

Universitat de Lleida
Departament de Pedagogia i Psicologia

TESIS DOCTORAL

presentada por

F. Xavier Carrera Farran

dirigida por

Dr. Estanislau Pastor Mallol

**USO DE DIAGRAMAS DE FLUJO Y SUS EFECTOS
EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE
CONTENIDOS PROCEDIMENTALES.
ÁREA DE TECNOLOGÍA (ESO)**

Lleida
Diciembre de 2002



CAPÍTULO 7

EJE DIDÁCTICO

Diagramas de flujo para
aprender procedimientos

El objeto central de esta investigación son los diagramas de flujo y su utilización en el aprendizaje de los contenidos procedimentales del área de tecnología. Por ello dedicamos todo este capítulo, que completa el marco teórico, a argumentar el sentido y utilidad que tiene el empleo de esta forma de representación cuando se aprenden procedimientos.

Evidenciamos en primer lugar el uso que en educación viene haciéndose de las representaciones gráficas como elemento mediador en la transmisión de conocimientos. Dedicamos una especial atención a los diagramas de flujo profundizando en su significado y en el lenguaje (desde la semántica y la sintaxis) que les es propio y exponiendo cuál es su implantación social. Mostramos a continuación como junto a los diagramas de flujo existen otros tipos de representación gráfica de secuencias. Tras ello exponemos su utilidad como herramienta didáctica en base a su uso en contextos educativos, a su capacidad para servir de forma de representación del conocimiento experimental, a las funciones que puede adoptar y a las modalidades de uso que permite; concluimos este apartado analizando las bondades y limitaciones de su empleo en educación.

7.1 LA TRANSMISIÓN DE CONOCIMIENTOS MEDIANTE REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Como nos demuestran la antropología y la historia la representación gráfica ha sido una fórmula recursiva empleada por la humanidad para mantener y transferir conocimientos desde el paleolítico superior. Signos, pictogramas, iconografías,... producidos con materiales y soportes distintos sirvieron para que las culturas remotas complementaran la transmisión oral de sus saberes con otros medios de mayor permanencia, Müller-Brockmann (1998). La evolución de la comunicación gráfica, visual ha sido paulatina llegando en los últimos siglos, especialmente desde la aparición de la imprenta y de los medios tecnológicos más recientes, a convertirse en seña de identidad de las sociedades actuales.

Situándonos en el escenario pedagógico es la figura de Jan Amos Komensky, Comenio, quien marca un hito fundamental en la utilización de las representaciones gráficas en todo tipo de enseñanzas. Su obra *Orbis rerum sensualium pictus* editada en 1658 es un claro alegato al empleo de la imagen como parte importante de los métodos empleados en la enseñanza que, con el tiempo, se ha visto convertido en un recurso didáctico “*de gran valor por su persistencia y versatilidad de aplicación... pues... suele utilizarse no de modo aislado, sino combinado con los mensajes verbales, gestuales, etcétera, como elemento de apoyo, motivador o de otro tipo.*” (García Huerta, 1988:748).

Esta significatividad didáctica de las imágenes y de las representaciones gráficas es la que ha llevado a Costa y Moles a plantearse la existencia de una didáctica gráfica. Entendiendo que ésta “*consiste en el empleo de los procedimientos de la imagen, del dibujo, del croquis o del esquema para ayudar a los hombres a pensar a partir de informaciones pertinentes*” (Costa y Moles, 1991:16).

Parte importante de esta didáctica gráfica se encuentra recogida en los libros de texto, paradigma de la transmisión de conocimientos escolares. Los textos escolares han evolucionado en paralelo a los avances tecnológicos del campo de la edición. Siguió a las primeras obras escolares, con escasas reproducciones gráficas, los manuales enciclopédicos aglutinadores del saber de disciplinas dispares donde la profusión de dibujos y mapas fue mucho mayor. El siguiente paso se da con la introducción del color y la fotografía, que van acompañadas de mejoras importantes en la adecuación del vocabulario y, especialmente, en el diseño gráfico. En la actualidad están aflorando los primeros libros multimedia donde se integran, de forma cada vez más eficaz, informaciones verbales (orales y escritas), música, sonidos, dibujos, gráficos, fotografías, vídeos y animaciones. Informaciones que además aparecen relacionadas entre sí mediante múltiples enlaces hasta convertir a estos productos en auténticos hipermedias¹⁰³. La proliferación del grafismo en la comunicación escolar parece pues asegurada. No sólo por su presencia cuantitativa y por su compaginación con informaciones de otros tipos, sino por su contrastada solvencia como elemento motivador y facilitador del aprendizaje.

¹⁰³ La implantación social del término multimedia no nos exige de diferenciar entre este concepto -que no requiere más que la presencia de dos o más medios, soportes o tipos de información (por ejemplo palabras escritas y fotografía en un libro de texto)- de las características reales de la mayoría de multimedias que además de multiplicidad de medios aplican la hipertextualidad a las unidades informativas que incluyen, ya sean textuales, icónicas o sonoras dando lugar a los hipermedia; Carrera (1999a).

El uso de las representaciones gráficas en la práctica educativa se complementa con el creciente interés por investigar cómo afectan al aprendizaje, cómo se aprenden, cuál es su incidencia en aprendizajes posteriores, cómo inciden en el desarrollo cognitivo del sujeto o cuáles son sus posibilidades reales de explotación didáctica.

Con relación a los aprendizajes tecnológicos y procedimentales las alusiones al empleo de los recursos gráficos han estado siempre presentes en las escasas obras clásicas centradas en la didáctica de la educación tecnológica (Sobrevila, 1968; Canonge, 1973; Gerlach y Ely, 1979). Son estos dos últimos autores quienes aluden de forma más explícita a la necesidad de recurrir a los diagramas y otros auxiliares didácticos en la enseñanza de las habilidades motrices para hacer efectivo un aprendizaje comprensivo y no exclusivamente mecánico de las mismas.

El interés por conocer cómo se aprenden los símbolos, como se emplean y como se transfieren los aprendizajes sobre símbolos en otras situaciones escolares que requieren operar con aparatos simbólicos han sido estudios por DeLoache (1991), DeLoache y Burns (1994), DeLoache y otros (1999) y por Salsa y Peralta (2000)¹⁰⁴. Otros autores en cambio se inclinan por profundizar en el estudio de diagramas y formas de representación concretas en situaciones también particulares, con grupos reducidos o bien con muestras más representativas. (Johnson y Tomas, 1994; Yahel y otros, 1996; Ruiz y otros, 1998; Postigo y Pozo, 2000; CEIP Graziel.la, 2001). En todos estos casos se analizan los modos de operar de los alumnos con la información gráfica, el tipo de interpretaciones que efectúan, cómo las representaciones ayudan a organizar cognitivamente la información, cómo afectan a la comprensión de significados y a las concepciones erróneas, o bien cómo se convierten en objetos concretos de estudio. En otras ocasiones, en cambio, han sido los profesores los protagonistas de la investigación, (Gerber y Boulton-Lewis, 1998).

Todos estos trabajos nos aportan datos de interés para nuestro estudio en forma de variables a considerar cuando se investiga acerca de los sistemas de representación gráfica aplicados a la educación. Entre estas variables destacamos aquellas con una mayor presencia en las obras referenciadas: la organización personal del conocimiento, la estructuración de la información, el conocimiento de los lenguajes y

¹⁰⁴ Estos trabajos de investigación enlazan con otras dos potentes líneas de investigación que no vamos a tratar en este apartado pero relacionadas totalmente con él. Una, de corte más didáctico, se ocupa de analizar el papel de la imagen en el texto. La otra, propia de la psicología evolutiva y cognitiva, de cómo se desarrolla la competencia representacional en el sujeto desde su infancia.

códigos empleados, la cantidad de información codificada y representada, los conocimientos previos sobre el contenido representado y la pericia en el uso del sistema de representación.

Este somero repaso a la investigación de corte psicopedagógico y didáctico sobre las representaciones gráficas ha de completarse con otras referencias recogidas en los capítulos cuarto, quinto y sexto de este marco teórico. De todas ellas podemos concluir que el interés de la educación por la representación gráfica toma varias orientaciones en el marco de su utilización como soporte didáctico: como transmisión de información, como expresión del conocimiento y como elaboración del conocimiento. A ellas hay que añadir una cuarta orientación cuando la representación gráfica se convierte en objeto de aprendizaje.

