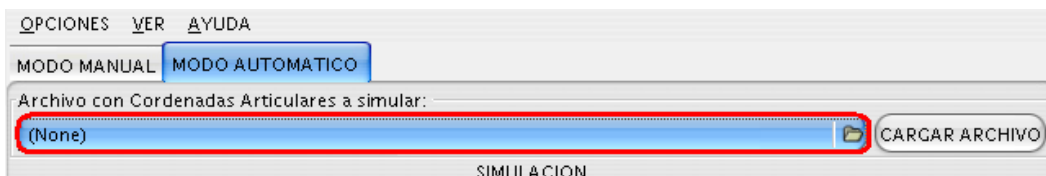


Figura 4.13 Botón de selección del archivo a simular.

Aparecerá entonces una nueva ventana (Figura 4.14) en la cual el usuario debe indicar la ruta en la cual se encuentra el archivo con los datos a simular. Una vez seleccionado el archivo se debe hacer doble clic sobre su icono o bien hacer clic en el botón etiquetado con la palabra Open, tal como se puede observar en la Figura 4.14.

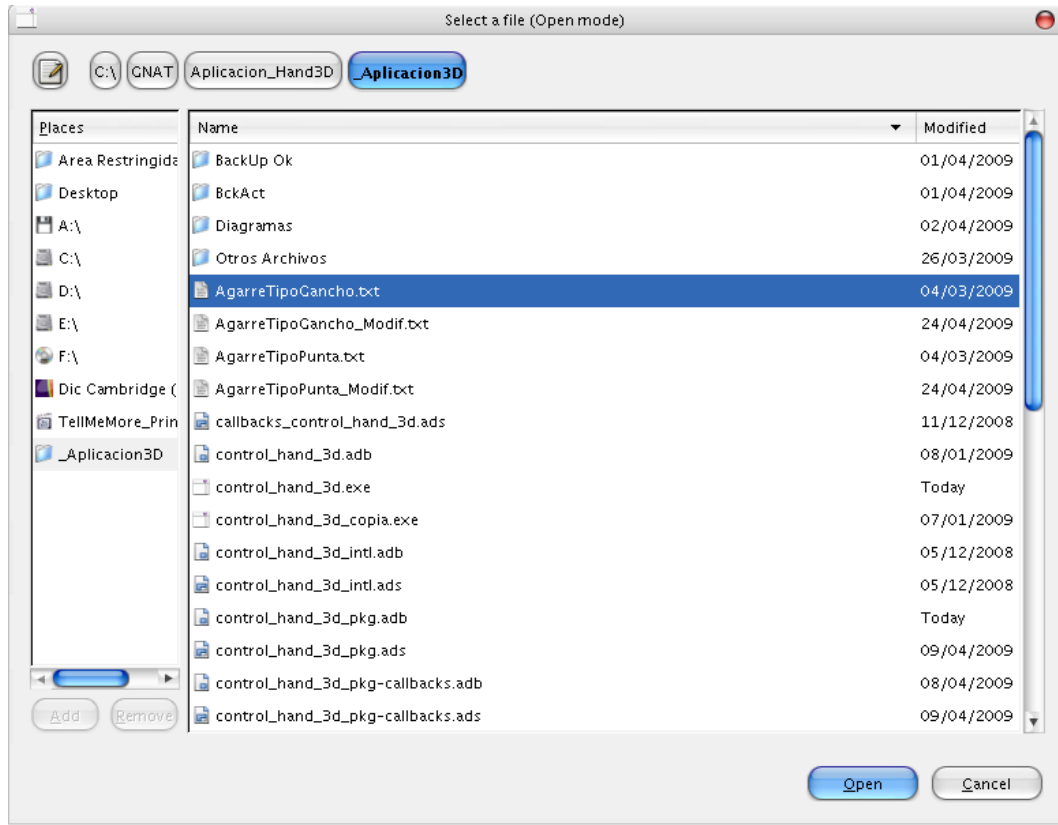


Figura 4.14 Ventana de selección del archivo de datos a simular.

