ADA COMO LENGUAJE DE ESPECIFICACION

Juan Grompone
Montevideo - *Uruguay*

1. INTRODUCCION

Este trabajo se basa en la experiencia recogida en la especificacion, y posterior implementacion, de una Central Telex concebida como un conjunto distribuido de procesadores. Este proyecto, realizado durante 1985, era la tercera experiencia de diseño de un equipo de este uso, de modo que el tema era conocido y tambien eran conocidas las dificultades de ingenieria de Software que se encontraban en un proyecto de esta naturaleza.

El diseño original del Sistema era de 1978-1980 [1]. Debido a la falta de experiencia en proyectos de esta dificultad, la metodologia de trabajo fue mala. En 1981-1982 [2] se realizo un rediseño importante y se mejoraron muchos aspectos de la ingenieria de Software. En ambas oportunidadades se habian empleado tecnicas convencionales para el diseño y la documentacion. Las definiciones del proyecto eran informales y se reunian en "carpetas de diseño" que contenian anotaciones manuscritas, diagramas con "rombos y rectangulos", esquemas, fragmentos de programas y toda suerte de material no homogeneo.

La segunda experiencia mostro que eran necesarios metodos mas formales de trabajo. Las principales ideas de rediseño fueron publicados en [3]. De aqui surgio la conviccion que los nuevos proyectos emplearian una base teorica mas importante.

En la presente experiencia se decidio desde un principio elaborar un documento formal, conocido como **Manual de Especificacion**, en el que se establecieron reglas precisas. Estas reglas se pueden resumir en la frase: **toda la especificacion se realizaria con programas ADA** [4,5].

El Manual de Especificacion llego a la version 11 a lo largo de sus sucesivos refinamientos. En los cuatro primeros capitulos se especificaba el Hardware del Sistema, con especial enfasis en el diseño de la programacion. En los cinco siguientes se especificaba la programacion de Tiempo Real. En los tres ultimos se especificaba el Lenguaje Hombre Maquina que usaban las Consolas del Sistema.

En este trabajo se analizan las tecnicas y los resultados de esta experiencia, considerada altamente positiva en todos sus aspectos.

2. VENTAJAS DE ESPECIFICAR EN UN LENGUAJE CON COMPILADOR

Si bien muchas veces se ha sostenido la importancia de emplear un lenguaje formal de especificacion para los problemas de computacion [7], en este trabajo deseamos poner enfasis en el empleo de un lenguaje de especificacion **compilable**, de uso general, frente a especificaciones verbales, diagramas o lenguajes creados por el diseñador.

En forma breve, una especificacion formal, realizada en un lenguaje de alto nivel (es decir, alto nivel respecto al nivel de implementacion) permite **abstraer** los elementos esenciales y separar asi **diseño** de **implementacion**. Es un punto esencial del problema la eleccion del lenguaje de especificacion de manera de lograr que esta separacion sea efectiva.

Un lenguaje formal que posee un compilador asegura **la coherencia y la completitud** de la especificacion: al compilar la especificacion se detectan todos los errores formales. Este tipo de verificacion no puede ser realizada con un lenguaje creado para una aplicacion y, la mayoria de las veces, poco formal (en el caso de ADA se disponia solamente de un compilador que implementaba parcialmente el lenguaje, pero de todos modos presto gran utilidad en el proyecto [6]).

Con caracter general, las especificaciones formales permiten, ademas, algunas de las siguientes ventajas:

- definir en forma precisa algoritmos, estructuras de datos, nombres simbolicos y las acciones sobre estos objetos.

- reemplazar diagramas o descripciones verbales por objetos mas precisos.

- reemplazar las descripciones funcionales -por ejemplo del Hardware- por descripciones mas cercanas al implementador.

Estas caracteristicas justifican el empleo de lenguajes formales en general, pero la propuesta de ADA requiere argumentos adicionales. Las razones para elegir ADA como lenguaje de especificacion se pueden resumir en los siguientes puntos:

- el objetivo principal del lenguaje es la confiabilidad y no la facilidad de uso: esta mas cerca de un lenguaje de especificacion que de implementacion.