- Representación gráfica como transmisión de información. Cuando se trata de representaciones estructurantes de la información y del conocimiento elaboradas por agentes externos expertos o bien por el profesorado. Éste hará uso de ella en situaciones instruccionales concretas con la finalidad de facilitar la exposición de conocimientos al profesor y de su aprehensión por parte del alumno. Como en el caso de utilizar los diagramas de bloques para explicar el proceso industrial que se sigue en la fabricación de un electrodoméstico. Su empleo se circunscribe mayoritariamente a una visión de la enseñanza como transmisión de contenidos.
- Representación gráfica como expresión del conocimiento. El alumno es el agente usuario de la representación al utilizarla para dar a conocer sus conocimientos sobre los contenidos que son objeto de enseñanza-aprendizaje. Como cuando construye un mapa conceptual sobre los materiales aislantes. En este caso su empleo didáctico se sustenta casi siempre en teorías cognitivas de corte constructivista.
- Representación gráfica como elaboración del conocimiento. Se da cuando las representaciones son utilizadas por los alumnos en el aprendizaje de contenidos de cualquier disciplina. La representación adoptada sirve aquí como soporte de los conocimientos durante las tareas instruccionales. Así ocurre en tecnología cuando el alumno identifica, interpreta, corrige, construye... esquemas de todo tipo de circuitos (electrónicos, electromecánicos, neumáticos, etc.) Se pretende,

desde todo tipo de concepciones psicoeducativas y estrategias didácticas, que el alumno opere cognitivamente con dichos conocimientos.

- **Representación gráfica como objeto de aprendizaje.** Cualquier modalidad de representación gráfica es tratada como contenido de aprendizaje en sí misma cuando la instrucción tiene como finalidad principal aprender sobre dicha representación. Los aprendizajes específicos sobre sistema diédrico para realizar representaciones en planta, alzado y perfil usando escalas de ampliación, reducción o natural y siguiendo las normas de acotación son un buen ejemplo de ésta orientación. En este caso el diseño instruccional adoptado también puede sustentarse en cualquier substrato teórico.

En cuanto a los tipos de representaciones gráficas que pueden emplearse en educación no vamos a enumerarlos aquí. En 4.2.4. exponíamos algunos de los sistemas de representación externa promovidos desde la psicología. No son los únicos. También podemos aludir a otros sistemas como: esbozos, croquis, figuras, dibujos de conjunto, dibujos simplificados, despieces, diagramas de bloque, esquemas funcionales, esquemas de circuitos, esquemas orgánicos, nomogramas, datagramas, cronogramas, organigramas, ciclogramas, histogramas, sociogramas, grafos, gráficos Pert, gráficos 3D, diagramas circulares o arboles genealógicos. La relación es, por supuesto, aún incompleta. Nuestro estudio nos remite a focalizar nuestra atención en aquellas modalidades de representación gráfica adecuadas para representar los procedimientos y el conocimiento procedimental inherente a los mismos. Es por ello que dedicamos el siguiente apartado a exponer los diagramas de flujo como un sistema paradigmático de la representación gráfica de los procedimientos y, posteriormente, nos adentraremos en otros sistemas de representación procedimental vigentes hoy en día.

7.2 DIAGRAMAS DE FLUJO

7.2.1 ¿Qué son los diagramas de flujo?

El uso de los diagramas de flujo se remonta a finales de los años sesenta cuando Edsgar Dijkstra (profesor de la Universidad de Eindhoven) y sus colaboradores propusieron un conjunto de construcciones lógicas con las que poder diseñar cualquier

programa informático¹⁰⁵. Sentaron así los fundamentos del diseño procedimental o de la programación estructurada. Se reconoce a esta forma de representación con distintos nombres:

- flujograma
- diagrama de proceso
- ordinogramas
- organigramas
- algorigrama
- logigrama¹⁰⁶
- diagramas de programación
- diagrama de flujo

Todos ellas son expresiones semejantes que se utilizan como equivalentes o sinónimos. La más conocida y habitual, empleada también en este trabajo, corresponde al término diagrama de flujo.

Los diagramas de flujo son una de las herramientas empleadas por los programadores informáticos para ayudarse en el diseño de programas una vez se ha establecido la estructura del programa y de los datos. Esta herramienta queda definida como:

"un esquema para representar un algoritmo" (Forsythe y otros, 1973: 24)

"la representación gráfica de unos procedimientos y de la secuencia u orden en que deben ejecutarse" (Joyanes, 1987: 14)

"una representación gráfica de la secuencia de pasos a realizar para producir un cierto resultado, que puede ser un producto material, una información, un servicio o una combinación de los tres" (IAF, 1998)

O sea que un diagrama de flujo (DF) es una modalidad de representación gráfica de cualquier tipo de actuación procesual que, teniendo una finalidad determinada,

¹⁰⁵ Anteriormente se venían empleando, en representaciones cartográficas y en gráficas geográficas, los llamados mapas de líneas de flujo. Se trata de representaciones gráficas en forma de línea usadas para designar movimientos indicadores de la dirección o ruta seguida, normalmente, por un medio de transporte (ferrocarril, automoción, náutico u otros); conjugando esta direccionalidad con el espesor de la línea para indicar una impresión cuantitativa del flujo existente, Monkhouse y Wilkinson (1966).

¹⁰⁶ Nombre que recoge Deforge (1991) por el carácter de ordenación lógica que se sigue en un diagrama de flujo cuando se representa una secuencia algorítmica.

requiere para su realización el seguimiento de una secuencia de acciones. Como lenguaje gráfico de transmisión de conocimientos los DF quedan ubicados en el grupo de esquemas gráficos para la presentación de conocimientos a que aluden Costa y Moles (1991), (el otro grupo está formado por la reproductividad icónica, o sea, por las imágenes). Siendo los DF una modalidad específica de esquematización gráfica tiene una cualidad específica, que es *“la de hacer visibles cosas que por naturaleza no lo son, y, por consiguiente, hacerlas imaginables y comprensibles”*, (Costa y Moles, 1991: 39).

A pesar de las similitudes existentes entre los distintos tipos de diagramas de flujo utilizados durante el desarrollo de una aplicación informática, Joyanes (1987) distingue tres clases de diagramas según el tipo de información que recojan:

- Diagramas del sistema o de configuración. Destinados a describir el flujo de información entre los distintos soportes físicos de un sistema informático.
- Diagramas de macroprocesos o bloques. Que representan la estructura en los módulos o bloque que se han realizado del problema a resolver.
- Diagramas de detalle u ordinograma. Recogen las órdenes en la secuencia con que se deben dar a la máquina para la resolución del problema.

La similitud entre estos diagramas radica en la utilización del mismo sistema de representación gráfica. La diferencia estriba en el tipo de información recogida por los diagramas de sistema, por los diagramas de bloque y por los diagramas de detalle. Otra diferencia la encontramos en el uso de los símbolos necesarios en cada caso.

El lenguaje habitual resulta con frecuencia ambiguo para expresar con sencillez y exactitud un hecho, realidad o proceso. Cuando uno expresa sus ideas no siempre consigue que sus interlocutores capten por un igual el significado dado al mensaje. Dicha interpretación está condicionada, con frecuencia, por el contexto donde se produce la comunicación. Esta dificultad para expresarse sin ambigüedad, unida a la necesidad de indicar con claridad y precisión las operaciones que han de desarrollarse en la ejecución de un programa informático, desaconsejan el uso del lenguaje natural para expresar las secuencias de los programas.

Se recurre por ello a un lenguaje propio que permite la construcción de los diagramas de flujo. Este lenguaje cuenta con signos gráficos propios (símbolos) asociados a un significado específico que constituyen la semántica del lenguaje. Las normas, reglas,

pautas y orientaciones sobre como articular los símbolos determinan la sintaxis del lenguaje. La combinación de ambos, sintaxis y semántica, hace posible la codificación de la secuencia de cualquier proceso.

7.2.2 Semántica del lenguaje de los diagramas de flujo: léxico

En el apartado anterior nos referíamos a la existencia de distintos tipos de diagramas de flujo según fuera su finalidad. Para su construcción se recurre al empleo de símbolos gráficos que representan tareas, acciones o elementos precisos. En función del tipo de diagrama que se quiera construir (de sistema, de bloques o de detalle) se utilizan símbolos distintos (Joyanes, 87). Esta diferenciación no afecta al uso que se hace de los diagramas de flujo en otros ámbitos.

Los símbolos empleados para la construcción de los diagramas de flujo fueron diseñados por el Instituto de Normalización Americano (*ANSI: American National Standards Institute*). En la actualidad son un estándar adoptado y reconocido internacionalmente. En la tabla 7.1 quedan recogidos los símbolos más usuales en la elaboración de diagramas de flujo y sus significados o función que representan.

Junto a estos, existen otros símbolos que también se emplean en la construcción de DF. Se trata de símbolos representativos de otras operaciones y de dispositivos físicos que intervienen en un proceso informático. Son símbolos que representan dispositivos físicos (impresora, pantalla, disco magnético, tarjeta perforada, lectora de documentos ópticos, etc.) o bien operaciones específicas (extracción de datos de un fichero, manipulación de ficheros, clasificación de datos, operaciones con datos fuera de línea, etc.). Mientras que los símbolos recogidos en la tabla anterior se emplean en la construcción de diagramas de flujo de detalle, estos últimos se usan para representar diagramas de sistema. En cualquier caso son símbolos poco conocidos y menos empleados en diagramaciones de procesos no informáticos y, por ello, escapan del interés de este trabajo.