A continuación la anterior ventana se cierra y la aplicación muestra al usuario el nombre del archivo seleccionado, posteriormente el usuario debe hacer clic en el botón etiquetado como CARGAR ARCHIVO (Figura 4.15), para que así pueda ser desplegado el listado de datos a simular en la aplicación.

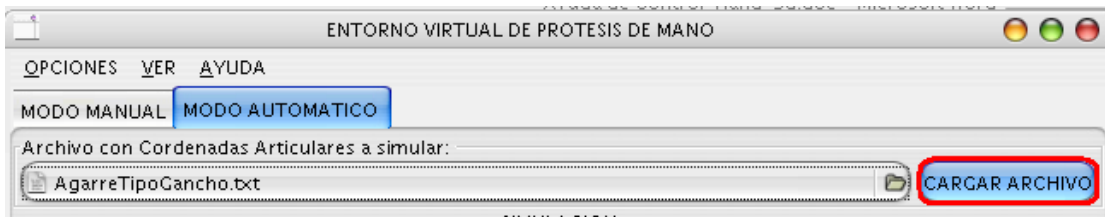


Figura 4.15 Forma de cargar en la aplicación el archivo seleccionado.

La Figura 4.16 muestra la forma en la cual son listados los datos en la aplicación.

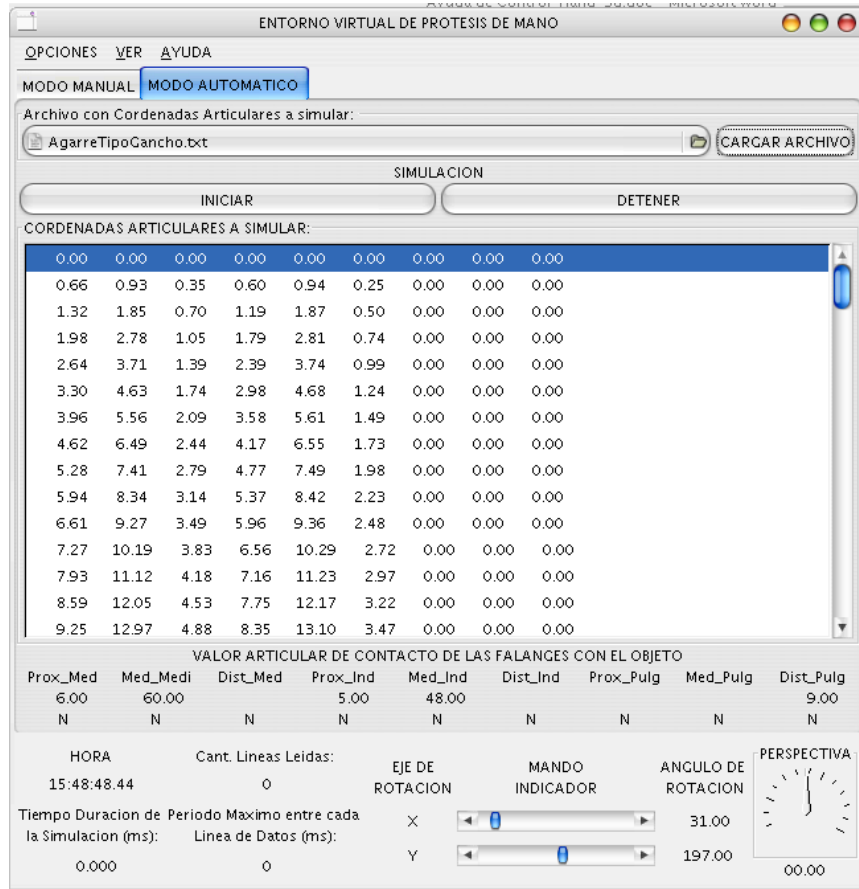


Figura 4.16 Datos listados en la aplicación.