- es un lenguaje "grande", con muchas primitivas y opciones lo cual da una gran flexibilidad para un

especificador. Vale la pena notar que esta caracteristica es frecuentemente señalada como un inconveniente de ADA porque se lo contempla desde el punto de vista del fabricante de compiladores o del hardware a utilizar [8,9].

- es un lenguaje fuertemente orientado a tipos, a la organizacion modular y es muy exigente en sus aspectos formales.

- deriva de PASCAL y de alli que no se requiera un entrenamiento especial para comprender la especificacion.

- posee primitivas de tiempo real. Con el desarrollo de compiladores y aumento de potencia de los microprocesadores se convertira en un lenguaje de mucha difusion en esta area.

- puede suponerse que posee mucho futuro como lenguaje -mas que lenguajes ocasionales definidos por implementadores- puesto que es un lenguaje moderno, impulsado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de Norte America.

En lo que sigue de este trabajo se presentan ejemplos concretos que ilustran estas afirmaciones.

3. EJEMPLOS DE ESPECIFICACION DE DATOS

Si bien se suele trabajar con descripciones bastante precisas de las estructuras de datos, muchos lenguajes de implementacion permiten trabajar libremente con los tipos, ya sea porque no imponen restricciones como ocurre con el Assembler, ya sea porque no hay estructuras de tipos abiertas y se deben emplear solamente enteros, caracteres, etc. Esta es una de las fuentes de errores mas importantes en el diseño y la implementacion de sistemas [10].

En el ejemplo que consideramos se manejan ciertos tipos de octetos, los caracteres Baudot (es decir los caracteres del telex), en forma permanente. La falta de precision en este punto es una fuente de errores.

Tomemos la descripcion de los caracteres que intercambian los procesadores de la Central Telex, segun las ideas de 1978:

"La comunicacion entre Procesadores Centrales y Procesadores Perifericos intercambia octetos que pueden ser caracteres Baudot, ordenes o mensajes. Los caracteres Baudot poseen la distribucion de bits:

0 xxxxx 11

El bit mas significativo es nulo. Por el contrario, las ordenes que los Procesadores Centrales envian a los Perifericos poseen siempre el bit mas significativo en 1. Los mensajes poseen ambos formatos."

En esta descripcion solamente se insiste en la estructura de bits de los caracteres Baudot, ordenes o mensajes. Este es un detalle de implementacion, casi sin importancia. No es trivial, en cambio, el hecho que los caracteres Baudot, ordenes o mensajes son muy diferentes de los contadores de tiempos o de la cantidad de caracteres de un texto, de los punteros y de los demas objetos. En la descripcion de 1985, en cambio, el enfasis se pone en la estructura de tipos:

```
package CONSTANTES is

-- caracteres BAUDOT

type BAUDOT is(

     NUL,     -- contenido 00H

     A,       -- contenido 63H

     B,       -- contenido 4FH

     --

     Z,       -- contenido 47H

     -- caracteres de control

     LE,       -- contenido 7FH: caracter letras

     CF,       -- contenido 6FH: caracter cifras

     SP,       -- contenido 13H: espacio

     --

     -- ordenes hacia el periferico

     OTR,      -- contenido 80H: comenzar comunicacion

     OLL,      -- contenido 81H: llamar

     OCX,      -- contenido 82H: conexion

     --
```

```
);
-- otras definiciones del paquete
end CONSTANTES;
```

La estructura efectiva de bits se encuentra al nivel de un comentario: se ha realizado la **abstraccion**. Notar que existe **sobrecarga** en la definicion de los caracteres **NUL**, **SP**, **A**, **B**, etc. y que este hecho es expresivo porque representan los mismos caracteres graficos que en el alfabeto ASCII.