Cuando se habla de los elementos semánticos necesarios para la construcción de los DF nunca se alude al empleo del lenguaje verbal como parte esencial para la representación de los procesos. En realidad los diagramas de flujo conjugan, de forma eficaz, el empleo de símbolos gráficos con la expresión verbal para reproducir

secuencias completas de acciones. Si alguno de los dos lenguajes –simbólico y verbal- estuviera ausente los DF no serían posibles.

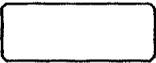
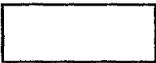
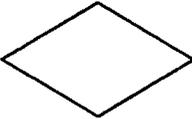
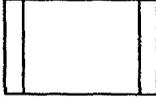
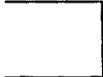
NOMBRE	SÍMBOLO	FUNCIÓN
Terminal		Se utiliza para indicar el inicio y el final de un programa.
Proceso		Incluye cualquier operación definida que pueda dar pie a un cambio de valor.
Decisión		Indica una operación lógica o de comparación entre datos. En función del resultado de la operación se toma uno de los caminos alternativos. Normalmente existen dos salidas.
Entrada/ Salida		Representa cualquier operación de introducción (Entrada) de datos en la memoria o bien el registro (Salida) de la información procesada en un periférico.
Conector		Conecta dos partes cualesquiera de un ordinograma cuando la conexión se da en la misma página del diagrama.
Conector		Conecta dos partes de un mismo ordinograma cuando se encuentran situadas en páginas distintas.
Subrutina		Se trata de un módulo independiente del programa principal que recibe una entrada de dicho programa, realiza una tarea determinada y al terminar regresa al programa principal.
Línea de conexión		Es el elemento de unión entre dos símbolos.
Indicador de dirección		Indica el sentido de ejecución de las operaciones.
Comentarios		Se usa para añadir a otros símbolos del diagrama comentarios clarificadores.

Tabla 7.1 Simbología empleada en la construcción de los diagramas de flujo.

7.2.3 Sintaxis del lenguaje de los diagramas de flujo: construcción

Cuando se expone la sintaxis de los DF es habitual reducirla a una mera relación de pasos que han de seguirse para elaborar el diagrama de flujo de un proceso. Siendo ésta una parte importante no debe olvidarse que también forman parte de la sintaxis de este lenguaje una serie de estructuras básicas –creadas a partir de los elementos semánticos más característicos- que se emplean de forma recurrente en la elaboración del DF. A ellas nos referimos en primer lugar y luego presentamos las pautas que han de seguirse en la construcción de los diagramas de flujo.

7.2.3.1 Estructuras básicas

En la programación informática estructurada resulta esencial conocer y aplicar el Teorema de Jacopini-Bohm, base de toda la teoría de programación estructurada (Joyanes, 1987; Fernández y Sáez, 1995). Este teorema establece que un programa puede ser escrito empleando tres tipos de estructuras (o construcciones estructuradas) básicas: la secuencia, la condición o selección y la repetición o iteración.

- Estructura secuencial. Recoge los pasos, uno a continuación de otro, que se ejecutan en una secuencia. Se representa mediante rectángulos conectados con una línea y una punta de flecha que indica la dirección de la secuencia.

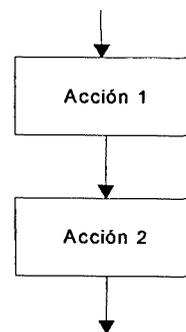


Figura 7.1 Estructura secuencial

- Estructura selectiva o condicional. Se da cuando el cumplimiento de una condición determinada de antemano permite seleccionar sólo una de las acciones alternativas que se presentan. Son los puntos o momentos, representados mediante un rombo en el diagrama de flujo, en que se debe tomar una decisión.

Se diferencia entre tres clases de estructuras selectivas. Las condicionales (de alternativa simple), las alternativas (de alternativa doble) y las selectivas o *CASE* (de alternativa múltiple o caso).

- 1) Las estructuras condicionales (*If-then / Si-entonces*) se dan cuando la acción sólo se realiza si se cumple la condición establecida. En caso contrario se continúa desarrollando la secuencia sin efectuar la acción que sigue a la condición.

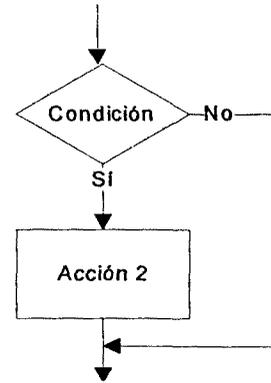


Figura 7.2 Estructura condicional

- 2) Las estructuras alternativas (*If-then-else / Si-entonces-sino*) representan una condición que permite optar entre dos alternativas de acción distintas. Según sea la respuesta, afirmativa o negativa, se efectúa una acción u otra.

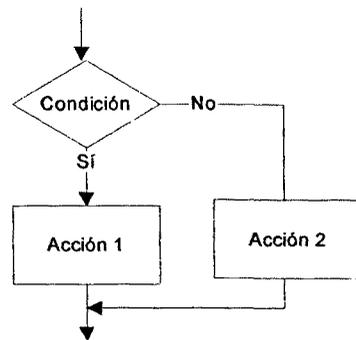


Figura 7.3 Estructura alternativa

- 3) Las estructuras selectivas permiten asociar un conjunto de condiciones a una serie de acciones excluyentes entre sí. En función de la respuesta dada a la condición se accede a la acción asociada correspondiente.

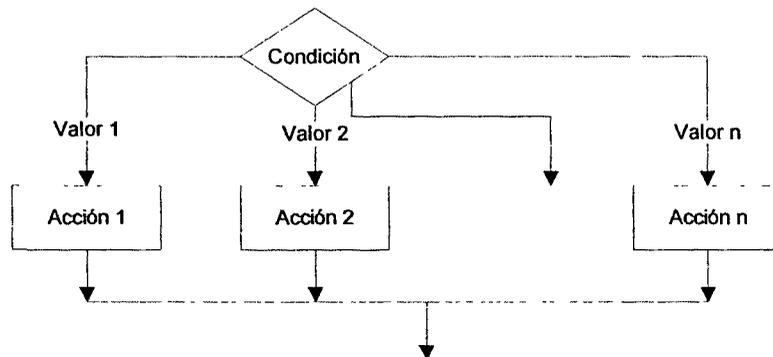


Figura 7.4 Estructura selectiva

- Estructura iterativa o repetitiva. Con ellas se ejecuta una acción, o acciones que conforman la iteración, un número determinado de veces (una o más). Las estructuras iterativas se conocen también con el nombre de lazos o bucles. Hay dos variantes de estructuras iterativas: la forma *Do-while* y la forma *Dountil*.

1) La estructura *Do-while* (**hacer mientras**) pregunta por una condición y ejecuta una acción cuando la respuesta es verdadera. La repetición sigue hasta que la respuesta a la condición es falsa.

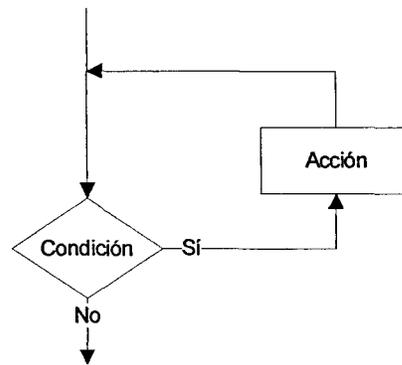


Figura 7.5 Estructura *do-while*

2) La estructura *Dountil* (**repetir hasta**) ejecuta el bucle, pregunta por una condición y se repite el ciclo hasta que la condición se hace verdadera.

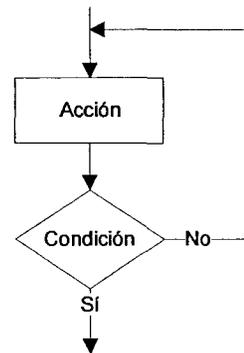


Figura 7.6 Estructura *dountil*

Ambas estructuras se diferencian por el tipo de respuesta que se da a la condición y por la posición de la condición (al inicio en el caso de *do-while* y al final en la estructura *dountil*).

Todas estas estructuras básicas pueden complementarse unas con otras dando lugar a construcciones estructuradas más complejas en procesos que reciben el nombre de anidamiento de construcciones, según reproducimos en la figura 7.7.

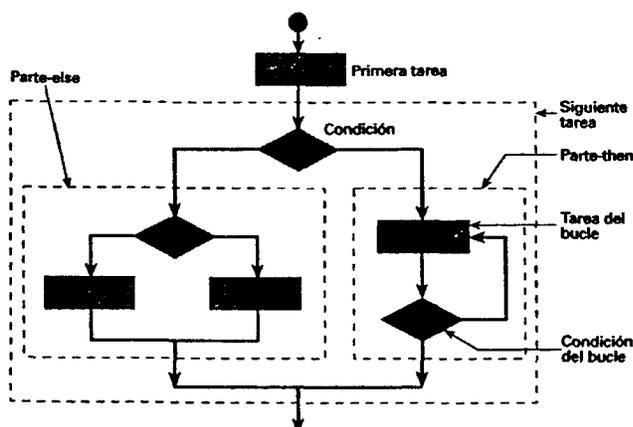


Figura 7.7 Anidamiento de construcciones en un DF (Presman, 1995: 360)

7.2.3.2 Reglas y pautas para su construcción

La construcción de un diagrama de flujo no pasa por seguir un método rígido e invariable. Pero esta flexibilidad no es sinónima de una elaboración libre. En realidad han de seguirse algunas reglas generales que van a posibilitar y facilitar el proceso. Joyanes (1987:36) recoge, excluidas aquellas que sólo son aplicables por programadores informáticos, las siguientes.