Para que la aplicación desarrolle la simulación, el usuario debe hacer clic en el botón etiquetado como INICIAR, de igual forma para detener la simulación el usuario debe hacer clic en el botón DETENER, dichos botones se muestran señalados en recuadros de color rojo en la Figura 4.17.

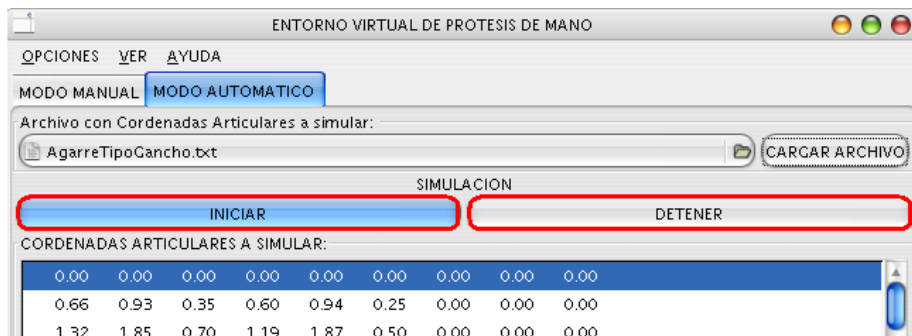


Figura 4.17 Botones Iniciar y Detener simulación.

La parte encerrada en el recuadro rojo de la Figura 4.18 muestra al usuario algunos datos relevantes respecto a la simulación, tales como la hora actual, la cantidad de líneas de datos simuladas, el periodo de tiempo máximo entre cada línea de datos en milisegundos y el tiempo de duración de la simulación en milisegundos.

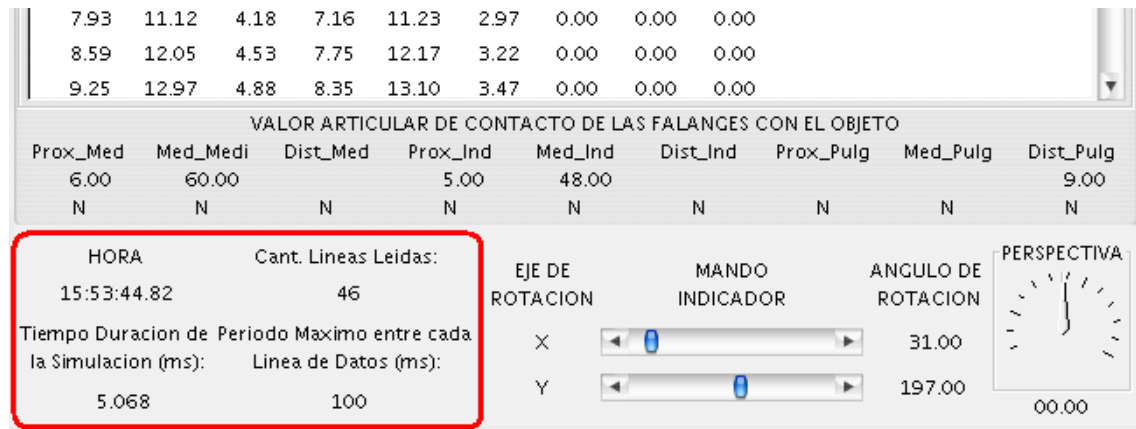


Figura 4.18 Indicadores de tiempo y líneas simuladas.

Los controles que se encuentran encerrados en el recuadro rojo de la Figura 4.19 permiten al usuario cambiar la rotación y la perspectiva del modelo 3D en el entorno virtual.