Tomemos las descripciones de areas segun las ideas de 1978 y 1981. En aquel entonces no existia diferenciacion de tipos y la especificacion de areas era puramente verbal, solamente se ocupaba de las reservas de memoria (tal como le interesa al Assembler). Presentaba este aspecto:

```
nombre  largo   descripcion

N         -     numero de lineas de la Central: 256
...
ADE      256    area de entrada de datos de los perifericos
ADS      256    area de salida de datos hacia perifericos
...
CDOC     256    cola de mensajes de documentacion
CMENS    256    cola de mensajes a consola
...
LDE      514    lista de estados de lineas
...
FTEMP      1    bandera de temperatura
...
TIMER      2    contador BCD de decimas de minuto
...
XD         1    puntero de salida de CDOC
```

En lo que sigue se presenta la version de la misma estructura de datos, pero ahora bajo la forma de un paquete ADA:

```
package DATOS is
     --
   N    : constant integer := 256;     -- numero de lineas
     --
   ADE  : array(0..N-1) of BAUDOT;     -- area de entrada
   ADS  : array(0..N-1) of BAUDOT;     -- area de salida
     --
   CDOC : array(0..255) of character; -- cola de documentacion
   CMENS: array(0..255) of BAUDOT;     -- cola de mensajes
     --
   FTEMP: boolean := FALSE;       -- alarma de temperatura
     --
   LDE  : array(0..N) of ESTADO_DE_LINEA -- lista de estados
        := (0..N-1 => ELB, N => FIN );
     --
   TIMER: array(0..3) of BCD;      -- decimas de minuto
     --
   XD   : integer range 0..255 := 0;  -- puntero de CDOC
     --
end DATOS;
```

Como puede apreciarse, el paquete DATOS no solamente diferencia claramente nombres y tamaños, tal como se requiere para la implementacion en Assembler, sino que tambien identifica tipos y valor inicial en los casos que interese. Resulta muy expresivo conocer la diferencia de contenido de las colas CMENS y CDOC o introducir los tipos BCD (decimal

empaquetado) y ESTADO_DE_LINEA (definido en la Seccion 4).

Si bien el problema de la especificacion de las estructuras de datos es de caracter general, se convierte en un problema agudo cuando la implementacion se realiza con lenguajes que permiten gran libertad. Esto ocurre en el lenguaje C y en los Assembler y un caso tipico es el manejo de punteros. En estos lenguajes se permite una libertad que puede finalizar en una estructuracion deficiente, en muchos errores y en un mantenimiento muy dificil. La especificacion en ADA obliga a un manejo muy cauteloso de los punteros debido a las restricciones fuertes que impone el lenguaje.

4. EJEMPLOS DE ESPECIFICACION DE ALGORITMOS

El empleo de un lenguaje del alto nivel permite definir con mucha precision los algoritmos a emplear. Presentamos aqui algunos casos que son particularmente interesantes en ADA.

Una aplicacion tipica de ADA, como lenguaje con primitivas orientadas al Hardware, consiste en la descripcion de la informacion de Hardware. Los manuales que describen las piezas del equipo suelen estar escritos por ingenieros electronicos y destinados -como consecuencia- a ingenieros electronicos. Para que los ingenieros de formacion en computacion puedan comprender estos manuales es necesario traducirlos. ADA ofrece una manera muy natural de hacerlo. Este es un ejemplo de uso de una memoria no volatil que posea una de las maquinas usadas, donde la descripcion "tipo Hardware" se reemplaza por esta descripcion "tipo Software":

```
AREA_NO_VOLATIL: array(0..1023) of integer;

for AREA_NO_VOLATIL use 16#8000#;

function LEER(dir: integer) return integer is

DATO: integer;

begin

     out(16#20#, 1);        -- seleccionar la memoria

     DATO:=AREA_NO_VOLATIL(dir);

     out(16#20#, 0);        -- deseleccionarla

     return DATO;

end LEER;
```

```
procedure ESCRIBIR (dir, dato: integer) is

--
```

En este caso se usa fuertemente el procedimiento out que reemplaza una accion de entrada/salida del microprocesador. La mayoria de los programadores pueden comprender perfectamente como se maneja esta area no volatil pero no pueden comprender el Manual de Hardware. Es interesante observar que se emplea aqui la clausula de representacion de ADA: pocos lenguajes permitirian este nivel de especificacion.