1. Todo diagrama ha de tener un principio (inicio/comienzo) y un final (fin). Esto permite utilizar el proceso secuenciado como elemento de otro proceso superior.
2. Las líneas de conexión (de flujo) deben ser siempre rectas y, siempre que sea posible, que sean verticales y horizontales. Se evitarán las líneas cruzadas y las inclinadas. Para conseguirlo se puede recurrir al uso de conectores.
3. Las líneas que enlazan los símbolos entre sí deben estar todas conectadas. Cada línea o flecha debe entrar en un símbolo o unirse a otra flecha.
4. Se deben dibujar todos los símbolos de modo que se pueda seguir el proceso visualmente de arriba abajo y de izquierda a derecha.
5. Realizar un gráfico claro y equilibrado, procurando que el flujo central del diagrama ocupe el centro de la hoja de papel.
6. Acceder a cada símbolo por arriba y/o por la izquierda, y salir de él por abajo y/o por la derecha. Las entradas pueden ser varias pero la salida es siempre única, excepto en los símbolos de decisión (rombos).
7. Realizar todas las anotaciones o comentarios necesarios para que el diagrama resulte comprensible por los destinatarios.
8. Si es posible, el diagrama no ha de sobrepasar la extensión de una página. Si no es posible hay que utilizar los conectores necesarios y numerar correctamente las páginas.

Joyanes da también otros consejos que pueden facilitar la construcción del diagrama. Sugiere construir un diagrama de bloques que represente las relaciones fundamentales del proceso para posteriormente ir las descomponiendo en otras más sencillas. También recomienda, una vez terminado el diagrama de flujo, revisarlo

siguiendo con detalle todos los símbolos utilizados y la adecuación o no de las operaciones establecidas.

De las propuestas de García Herrero y Ramírez Navarro (1996) se desprenden otras pautas para la elaboración de los diagramas de flujo.

1. Utilizar el papel de menor tamaño posible (DIN 4 o DIN 3) y siempre que lo permita el diagrama con orientación vertical.
2. Asignar un título o denominación al diagrama de flujo. Es aconsejable que el título se disponga en el encabezamiento de la hoja de papel.
3. Identificar la línea principal del diagrama como aquella línea vertical y central que determina la dirección prevista del proceso. De esta línea principal salen o llegan otras líneas horizontales y secundarias que recogen las acciones que completan el proceso.

Alejándonos de esta normalización más minuciosa parece imprescindible, para que se dé una correcta representación de la información por medio de los diagramas de flujo, atender y respetar las reglas generales de redacción gráfica definidas por Bertin en su obra de semiología gráfica. Bertin (1967/1998) establece que, independientemente del tipo de construcción gráfica a elaborar, han de seguirse tres reglas generales, básicas para facilitar la comprensión de la información. La primera es construir una información mediante el menor número posible de elementos con el fin de facilitar la percepción de la representación. La segunda simplificar la representación aunque sin reducir el número de relaciones de orden que pueden establecerse entre los elementos que conforman la representación. La tercera consiste en simplificarla por reducción de elementos hasta llegar a producir un mensaje claro y eficaz.

Vistas las orientaciones que han de seguirse para la construcción del diagrama de flujo se pueden también determinar cuáles son los pasos a seguir en su elaboración. La propuesta del IAF(1998) reduce el proceso a once acciones.

1. Discutir la utilización del diagrama de flujo.
2. Decidir sobre el resultado de la sesión.
3. Definir los límites del proceso, identificando el primer y último paso necesarios.
4. Documentar cada paso secuencialmente.

5. En puntos de decisión o bifurcación escoger una rama.
6. Seguimiento del proceso desconocido, tomar nota y continuar.
7. Repetir los pasos 4,5 y 6 hasta alcanzar el último paso del proceso.
8. Retroceder y trazar el diagrama de las otras ramas siguiendo el mismo proceso.
9. Revisión completa sin omitir pequeños bucles o casos especiales.
10. Decidir cómo rellenar aquellas partes del proceso que no son bien conocidas.
11. Analizar el diagrama una vez seguros de que el diagrama está completo.

En cualquier caso no ha de olvidarse la advertencia de Pressman (1995: 362), que recuerda la necesidad de no hacer un uso dogmático en las construcciones de los diagramas de flujo para no caer en la ineficiencia y en complicaciones adicionales. Más presente habrá de tenerse esta advertencia cuando se trate de utilizar los DF en ámbitos distintos al de la informática.

7.2.4 Implantación social de los diagramas de flujo

Los diagramas de flujo pueden considerarse en la actualidad como una modalidad de representación gráfica universalizada, pues no sólo los ingenieros de software informático los utilizan, sino que su uso se ha extendido más allá de este campo. Es posible encontrar diagramas de flujo en ámbitos dispares de la industria y los servicios. Veamos algunas muestras de su uso en contextos sociales diversos excluyendo el de la educación (al que nos referiremos en 7.4.1) y a los ámbitos técnicos de la programación informática, que consideramos suficientemente ejemplificados en los subapartados anteriores.

Entornos tecnológicos distintos al informático se fueron apropiando desde un primer momento de los diagramas de flujo para representar todo tipo de procesos, secuencias y procedimientos de actuación específicos de su propio dominio. El anexo 7.1 recoge un completo DF que ilustra la rutina de detección de averías en el encendido de un motor. El DF en este caso no sólo incluye los símbolos habituales sino que añade escuetas etiquetas verbales que expresan –en zonas concretas del diagrama- el tipo de avería existente en alguno de los componentes del motor de arranque.

En un uso similar, de detección de anomalías, la empresa Lexmarx ofrecía recientemente, con la documentación correspondiente a distintos modelos de impresoras, un informal pero comprensible diagrama de flujo para detectar problemas de distinto tipo surgidos durante el proceso de instalación del periférico (anexo 7.2). Es este un claro ejemplo de cómo la complejidad que encierran la mayoría de manuales de instrucciones de artefactos tecnológicos –Norman, 1990; Costa y Moles, 1991- pueden simplificarse cuando se hace un uso eficiente de los sistemas de representación gráfica para transmitir información técnica destinada a un público amplio.

Pero no son los únicos entornos tecnológicos que emplean los diagramas de flujo. Su uso también está extendido a otras tecnologías como la metalurgia, la automatización y control, la electrónica, la neumática, la arquitectura naval o las de la alimentación (Encinas, 1980; Fernández López, 1993; Ruíz, 1992; Werner, 1996). Es habitual representar los procesos de producción industrial, en estas y otras tecnologías, mediante completos y complejos diagramas de flujo o bien sintéticos y genéricos DF que posteriormente se detallan mediante descripción verbal u otras representaciones gráficas. También la ciencia ha recurrido al uso de los DF para representar procesos en alguno de sus campos de estudio. Tenemos constancia de su empleo en disciplinas tan dispares como la estadística, la etología o la química (Yusuf y otros, 1987; Molina, 1980; Escudero, 1992; Zubizarreta, 1990).

García Herrero y Ramírez Navarro (1996) recogen en su obra la experiencia de utilización de los diagramas de flujo como herramienta para facilitar el diseño de Proyectos Sociales, especialmente cuando se trata de estandarizar determinados procesos en la prestación de servicios. En su obra dedican todo un capítulo a exponer la utilidad de los DF y a mostrar cuál ha de ser su uso en la planificación de la intervención social, además de incluir interesantes ejemplos experimentados en la práctica de los Servicios Sociales. El anexo 7.3 es una muestra de ellos.

Otro ámbito en que encontramos múltiples referencias del empleo de los diagramas de flujo es el de la psicología. De momento exponemos en el anexo 7.4 un diagrama de flujo que representa un modelo de proceso dual en la representación social según lo expone Brewer. Más adelante en 7.4.1 veremos cómo la psicología de la instrucción y de la educación también recurren a los DF como modalidad de representación de procesos de distinta naturaleza.

Tampoco el humor escapa a la presencia de los diagramas de flujo. Aguilar (1997) recoge un provocador diagrama de flujo (anexo 7.5)¹⁰⁷ elaborado siguiendo los cánones más estrictos de la tradicional picaresca de este país, donde se representa un “milagroso” procedimiento para solucionar problemas.

De forma menos documentada tenemos también constancia del empleo de los DF en otras disciplinas y sectores profesionales y laborales como la medicina, la economía, la publicidad, la biblioteconomía y la documentación¹⁰⁸. Pero son las empresas -en su dimensión organizativa, de gestión y de recursos humanos- quienes emplean con frecuencia los diagramas de flujo para definir y expresar procesos y procedimientos que hacen posible su funcionamiento.