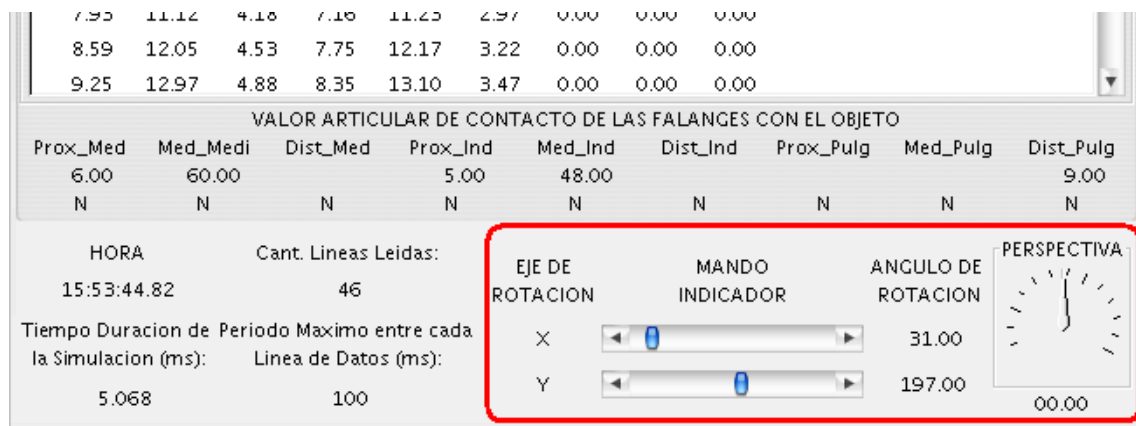


Figura 4.19 Controles de rotación y perspectiva de la mano.

5 ANEXO V: GLOSARIO.

Algoritmo: es una lista bien definida, ordenada y finita de operaciones que permite hallar la solución a un problema. Dado un estado inicial y una entrada, a través de pasos sucesivos y bien definidos se llega a un estado final, obteniendo una solución.

Ada: es un lenguaje de programación orientado a objetos y fuertemente tipado de forma estática que fue diseñado por Jean Ichbiah de CII Honeywell Bull por encargo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Es un lenguaje multipropósito, orientado a objetos y concurrente, pudiendo llegar desde la facilidad de Pascal hasta la flexibilidad de C++.

API: En español significa “interfaz de programación de aplicaciones” o API (del inglés Application Programming Interface) es el conjunto de funciones y procedimientos (o métodos, si se refiere a programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

Arquitectura de Software: Consiste en un conjunto de patrones y abstracciones coherentes que proporcionan el marco de referencia necesario para guiar la construcción del software para un sistema de información.

Bitmap: Imagen representada internamente como mapa de bits.

CAD: El diseño asistido por computador (o computadora u ordenador), abreviado como DAO (Diseño Asistido por Ordenador) pero más conocido por sus siglas inglesas CAD (*Computer Aided Design*), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y a otros profesionales del diseño en sus respectivas actividades.

Cinemática: es la parte de la mecánica clásica que estudia las leyes del movimiento de los cuerpos sin tener en cuenta las causas que lo producen, limitándose esencialmente, al estudio de la trayectoria en función del tiempo.

Cintura escapular: es el segmento proximal del miembro superior. Se extiende desde la base del cuello hasta el borde inferior del músculo pectoral mayor.

Código Abierto: es el término con el que se conoce al software distribuido y desarrollado libremente.

Compilador: es un software informático que traduce un programa escrito en un lenguaje de programación a otro lenguaje de programación, generando un programa equivalente que la máquina será capaz de interpretar. Usualmente el segundo lenguaje es código máquina, pero también puede ser simplemente texto. Este proceso de traducción se conoce como compilación.

Computación concurrente: es la simultaneidad en la ejecución de múltiples tareas interactivas. Estas tareas pueden ser un conjunto de procesos o hilos de ejecución creados por un único programa. Las tareas se pueden ejecutar en una sola unidad central de proceso (multiprogramación), en varios procesadores o en una red de computadores distribuidos. La programación concurrente está relacionada con la programación paralela, pero enfatiza más la interacción entre tareas. Así, la correcta secuencia de interacciones o comunicaciones entre los procesos y el acceso coordinado de recursos que se comparten por todos los procesos o tareas son las claves de esta disciplina.