Un tipo de algoritmo que se presenta frecuentemente es la realizacion de una maquina de estados. Presentaremos un caso tipico del proyecto de Central Telex: cada linea recorre una secuencia de estados. La descripcion de los estados de cada linea se realiza mediante un tipo definido por enumeracion. Una version simplificada se especifica por el texto ADA que sigue:

```
type ESTADO_DE_LINEA is(

    EAL      ,-- linea a liberar

    ECA      ,-- linea en comunicacion

    ELB      ,-- linea libre

    --

    FIN      -- estado de salida

);
```

Con esta definicion de estados, la especificacion de las transiciones -problema tipico de especificacion- se convierte en un algoritmo tipo case y en un problema abstracto, independiente de la implementacion. En el caso de la Central Telex el numero de estados es superior a 120. El diagrama de estados simplificado de la version 1978 ocupaba una hoja de 70 x 90 cm y era sumamente dificil de seguir y actualizar. En 1981 no se intento realizar nuevamente el diagrama. Por otra parte, un diagrama de estados solamente permite indicar algunos elementos de las transiciones pero no toda la actividad propia de cada estado. En el ejemplo ADA que sigue se ilustra la tecnica y se muestra, en forma simplificada, la manera de especificar la actividad y la transicion de estados.

```
procedure ATENCION_DE_LINEAS
          (ADE,ADS: BAUDOT, ESTADO: ESTADO_DE_LINEA) is
begin
case ESTADO is
     when EAL    =>
          case ADE is
               when A..Z =>
                    -- actividad
                    ESTADO:=ELB;
               when others =>
                    raise ERROR_DE_SISTEMA;
          end case;
     when ECA    =>     -- actividad
     when ELB    =>     -- actividad
     --
     when FIN    =>     -- actividad
end case;
end ATENCION_DE_LINEAS;
```

En este segmento, ademas de una especificacion de una secuencia de estados, que podria escribirse en muchos otros lenguajes, aparece una excepcion. Este es uno de los puntos mas importantes de ADA como lenguaje de especificacion. Contrariamente a lo que se ha sostenido [8], detectar y manejar en forma abstracta las excepciones es un punto fuerte de un diseño y una garantia de buena implementacion.

Es interesante estudiar otro ejemplo, una secuencia de comunicacion. En la tabla que sigue aparece toda la secuencia de comunicacion, de milisegundo en milisegundo, vista por los Procesadores Centrales y por los Procesadores Perifericos, segun las especificaciones de 1978 y 1981:

	CENTRALES		PERIFERICOS		
NINTE	lee	escribe	lee	escribe	CONTA
1			0	MENSAJE	62
	MENSAJE	80H			
2			80H	MENSAJE	-17
	MENSAJE	LINEA=1			
3			LINEA=1	LINEA=1	-16
	LINEA=1	LINEA=2			
. . . . .					
18			LINEA=16	LINEA=16	-1
	LINEA=16	0			

Consideramos que esta descripcion solamente puede ser comprendida si se la acompaña de una larga explicacion verbal. En el documento se decia, por ejemplo, que se empleaban lineas diferentes para la actividad de Perifericos y Centrales porque las acciones de los Perifericos ocurrian antes que las acciones de las Centrales. Aun asi pueden quedar muchas dudas. A titulo de ejemplo, al redactar la especificacion precisa, en ADA, se encontro un error en la tabla que no habia sido advertido en mas de 6 años.