De este breve recorrido no podemos concluir que los diagramas de flujo tengan una presencia generalizada en la sociedad. Su uso, a pesar de haber traspasado su ámbito original, sigue estando reducido casi siempre a entornos profesionales cualificados. Aún así los diagramas de flujo han de ser reconocidos como una de las múltiples modalidades de representación gráfica que no resulta desconocida por la población e incluso un sistema que ha merecido y sigue mereciendo atención por parte de los sistemas educativos nacionales de distintos países (especialmente anglosajones) según tratamos en el cuarto apartado de este capítulo.

7.3 OTROS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PROCEDIMIENTOS

La extraordinaria difusión de los diagramas de flujo más allá del ámbito profesional de la informática no significa que sea la única técnica existente de representación de procesos y secuencias. Bien al contrario, los diagramas de flujo en la ingeniería del software están en desuso al haber surgido otros lenguajes, métodos y técnicas acordes con las cada vez mayores y más exigentes necesidades que surgen en el diseño de programas informáticos¹⁰⁹.

¹⁰⁷ Miguel Ángel Aguilar, autor de la columna “Susceptibilidad magnética”, no es el autor del diagrama. Según él mismo expresa lo recoge del tablón de anuncios del Instituto de Magnetismo Aplicado.

¹⁰⁸ La consulta en la world wide web, a través de buscadores y motores de búsqueda generales o especializados, permite obtener miles de accesos a webs que hacen referencia directa a los diagramas de flujo.

¹⁰⁹ El principal problema que encierran los diagramas de flujo es que su estructura básica es un tipo de regla extremadamente limitada para poder representar todas las circunstancias que

Existen pues otros muchos sistemas de representación secuencial que se han ido desarrollado en el campo informático a partir de los años setenta hasta llegar a disponer, sólo en la programación orientada a objetos, de más de cincuenta métodos distintos a mitades de la década de los noventa (Booch y otros, 1999). Se trata de técnicas específicas que pretenden mejorar aún más el trabajo de los programadores en la resolución de problemas algorítmicos y de aplicaciones informáticas cada vez más complejas. De todas las técnicas existentes vamos a presentar, sucintamente, los diagramas de Nassi/Shneiderman y el Lenguaje Unificado de Modelado.

Presentaremos también otras técnicas empleadas para representar procesos y secuencias de acciones en otros sectores tecnológicos como el método Grafcet y los actigramas; y los esquemas de acción y los mapas de procedimientos empleados en entornos instruccionales.

7.3.1 Diagramas de Nassi/Shneiderman

Son una modalidad de representación del diseño procedimental propia de la programación estructurada de la ingeniería del software, desarrollada por Nassi y Schneiderman en 1973 y mejorada dos años después por Chapin, (Presman, 1995). Por este motivo también se conocen como diagramas de Chapin, aunque es habitual referirse a ellos como diagrama N/S o diagramas de cajas. A diferencia de lo sucedido con los diagramas de flujo los diagramas de cajas no han traspasado el ámbito de la programación informática.

En esencia son un diagrama de flujo con líneas de conexión e indicadores de conexión omitidos que se construye a partir de cajas o bloques contiguos. Simplifican el lenguaje de los diagramas de flujo (reduce al mínimo la simbología empleada) y facilitan la traducción del contenido del diagrama al lenguaje de programación, aunque visualmente son de más difícil captación y su construcción e interpretación resultan más complejas.

Existen, al igual que en los diagramas de flujo, estructuras lógicas (secuencial, selectiva y repetitiva) básicas que se representan genéricamente según se muestra en

puedan condicionar una acción determinada, hasta el punto que toda regla formulada puede ser alterada dejando de ser apropiada en dicha situación, (Waltz, 1999). Lo mismo ocurre con el SI/Entonces de las producciones o con otros sistemas notacionales basados en reglas.

la figura 7.8 y que combinadas entre sí pueden dar lugar a estructuras más complejas, como la recogida en la figura 7.9.

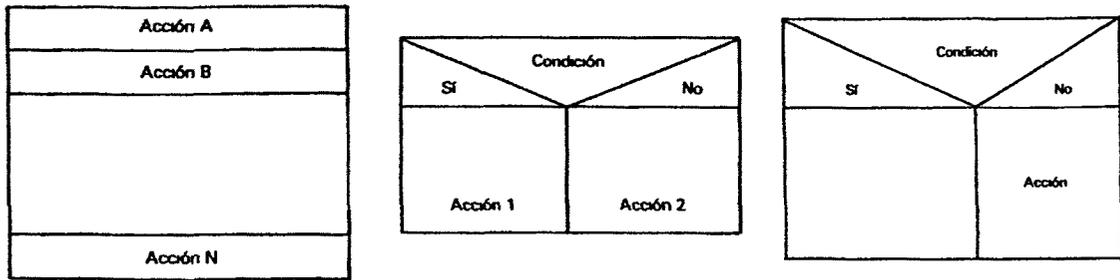


Figura 7.8 Estructuras básicas de los diagramas de cajas (Joyanes, 1987: 40-41)

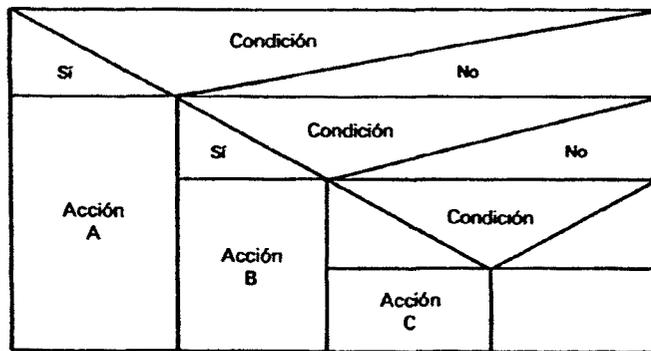


Figura 7.9 Estructura compleja en diagrama de cajas (Joyanes, 1987: 42)

7.3.2 Lenguaje Unificado de Modelado

Entre el espectacular desarrollo de lenguajes de programación informática a que aludíamos al iniciar este apartado destaca el Unified Modeling Language (UML) o Lenguaje Unificado de Modelado. Se trata de un complejo y completo lenguaje de programación orientada a objetos desarrollado desde 1994 a 1996 en versiones beta que finalmente apareció como lenguaje estándar de modelado a inicios de 1997, momento desde el cuál se han sucedido otras versiones que lo han ido mejorando.

La finalidad del UML es construir modelos precisos de procesos que requieren una ejecución posterior, contemplando todos aquellos elementos que se vean implicados en el proceso, ya sean artefactos, actividades, personas,... y todos los flujos de gestión, acción y evaluación que conlleve el proceso, Booch y otros (1999).

La riqueza de componentes con que cuenta el UML permite su empleo en la programación informática, pero igual que ocurre con los diagramas de flujo, se puede transferir en la representación gráfica de otros tipos de procesos, como puedan ser las secuencias correspondientes a un contenido procedimental. En la tabla 7.2 sintetizamos los bloques básicos que se emplean para la construcción de representaciones UML, aunque lo hacemos sin detallar la utilidad y simbología adoptadas para cada una de las unidades simples que configura el bloque de construcción, (Booch y otros, 1999: 11-29).

Elementos	Estructurales	Clase Caso de uso Componente	Interfaz Clase activa Nodo	Colaboración
	De comportamiento	Interacción Máquina de estado		
	De agrupación	Paquete Modelo	Framework Subsistema	
	De anotación	Nota Requisito		
Relaciones	Dependencia	Asociación Realización	Generalización	
Diagramas	De clases De colaboración De componentes	De objetos De estados De despliegue	De casos de uso De estados De despliegue	De secuencia De actividades

Tabla 7.2 Bloques básicos de construcción del UML

El lenguaje dispone de otros bloques de construcción y de una depurada sintaxis para la representación de los modelos. De todos las unidades simples recogidas en la tabla 7.2 centramos nuestra atención en los diagramas de actividades, especialmente indicados para la representación de secuencias de acciones, ya que sirven para representar los flujos de cualquier tipo de actividad. Se trata de diagramas que en UML se emplean para modelar los aspectos dinámicos de un sistema, lo cual implica casi siempre establecer los pasos secuenciales, y para modelar los flujos de trabajo asociados a sistemas ejecutables.

Los autores ofrecen en su obra un ejemplo de flujo de trabajo, *workflow*, sobre el trabajo asociado a la construcción de una casa en su nivel más elemental que reproducimos en la figura 7.10 y que nos permite apreciar algunas de las particulares características de esta forma de representación de procesos.