Coordenadas homogéneas: En matemáticas, y más concretamente en geometría proyectiva, son un instrumento usado para describir un punto en el espacio proyectivo. Fueron introducidas por August Ferdinand Möbius en 1837. En coordenadas homogéneas, todo punto bidimensional está definido en tres coordenadas. De tal modo que un punto de dimensiones x e y , se lo representa por las coordenadas en tripleta: xw, yw, w . Matemáticamente, las coordenadas del "x" y del "y" se hallan dividiendo los dos primeros números por el tercero respectivamente.

CPU: es el componente en una computadora digital que interpreta las instrucciones y procesa los datos contenidos en los programas de la computadora.

Detección de Colisiones: La Detección de Colisiones es el método utilizado por algunos videojuegos o aplicaciones gráficas para detectar si dos objetos han colisionado.

Direct3D: es parte de DirectX, una API propiedad de Microsoft disponible tanto en los sistemas Windows de 32 y 64 bits, como para sus consolas Xbox y Xbox 360 para la programación de gráficos 3D.

DirectX: es una colección de APIs creadas y recreadas para facilitar las complejas tareas relacionadas con multimedia, especialmente programación de juegos y vídeo en la plataforma Microsoft Windows.

Dinámica: es la parte de la física que describe la evolución en el tiempo de un sistema físico en relación a las causas que provocan los cambios de estado físico y/o estado de movimiento. El objetivo de la dinámica es describir los factores capaces de producir alteraciones de un sistema físico, cuantificarlos y plantear ecuaciones de movimiento o ecuaciones de evolución para dicho sistema.

Formato de Imagen: El formato de imagen provee un método estandarizado para la organización y el almacenamiento de datos de imagen.

Frame: Es un fotograma o cuadro, una imagen particular dentro de una sucesión de imágenes que componen una animación. La continua sucesión de estos fotogramas producen a la vista la sensación de movimiento, fenómeno dado por las pequeñas diferencias que hay entre cada uno de ellos.

Framebuffer (FB): Zona de memoria donde se guarda el bitmap que representa a la pantalla. Suelen haber entre dos y tres FB por hardware gráfico.

Glade: es una herramienta de desarrollo visual de interfaces gráficas mediante GTK/GNOME. Es independiente del lenguaje de programación y predeterminadamente no genera código fuente sino un archivo XML.

Glide: Es el estándar gráfico que promovió 3dfx cuando lanzó su gama de tarjetas Voodoo1.

Globe_3D: Es una herramienta libre con código abierto escrita en lenguaje de programación Ada, funciona en tiempo real y su estructura está basada en OpenGL.

Glut: (del inglés *OpenGL Utility Toolkit*) es una biblioteca de utilidades para programas OpenGL que principalmente proporciona diversas funciones de entrada/salida con el sistema operativo. Entre las funciones que ofrece se incluyen declaración y manejo de ventanas y la interacción por medio de teclado y ratón. También posee rutinas para el dibujo de diversas primitivas geométricas (tanto sólidas como en modo *wireframe*) que incluyen cubos, esferas y tetraedros.

Grados de Libertad: son el número mínimo de velocidades generalizadas independientes necesarias para definir el estado cinemático de un mecanismo o sistema mecánico. El número de grados de libertad coincide con el número de ecuaciones necesarias para describir el movimiento.

GTKAda: es una biblioteca del equipo GTK+, la cual contiene los objetos y funciones para crear la interfaz gráfica de usuario. Maneja widgets como ventanas, botones, menús, etiquetas, deslizadores, pestañas, etc. Es una abstracción del GTK tradicional pero escrito en lenguaje ADA.

GUI: La interfaz gráfica de usuario (en Idioma inglés *Graphical User Interface*, GUI) es un tipo de interfaz de usuario que utiliza un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en la interfaz. Habitualmente las acciones se realizan mediante manipulación directa para facilitar la interacción del usuario con la computadora.

Hardware: corresponde a todas las partes físicas y tangibles de una computadora: sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos, sus cables, gabinetes o cajas, periféricos de todo tipo y cualquier otro elemento físico involucrado.