Esta misma descripcion se puede realizar mediante un procedimiento ADA muy simple y que cualquier implementador puede comprender. Consideremos el caso del Procesador Central (el caso Periferico es similar):

```
procedure COMUNICACION (NINTE: integer) is
XIN:  integer:=0;        -- numero de linea en entrada
XOUT: integer:=0;        -- numero de linea en salida
procedure PERIFERICO_OUT (B: BAUDOT) is separate;
function  PERIFERICO_IN  return BAUDOT is separate;
begin
delay TIEMPO_DE_SEGURIDAD;
case NINTE is
```

```
            when 1 =>
                 MENSAJE_1 := PERIFERICO_IN;
                 PERIFERICO_OUT (16#80#);
            when 2 =>
                 MENSAJE_2 := PERIFERICO_IN;
                 PERIFERICO_OUT ( ADS(XOUT) );
                 XOUT:=XOUT+1;
            when 3..17 =>
                 ADE(XIN) := PERIFERICO_IN;
                 PERIFERICO_OUT ( ADS(XOUT) );
                 XIN:=XIN+1;
                 XOUT:=XOUT+1;
            when 18 =>
                 ADE(XIN) := PERIFERICO_IN;
                 PERIFERICO_OUT ( NUL );
                 XIN:=XIN+1;
       end case;
       end COMUNICACION;
```

En este ejemplo se trabaja con la funcion PERIFERICO_IN y el procedimiento PERIFERICO_OUT. Por lo demas, el programa ADA resulta mas preciso que la tabla: se señala que existe una demora de tiempos (TIEMPO_DE_SEGURIDAD), se diferencian los dos mensajes del Periferico, se indica cual es el area de entrada y cual es la de salida (ADE y ADS respectivamente) y se detecta un error de especificacion. En efecto, la constante 16#80# no es del tipo BAUDOT, debe emplearse, en lugar del valor, el caracter BAUDOT correspondiente, OTR, ver Seccion 3.

5. VENTAJAS DE ADA EN PROBLEMAS DE TIEMPO REAL

El ambiente natural de ADA es el Tiempo Real y de alli que sea en la especificacion de este tipo de problemas donde

se logra la mayor ventaja frente a los demas metodos de especificacion. Una nocion basica del Tiempo Real tal como una interrupcion presenta un desafio casi imposible para todos los metodos tradicionales de especificacion. Consideremos tres descripciones de una interrupcion: la descripcion verbal, el diagrama y la especificacion en ADA. El resultado sera claro. Comencemos por la descripcion verbal empleada en 1978:

"Las microcomputadoras empleadas en la Central CTA poseen una unica interrupcion implementada y corresponde a la realizada por el reloj de tiempo real cada 1 milisegundo. De acuerdo con esto, la programacion puede ser clasificada en tres areas:

1. PROGRAMAS DE INICIALIZACION: ocurren al comienzo y son desencadenados por una señal de reset (de hardware) o por el encendido de las fuentes de la microcomputadora. En el caso del periferico existe, ademas, un reset por programa.

2. PROGRAMAS DE INTERRUPCION: atienden la interrupcion, cuando esta habilitada, segun los contadores internos del caso. En el caso de la central, las alternativas principales ocurren segun el contador N de interrupciones o segun la señal BATRA del reloj. En el periferico, las alternativas estan reguladas por tres contadores de interrupciones de caracteristicas diferentes: CONTA, CONT5 y RGPAR.

3. PROGRAMAS PRINCIPALES: son interrumpidos por el reloj de tiempo real y atienden una tarea que puede ser postergada."

Una descripcion equivalente se encuentra en el diagrama que se adjunta, tomada de [1].

Finalmente, consideremos la especificacion escrita en ADA:

```
package PROCESADOR_CENTRAL is

with DATOS;              -- estructura de datos

with    CONSTANTES;      -- estructura de constantes

with    IO;              -- estructura de entrada/salida

     task BACKGROUND;

     task FOREGROUND is

          entry SINCRONISMO;
```

```
            entry MILISEGUNDO;

        end FOREGROUND;

    end PROCESADOR_CENTRAL ;
```

Esta especificacion no solamente nos remite a los paquetes de CONSTANTES y de DATOS de la Seccion 3 (el paquete IO no se cita en el presente trabajo) sino que establece claramente el numero de tareas y de puntos de encuentro entre ellas. Todo esto sin necesidad de entrar en detalles de implementacion.