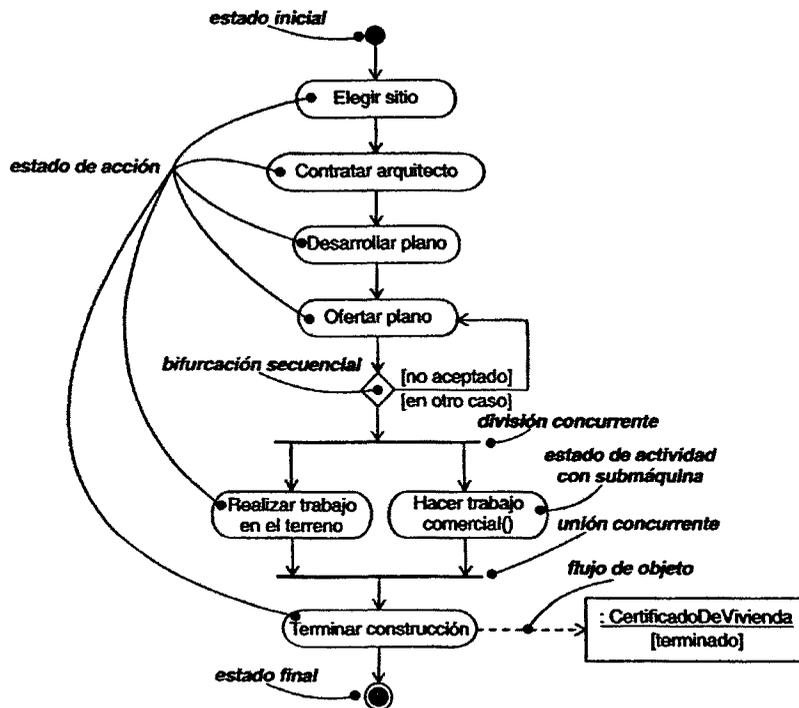


Figura 7.10 Diagrama de actividades de la construcción de una casa (Booch y otros, 1999:227)

7.3.3 Aplicación de Grafcet

El GRAFico de Comando Etapa Transición (GRAF CET) es un método de programación que surge en Francia a mitades de los años setenta y que en la década de los 90 se ha convertido en un referente universal cuando se desea automatizar procesos secuenciales en autómatas programables que cuentan con cierta complejidad. Cualquier diagrama GRAFCET es *“un diagrama funcional que describe la evolución del proceso que se pretende automatizar indicando las acciones que hay que realizar sobre él y qué informaciones las provocan; partiendo de él se pueden obtener las secuencias que ha de realizar el autómata programable.”* (Cembranos, 1999: 78).

En la automatización industrial se emplea para describir todos los sistemas que puedan expresarse secuencialmente y descomponerse en una secuencia de etapas y transiciones, independientemente de cuál sea la tecnología concreta implicada en el automatismo; ya sea eléctrica, neumática, hidráulica, mediante microprocesadores o bien programada desde el ordenador. La sencillez de sus reglas de edición, junto con la facilidad con que permite abordar los problemas y la claridad en su divulgación (González Vázquez, 1994) hacen de los diagramas Grafcet una interesante alternativa para representar procesos secuenciales, incluso aquellos que no son estrictamente algorítmicos ni técnicos.

Como lenguaje Grafcet cuenta con una red de elementos codificadores (simbólicos y sintácticos) perfectamente definidos que posibilitan la representación gráfica de la evolución de un proceso. Las etapas representadas mediante un cuadrado y un número son un elemento esencial; al igual que lo son las acciones asociadas a cada etapa que se representan mediante un rectángulo donde se escribe el tipo de acción a realizar. También lo son las condiciones de transición que, situadas entre etapa y etapa, representan el requisito o requisitos que han de cumplirse para pasar a la siguiente etapa. Junto a estos elementos básicos (observables en el Grafcet de la figura 7.11¹¹⁰) hay 5 reglas esenciales que regulan el diseño de los Grafcets. Otros elementos de codificación del lenguaje son las elecciones condicionales entre varias secuencias, las secuencias simultáneas y los saltos condicionales entre etapas.

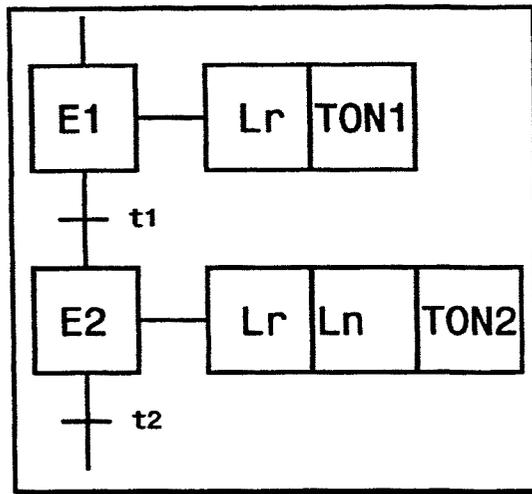


Figura 7.11 Grafcet de control de un semáforo (Alecop, 1998b: 12)

7.3.4 Actigramas

El método Structured-Analysis-Design-Technique (SADT) fue creado por el estadounidense Doug Ross en 1977 e introducido en Francia cinco años después, Nancy (1999), para el análisis funcional de objetos y sistemas técnicos¹¹¹. El SADT *“no sólo permite describir las tareas de un proyecto y de sus interacciones, sino que también sirve para describir el sistema a estudiar, crear o modificar, haciendo especial énfasis en las partes que constituyen el sistema, la finalidad, la función de cada una de ellas, y las interfaces entre las diversas partes que hacen que un sistema no sea una*

¹¹⁰ La etapa 1 tiene asociada la acción de activar la luz Roja y la acción de lanzar un temporizador (TON 1). Tras cumplir con la condición t1 (asignación temporal) la etapa 2 tiene asociada la acción de activar la luz Roja, la acción de activar la luz Naranja y lanzar un temporizador (TON 2). El diagrama se completa con una segunda condición de asignación de transcurso de tiempos t2.

¹¹¹ Existen otros métodos de análisis funcional empleados en entornos industriales y empresariales por ingenieros, técnicos, diseñadores, responsables de calidad, arquitectos o responsables de marketing para concebir, diseñar o mejorar productos. Son métodos habituales en dichos entornos el SAFE (Análisis Secuencial de Elementos Funcionales), el FAST (Análisis Funcional de Sistemas Técnicos) o los gráficos de productos, Tassinari (1994).

simple colección de elementos independientes, sino una organización estructurada con una finalidad precisa”, (Lissandre, 1990: 14). Pero el SADT no sólo permite el análisis funcional de objetos y sistemas técnicos sino que además se emplea como método para diseñar o mejorar servicios. Se percibe asimismo como un método útil para la secuenciación de todo tipo de procesos.

El SADT parte de una descomposición del sistema, en un proceso que tiene como primera tarea identificar los elementos esenciales que lo integran. Posteriormente se representa el sistema en un nivel 0 muy general que va detallándose en niveles sucesivos (1º, 2º, ...) según muestra la figura 7.12 en un proceso de análisis descendente que focaliza, a modo de zoom, partes cada vez más precisas del sistema. Las representaciones gráficas que se elaboran en cada uno de estos niveles reciben el nombre de actigramas o diagramas de actividad.

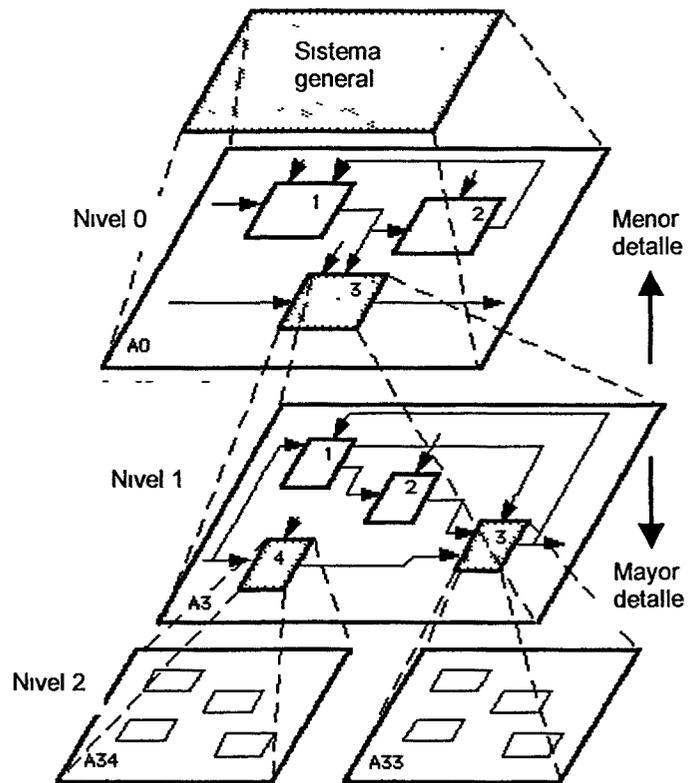


Figura 7.12 Representación de los niveles de análisis en SADT (Nancy, 1999: 7/9)

La figura 7.13 representa un actograma de nivel 0 sobre el proceso de funcionamiento de una lavadora, en él se integran otros procesos (A1, A2, A3, A4, A5) que a su vez podrían representarse mediante nuevos actogramas en el siguiente nivel 1. Su observación permite deducir con facilidad los elementos gráficos que se emplean para su construcción: rectángulos que encierran acciones concretas; líneas de flujo que marcan la dirección que sigue el proceso; líneas de entrada y salida (trazo con mayor grosor) de componentes del producto; líneas discontinuas que encierran el nivel representado y etiquetas verbales correspondientes a componentes y agentes que participan en el proceso y a las consecuencias que de él se derivan.