IDE: Un entorno de desarrollo integrado o en inglés Integrated Development Environment ('IDE') es un programa compuesto por un conjunto de herramientas para un programador.

Lenguaje de Programación: conjunto de símbolos y reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos y expresiones. Es utilizado para controlar el comportamiento físico y lógico de una máquina.

Lenguaje procedimental: es un lenguaje que crea programas mediante funciones, devuelve un nuevo estado de resultado y recibe como entrada el resultado de otras funciones. Cuando una función se invoca a sí misma se habla de recursividad.

Mapeo de Texturas: es el método de adición de detalles, superficie o colores a un modelo 3D generado por computadora. En su aplicación a gráficos en 3D el pionero fue Edwin Catmull en su tesis de doctorado en 1974.

Matlab: (abreviatura de *MATrix LABoratory*, "laboratorio de matrices") es un software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows y Apple Mac OS X.

Motor Gráfico: Es un término que hace referencia a una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y la representación de un entorno tridimensional.

Mipmap: son colecciones de imágenes de mapas de bits que acompañan a una textura principal para aumentar la velocidad de renderizado y reducir sus artefactos. Son ampliamente usados en los videojuegos en 3D, simuladores de vuelo, y otras aplicaciones con imágenes tridimensionales. La técnica se conoce como *mipmapping*.

OpenGL: (**Open Graphics Library**) es una especificación estándar que define una API multilingaje y multiplataforma para escribir aplicaciones que produzcan gráficos 2D y 3D.

Pipeline Gráfico: Secuencia de procesos para la representación de gráficos.

Plugin: es una aplicación que se relaciona con otra para aportar una función nueva y generalmente muy específica. Esta aplicación adicional es ejecutada por la aplicación principal e interactúan por medio de la API.

Primitiva Geométrica: Son formas geométricas consideradas primitivas por su básica constitución en las partes que la conforman cuyas formas son el Círculo, el Triángulo y el Cuadrado. En cuanto a primitivas tridimensionales existen los cilindros, el tubo, el toro, la esfera y el cubo, entre otros. Las primitivas geométricas en un software 3D pueden ser editadas para conseguir formas geométricas más complejas, agregando nuevos vértices, aristas y polígonos.

Prótesis Activas: Son aquellas que permiten la movilidad de la mano artificial por parte de la persona discapacitada.

Prótesis Pasivas: tienen un objetivo puramente estético y no pueden ser controladas por el paciente.

Prótesis Mioeléctricas: Las prótesis mioeléctricas son prótesis eléctricas controladas por medio de un poder externo mioeléctrico, estas prótesis son hoy en día el tipo de miembro artificial con más alto grado de rehabilitación.

Rasterización: Es el proceso por el cual una imagen descrita en un formato gráfico vectorial se convierte en un conjunto de píxeles o puntos para ser desplegados en un medio de salida digital, como una pantalla de computadora, una impresora electrónica o una imagen de mapa de bits(bitmap).

Realidad Virtual: es un sistema o interfaz informático que genera entornos sintéticos en tiempo real, representación de las cosas a través de medios electrónicos o representaciones de la realidad, una realidad ilusoria, pues se trata de una realidad perceptiva sin soporte objetivo, sin red extensa, ya que existe sólo dentro del ordenador.

Renderización: es el proceso de generar una imagen desde un modelo. Los medios por los que se puede hacer un renderizado van desde lápiz, pluma, plumones o pastel, hasta medios digitales en dos y tres dimensiones. La palabra *renderización* proviene del inglés *render*, y no existe un verbo con el mismo significado en español, por lo que es frecuente usar las expresiones *renderizar* o *senderear*.

Robótica: La Robótica es la ciencia y la tecnología de los robots. Se ocupa del diseño, manufactura y aplicaciones de los robots. La robótica combina diversas disciplinas como son: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial y la ingeniería de control.

Señales Electromiográficas: EMGs - Señales eléctricas producidas por un músculo durante el proceso de contracción y relajación.