ADA permite mucho mas. Consideremos el siguiente cuerpo para el paquete recien definido:

```
package body PROCESADOR_CENTRAL is

    procedure INIC ;      -- inicializacion

    procedure PCOM ;      -- loop principal

    procedure INTE ;      -- nucleo de tiempo real

    task body BACKGROUND is
    begin
        INIC;                          -- inicializar
        FOREGROUND.SINCRONISMO;        -- sincronizar
        PCOM;                          -- operar
    end BACKGROUND;

    task body FOREGROUND is
        -- declaracion de la interrupcion
        for MILISEGUNDO use at 16#38#;
    begin
        -- espera por sincronismo con el background
        accept SINCRONISMO;
        -- operacion de la interrupcion
```

```
            loop
                accept MILISEGUNDO;
                INTE;
            end loop;
        end FOREGROUND;

    -- el cuerpo del paquete es vacio
    -- se emplea para desencadenar las tareas
    begin
        null;
    end PROCESADOR_CENTRAL;
```

En este cuerpo se identifican claramente los diferentes segmentos de programacion, sus nombres y su interaccion. El punto de "rendezvous" SINCRONISMO permite activar el sistema de interrupciones. La interrupcion MILISEGUNDO -cuya rutina de atencion se encuentra en la direccion 38 hexadecimal- desencadena el procedimiento INTE. Como podemos apreciar, sobre este paquete que contiene unas pocas lineas, se puede continuar la espcificacion, modulo a modulo, de arriba hacia abajo, de una manera natural, mucho mas precisa que cualquiera de los metodos citados anteriormente y con prescindencia de los detalles de implementacion.

El problema considerado, sin embargo, era muy simple. Una unica interrupcion y un esquema de sincronizacion elemental. En el ejemplo que sigue se pone de manifiesto toda la potencia formal de ADA para manejar problemas de tiempo real. La siguiente es una descripcion de las rutinas de atencion de las lineas de la Central Telex:

```
    package PAL is
        task type E ;       -- atencion de lineas
        RUTINA_DE_LINEA:  array(0..N-1) of E ;
    end PAL;
    package body PAL is
        null;       -- entran en actividad las tareas
```

```
end PAL;
```

En este fragmento, de una brevedad insuperable, se declara que existen N replicas -una por linea- de una tarea generica E y que todas estas tareas entran en actividad simultaneamente. Por supuesto, se omite la especificacion de E que no es nada simple, pero este fragmento revela toda la estructura que es necesario implementar, independiente de los detalles superfluos.

6. VENTAJAS DEL EMPAQUETAMIENTO

La posibilidad de estructurar la especificacion en paquetes se traduce, en los hechos, en la correspondiente estructuracion de la implementacion. Por esta razon el diseñador debe usar fuertemente esta posibilidad.

Los usos de los paquetes van mas lejos, sin embargo. En los casos que se emplee mas de un lenguaje de programacion, una division adecuada de paquetes permite realizar una division adecuada de lenguajes de programacion. Mas aun, si se implementa la frontera entre ellos, la comunicacion es posible en forma directa.

Un caso muy importante es el empleo de **simuladores** que permiten ensayar la programacion sin tener completo el sistema. En estos casos basta con invocar un paquete desde un programa que realiza la comunicacion con el operador. De esta manera se puede simular una parte compleja de la programacion. Asi por ejemplo, la secuencia de estados de linea --que posee varios cientos de estados- puede ser simulada mediante un programa ADA como el que sigue:

```
procedure SIMULADOR_DE_LINEAS is

-- declaracion de constantes y variables

N          : constant integer :=4  ;  -- solo 4 lineas

ADE, ADS   : array(0..N-1) of BAUDOT;

LDE        : array(0..N-1) of ESTADO_DE_LINEA;

           := ( 0..N-1 => ELB );

function GET_BAUDOT return BAUDOT is separate;

begin

-- mensaje inicial
```

```
loop

     -- ingreso de la nueva entrada

     for l in 0..N-1 loop

          ADE(l) := GET_BAUDOT;

     end loop;

     -- generar una nueva salida

     ATENCION_DE_LINEAS (ADE(l), ADS(l), LDE(l));

     -- escribirla

end loop;

end SIMULADOR_DE_LINEAS;
```