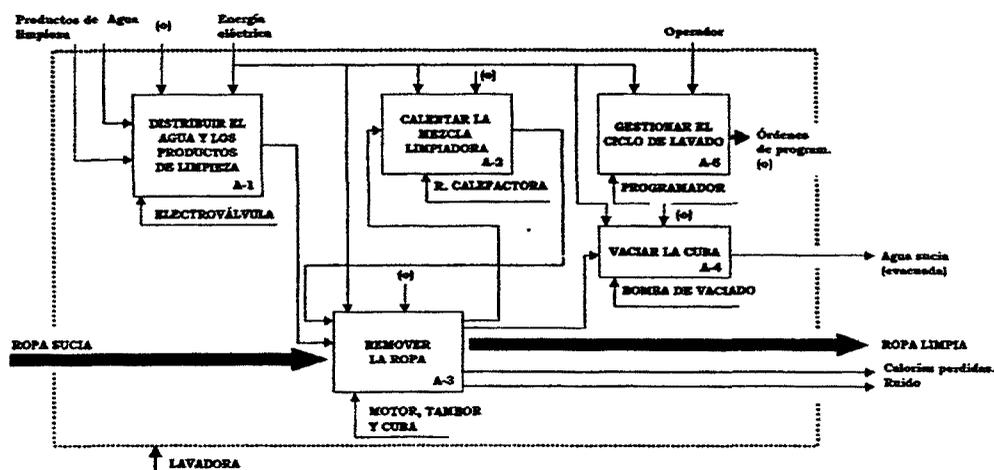


Figura 7.13 Actigram del funcionamiento de una lavadora (ALECOP, 2001: 17)

A diferencia de los sistemas de representación anteriores, que sólo aparecen en programas de formación en estudios técnicos de nivel secundario o superior, los actigramas forman parte del contenido que se estudia y emplea –a un nivel muy introductorio- en el diseño de productos y procesos que se realiza durante la secundaria obligatoria en el área de tecnología en Francia.

7.3.5 Esquemas de acción

El pedagogo alemán Hans Aebli define los esquemas de acción como “*secuencias de acción a partir de elementos de acción que hemos almacenado en nuestro saber sobre acciones o nuestra memoria de ellas*” (Aebli, 1988: 162). Se trata pues de una elaboración cognitiva que se sustenta en esquemas de acción previos (conocimientos sobre el hacer ya adquiridos por el sujeto) que se reelaboran de nuevo cuando se aprenden nuevos cursos de acción (aprendizajes procedimentales). El autor caracteriza los esquemas de acción por estar almacenados en la memoria, por la posibilidad de ser evocados para su ejecución (recuperación que no tiene lugar cuando el esquema de acción está automatizado) y por ser transferibles a nuevas situaciones.

Como forma de representación gráfica combina elementos gráficos sencillos como son las elipses, las líneas dobles y las líneas sencillas. Estos elementos representan, respectivamente, acciones y procesos parciales, la dirección de la ejecución principal hasta llegar al resultado u objeto final a la vez que el resultado de la acción precedente y acciones secundarias o elementos relacionados con la secuencia principal. Se

recurre al uso de líneas discontinuas para encerrar espacialmente partes del proceso o subprocesos derivados del proceso esquematizado. Aebli recurre también al uso de las expresiones verbales en mayúscula o minúscula según sea la importancia de la acción dentro del esquema. Se reservan las acciones en mayúscula para acciones principales y las minúsculas para otras acciones secundarias o bien para expresar la presencia de objetos y productos en el esquema de acción.

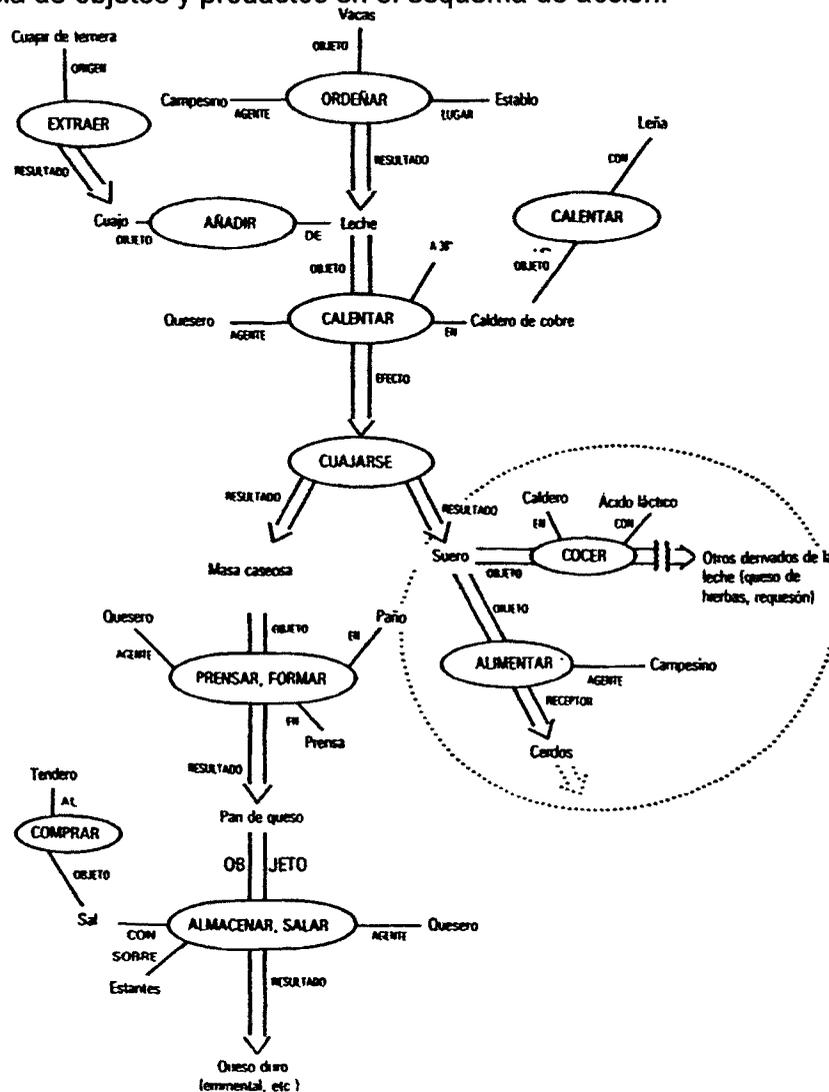


Figura 7.14 Esquema de acción de la fabricación de queso duro (Aebli, 1988: 165)

Visualmente se trata de un tipo de representación que recuerda a los mapas conceptuales, tanto por la forma de distribuir la información verbal como por el uso de conectores entre los elementos geométricos. Además de líneas y líneas dobles se emplean como conectores sustantivos y preposiciones en mayúscula de menor tamaño que las acciones de forma que, puestos al lado de las líneas, clarifican y dan sentido y significado al curso de acción representado.

La figura 7.14 reproduce el esquema de acción correspondiente a la fabricación de queso duro según lo expone el autor. En él puede observarse como se integran en una única representación, esquema de acción, todos los elementos y agentes participantes de la acción (personas, animales u objetos); las fases o etapas en que se desarrolla el proceso a partir del empleo de estos elementos; el curso de todo el proceso y los resultados parciales y final tras la realización de las acciones más simples.

Preocupado por la eficacia didáctica y psicológica de esta forma de representación Aebli afirma que es importante que quien elabore o emplee un esquema de acción perciba que cada etapa parcial dé lugar a un resultado concreto y que cada acción parcial es una premisa del siguiente paso de la secuencia y así hasta llegar a la meta definitiva. El aprendizaje de secuencias de acciones no tiene como objetivo una reproducción automatizada sin más, aunque muchas veces es posible que pueda realizarse esta actuación inmediata. Aprender procesos requiere la comprensión de todas las acciones y componentes que la integran, de modo que *“un proceso a ciegas, no comprendido, no constituye acción alguna y, por ello, tampoco un esquema de acción.”* (Ídem: 166)

7.3.6 Mapas de procedimientos

También desde una posición didáctica y pedagógica Torres (1993), de forma similar a Aebli, da forma a una nueva modalidad de representación de procedimientos. Su propuesta surge de la necesidad de representar, en un primer y segundo nivel de concreción los procedimientos –contenidos procedimentales- incluidos en los bloques de contenido del área de Tecnología (MEC, 1992) (consultar también 3.1) y las relaciones entre estos procedimientos.

El modelo representacional de Torres se caracteriza por *“conjuguar aquellos aspectos de manipulación, de experimentación, de construcción, etc. relacionándolos una y otra vez con los conceptos que vayan ‘apareciendo’ a lo largo del proceso de enseñanza o que han sido tratados ya previamente”* (Torres, 1993: 137). O sea, que al autor no le preocupa tanto representar secuencias completas de procesos específicos detallando todas las acciones que incluye, sino que más bien se muestra interesado por adoptar un sistema representacional que integre procedimientos específicos (sin detallar su secuencia de acciones) junto con los conceptos asociados y permita expresar las interrelaciones entre procedimientos y conceptos que se establecen a distintos niveles.