Sincronización: En forma general, sincronizar es hacer que coincidan en el tiempo dos o más fenómenos. En otras palabras, sincronizar se refiere a que dos o más elementos, eventos u operaciones sean programadas para que ocurran en un momento predefinido de tiempo o lugar.

Sistema operativo: es un software de sistema, es decir, un conjunto de programas de computación destinados a realizar muchas tareas entre las que destaca la administración eficaz de sus recursos. Gestiona el hardware de la máquina desde los niveles más básicos, brindando una interfaz con el usuario.

Script: es un guión o conjunto de instrucciones. Permiten la automatización de tareas creando pequeñas utilidades. Un script en el lado del cliente es un programa que puede acompañar a un documento HTML o que puede estar incluido en él. El programa se ejecuta en la máquina del cliente cuando se carga el documento, o en algún otro instante, como por ejemplo cuando se activa un vínculo. El soporte de scripts de HTML es independiente del lenguaje de scripts.

SGML: son las siglas de *Standard Generalized Markup Language* o "Lenguaje de Marcado Generalizado". Consiste en un sistema para la organización y etiquetado de

documentos. La Organización Internacional de Estándares (ISO) normalizó este lenguaje en 1986. El lenguaje SGML sirve para especificar las reglas de etiquetado de documentos y no impone en sí ningún conjunto de etiquetas en especial.

Shader: es un conjunto de instrucciones gráficas destinadas para el acelerador gráfico, estas instrucciones dan el aspecto final de un objeto. Los Shaders determinan materiales, efectos, color, luz, sombra, etc.

Software: se refiere al equipamiento lógico o soporte lógico de un computador digital, y comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica.

Solid Edge: es un programa de parametrizado de piezas en 3D basado en un software de sistema de diseño asistido por ordenador (CAD). Permite el modelado de piezas de distintos materiales, doblado de chapas, ensamblaje de conjuntos, soldadura y funciones de dibujo en plano para ingenieros.

Tiempo Real: Un Sistema en Tiempo Real (STR) es aquel sistema que interactúa activamente con un entorno con dinámica conocida en relación con sus entradas, salidas y restricciones temporales, para darle un correcto funcionamiento de acuerdo con los conceptos de estabilidad, controlabilidad y alcanzabilidad.

Trazado de Rayos: es un algoritmo para síntesis de imágenes tridimensionales. Propuesto inicialmente por Turner Whitted en 1980, está basado en el algoritmo de determinación de superficies visibles de Arthur Appel denominado Ray Casting (1968).

XML: Siglas en inglés de *Extensible Markup Language*, es un metalenguaje extensible de etiquetas desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C). Es una simplificación y adaptación del SGML y permite definir la gramática de lenguajes específicos (de la misma manera que HTML es a su vez un lenguaje definido por SGML). Por lo tanto XML no es realmente un lenguaje en particular, sino una manera de definir lenguajes para diferentes necesidades. Algunos de estos lenguajes que usan XML para su definición son XHTML, SVG, MathML.

Widget: Es una pequeña aplicación o programa, usualmente presentado en archivos o ficheros pequeños que son ejecutados por un motor de *widgets* o Widget Engine. Entre sus objetivos están los de dar fácil acceso a funciones frecuentemente usadas y proveer de información visual.

6 BIBLIOGRAFÍA

1. Microsoft Corporation. [En línea] www.microsoft.com.
2. GNAT Programming Studio GPL Edition 2008. *AdaCore*. [En línea]
<http://libre.adacore.com>.
3. GtkAda: a complete Ada graphical toolkit. *AdaCore*. [En línea]
<https://libre.adacore.com/GtkAda>.
4. OpenGL. [En línea] www.opengl.org.
5. Globe_3D - stands for GL Object Based Engine for 3D. *SourceForge*. [En línea]
<http://globe3D.sourceforge.net>; <http://homepage.sunrise.ch/mysunrise/gdm/g3d.htm>.