Este programa invoca el procedimiento **ATENCION_DE_LINEAS** que posee, a su vez, una especificacion ADA presentada en la Seccion 4. Nada impide que, una vez realizada la implementacion definitiva en el lenguaje elegido, se construya la comunicacion con el lenguaje ADA y se proceda a trabajar con el simulador, ahora en la implementacion final. De esta manera se pueden detectar errores por comparacion entre la especificacion y la implementacion final. Esta es una herramienta de mucha utilidad en el desarrollo de la programacion.

7. IMPLEMENTACION DE LA ESPECIFICACION

Con la tecnica propuesta la implementacion se convierte en una forma de "compilacion" de la especificacion, pero realizada en forma no algoritmica. Los implementadores actuan como "compiladores inteligentes" y obtienen asi un producto muy superior al que obtendria un compilador. Como es natural, el esfuerzo humano invertido se traduce en un codigo final mas eficiente en tiempo, en memoria o en el empleo de cualquiera de los recursos criticos que se desee optimizar.

A la inversa, en algunos casos fue necesario ir desde "abajo hacia arriba" y traducir la implementacion en un programa ADA para poder verificar su correccion. Los sistemas de despacho de tareas y otros aspectos de mutua exclusion en un nucleo de Tiempo Real requieren demostrar que son correctos, no alcanza con el simple ensayo.

La experiencia nos muestra que la tesis de demostrar la validez de los programas se convierte en una verdadera necesidad en ciertos aspectos de la programacion de tiempo

real donde intervienen problemas de concurrencia. Tambien aqui ADA es una ayuda importante para abstraer los aspectos esenciales del problema.

8. BALANCE DE LA EXPERIENCIA REALIZADA

La experiencia realizada parte de la idea de la necesidad de una especificacion formal para los problemas de informatica tal como Hoare ha expresado tan bien:

"This activity will culminate in a complete, unambiguous, and provable consistent specification for the entire product." [11]

El resultado muestra que, ademas de esta finalidad teorica y posiblemente todavia lejana, aparecen resultados practicos en mas de un aspecto.

La especificacion realizada en ADA mejora claramente la programacion final a pesar de saber que no se emplearon todas las posibilidades del lenguaje. En el caso considerado, los lenguajes de implementacion fueron C y Assembler y el resultado obtenido tiene **un estilo** de programacion claramente superior a los resultados obtenidos por metodos no formales de especificacion. Sin duda aqui hay una apreciacion que es parcialmente subjetiva pero compartida por todos los miembros del equipo de trabajo.

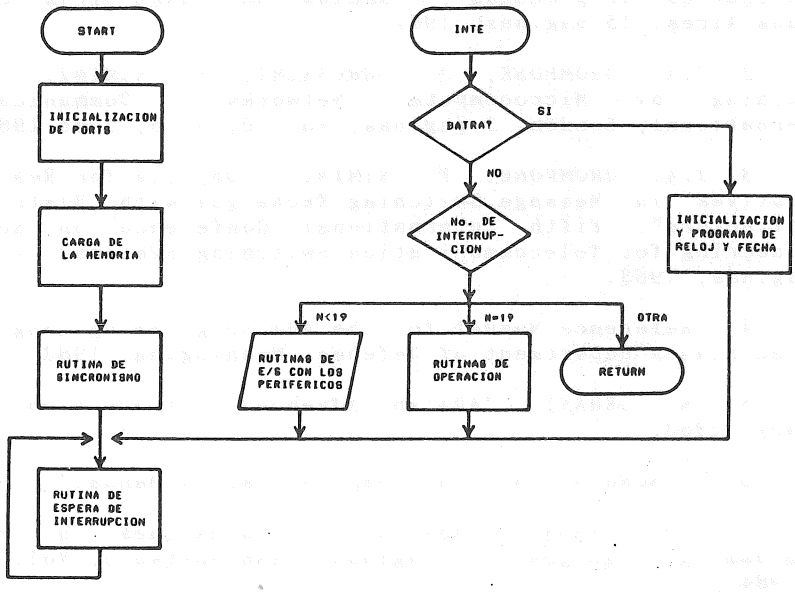
En segundo lugar, una especificacion formal **es una manera de comunicar** entre si los miembros de un equipo de implementacion de un proyecto, sobre todo si este equipo es grande y de orientacion diferente. En nuestro caso se debian conciliar aspectos de Hardware y de Software con personas de formacion en ambas areas. ADA fue un buen punto de encuentro porque si bien es un lenguaje de alto nivel permite expresar claramente, y en el mismo lenguaje, ambos extremos.

En tercer lugar, la experiencia de especificacion en ADA permitio una activa deteccion de errores. Por un lado, se detectaron **errores viejos** que llevaban varios años y que no habian sido advertidos. Por otro lado, se tiene la conviccion que **todos los errores importantes fueron detectados al redactar el documento de especificacion.** La prueba de este hecho es que grandes sub-sistemas resultaron sin errores. Los errores encontrados en la implementacion provenian, casi siempre, de errores en descripciones verbales de documentos relacionados con el proyecto.

Sin duda se dara un enorme paso adelante en la Ingenieria del Software cuando los documentos que **debieran ser formales** realmente lo sean: manuales de componentes, manuales del sistema operativo, manuales de los compiladores

de los lenguajes, etc. quienes fueron la principal fuente de errores de la experiencia.

Estos resultados de utilidad inmediata justifican que en proximos proyectos se continue con la experiencia de desarrollar especificaciones formales escritas en ADA. Es opinion del autor que este es el camino para adquirir la capacidad necesaria en este complejo aspecto de la ingenieria del Software. Cuando la actividad de especificar formalmente sea una practica corriente y bien conocida, recien se podra avanzar hacia la meta propuesta de **demostrar** la correccion de las especificaciones y de las implementaciones de la programacion. A pesar de que los resultados obtenidos son muy alentadores, tambien resulta claro que existe un largo camino de desarrollo tecnologico por delante.



Programas del Procesador Central

BIBLIOGRAFIA

[1] J.A. GROMPONE, N.M.MACE. "Una Central Telex con Procesadores Triplicados", Anales de PANEL'81/12 JAIIO, Buenos Aires, 15 paginas, 1981.

[2] J.A. GROMPONE, J. JERUSALMI, F. SIMINI. "Telex Switching by Microcomputer Networks", Communications International, London, 3 paginas, Vol 10, N. 6, June 1983.

[3] J.A. GROMPONE, F. SIMINI. "Objects for Real Time Executives in Message Switching Exchanges with Distributed Architecture", Fifth International Conference on Sofware Engineering for Telecommunication Switching Systems, London, 5 paginas, 1983.

[4] "Reference Manual for the ADA Programming Language", United States Department of Defense, Washington, 1983.

[5] N. GEHANI. "ADA an Advanced Introduction", New Jersey, 1983.

[6] D. NORRIS. "A (Ada) Compiler User's Manual", 1984.

[7] M. SHAW. "Abstraction Techniques in Modern Programming Languages", 16 paginas, IEEE Software, Vol. 1 No. 4, 1984.

[8] C.A.R. HOARE. "The Emperor's Old Clothes", 1980 ACM Turing Award Lecture, Communications of the ACM, 9 paginas, Vol. 24, No. 2, 1981.

[9] B.A. WICHMANN. "Is ADA Too Big? A Designer Answers the Critics", Communications of the ACM, 6 paginas, Vol. 27 No. 2, 1984.

[10] J. GROMPONE, F. SIMINI. "An Analysis of Errors Detected During the Design and Implementation of a Real Time Multiprocessor system", enviado para publicar en el IEEE Transactions on Computers, 1985.

[11] C.A.R. HOARE. "Programming: Sorcery or Science?", 14 paginas, IEEE Software, Vol. 1, No. 2, 1984.