Para lograrlo elabora de cada bloque de contenido tres mapas distintos: uno conceptual, otro procedimental y otro, más completo e integrador, que recoge las interrelaciones entre elementos existentes entre los conceptos y los procedimientos que forman parte del bloque de contenido representado.

Para la construcción del mapa de procedimientos recurre a un lenguaje bastante simple que elimina prácticamente todas las figuras geométricas, pues sólo emplea rectángulos para situar las etiquetas correspondientes a alguno de los seis bloques de contenido. En cambio, cuando el mapa contiene unidades conceptuales y procedimentales, adopta distintos trazados de línea en un intento de representar diferentes niveles de relación entre los elementos incluidos en el mapa. Si se trata de un mapa de procedimientos las líneas son siempre de trazo discontinuo, tal y como puede observarse en la figura 7.15. Otro elemento diferenciador es el grosor y tipo de letra empleado. Los elementos principales del mapa se escriben en negrita y con una altura de tipo superior al del resto de expresiones verbales a los que el autor confiere una menor relevancia y representa con un tipo inferior y sin resaltar. El empleo de mayúsculas se reserva para los procedimientos o conceptos más significativos.

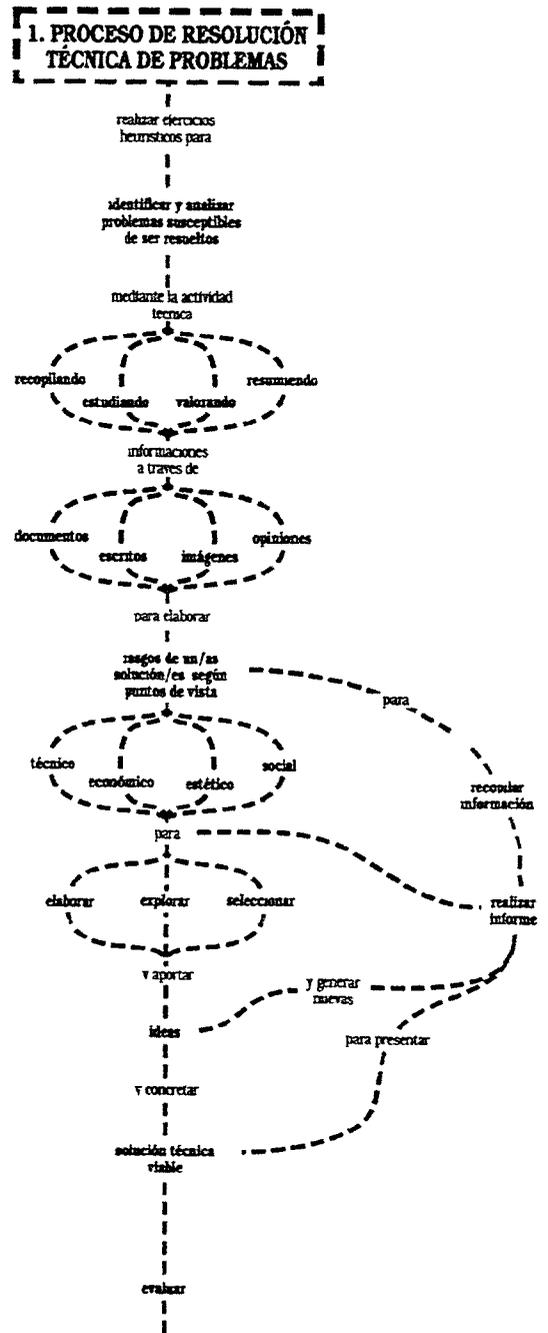


Figura 7.15 Mapa de procedimientos del proceso de resolución técnica de problemas (Torres, 1993: 140)

7.4 LOS DIAGRAMAS DE FLUJO COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA

De todos los sistemas de representación procedimental expuestos o citados en este capítulo consideramos que los diagramas de flujo son el sistema más adecuado para ser empleado en procesos instructivos con alumnos de educación secundaria obligatoria. Esta afirmación no es gratuita. Se apoya en una completa argumentación, desarrollada en este apartado, que nos permite asegurar que estamos ante una herramienta didáctica potente y flexible para ser empleada bajo teorías y enfoques psicopedagógicos distintos además de poder equiparar a los diagramas de flujo como un sistema de representación externa del conocimiento procedimental alternativo al de las producciones.

Exponemos a continuación una muestra de la prolífica presencia de los diagramas de flujo en educación, nos adentramos después en la discusión sobre la validez de los DF como sistema representacional del conocimiento y en el último subapartado desplegamos las funciones, las modalidades de uso y las ventajas e inconvenientes de su empleo en la enseñanza.

7.4.1 Uso de diagramas de flujo en educación

En 7.4.2 mostramos el creciente nivel de implantación de los diagramas de flujo en la sociedad. Abordamos en este subapartado cuál es su presencia en los ámbitos educativos en un recorrido trazado a partir de las referencias obtenidas durante la revisión bibliográfica. Obviamos todas aquellas citas que tratan los diagramas de flujo en actividades de formación sobre programación estructurada.

Fuera de los planes de estudio de las carreras técnicas informáticas, los DF aparecen por primera vez con fuerza en educación en el campo de la Tecnología Educativa (ver 1.4.2) desde sus enfoques técnico y sistémico para el diseño de secuencias sistematizadas del proceso de enseñanza-aprendizaje. Gutiérrez Martín (1998) recoge que autores como Bannathy, Chadwick, Kauffman, Dick o Briggs recurren a los diagramas de flujo para diseñar procesos educativos instruccionales. De los muchos ejemplos que ilustran cómo la planificación didáctica de las décadas de los setenta y ochenta recurre a los diagramas de flujo en el anexo 7.6 recogemos las representaciones gráficas que plantean Anderson y Faust (1973) y Dick y Carey (1978).

Pero las primeras referencias en el uso de los DF en educación las encontramos a principios de los años setenta en los trabajos de Kaluza (1972); Ritz y otros (1970) y Freund (1972). Kaluza expone el empleo de los DF como método instruccional en estudios empresariales. En las otras dos referencias sus autores recurren a los diagramas de flujo para representar procesos instruccionales específicos, ya sea en talleres o bien con alumnos con dificultades de aprendizajes. Es este ámbito educativo de la educación especial uno de los que acude con mayor frecuencia al empleo de los DF como forma de representación de programas de intervención adaptados a casuísticas determinadas (además del citado Freund, 1972; Alpert, 1982; Ammer, 1983; Anderson, K.L., 1992; Sugai, 1997). Otro de los ámbitos en que aparecen frecuentes referencias del empleo de los diagramas de flujo es el de la orientación vocacional y educativa (Wells, 1974; Wells, 1975; PIC, 1981; Pickering y otros, 1983; McDowell, 1995; Green, 1995). La representación en diagrama de flujo de procesos de toma de decisiones educativas y para la evaluación de programas también ha sido frecuente (Peterson y Clark, 1978; Shavelson y Stern, 1981 ver anexo 7.7; Jonassen, 1989; Gillespie, 1990; SRCC, 1991). Relacionado con la toma de decisiones pero volviendo al campo de la tecnología educativa otros autores como Romizowski (1981), Leshin, Pollock y Reigeluth (1992) o Rossignoli (1996) emplean los diagramas de flujo para establecer protocolos de selección de medios y recursos tecnológicos en situaciones instructivas como recogemos en el anexo 7.8 .

En psicología educativa y cognitiva también encontramos a autores que utilizan los diagramas de flujo cuando desean representar procesos de distinto tipo. Ya vimos en el capítulo quinto la importancia que tenían para Castañeda (1982) en el análisis del aprendizaje de procedimientos para ordenar y representar la estructura jerárquica del contenido objeto de aprendizaje, (consultar 5.2.2.3). Collins (1987) los emplea en estudios sobre el conocimiento estratégico de expertos en la resolución de problemas. Monereo (1990) representa con diagrama de flujo las distintas etapas de interrogación que incluye su "*Procedimiento Metacognitivo de Enseñanza-Aprendizaje*", según recogemos en el anexo 7.9. Este mismo autor recurre más adelante (Monereo y otros, 1994) al mismo sistema representacional para establecer interesantes pautas de interrogación guiada dirigidas al profesor como aprendiz y como enseñante que también reproducimos en el citado anexo. Voss y Schauble (1991) recurren a los DF para representar gráficamente los elementos de que consta el modelo de aprendizaje que describen en su comunicación. Carifio (1993) los usa en el análisis de los modelos cognitivos desarrollados, desde las teorías del procesamiento de la información, sobre

los procesos de enseñanza y aprendizaje. Pastor y otros (1992), Pastor (1993) y Carrera (1995) los emplean como sistema de representación de las secuencias de que constan los procedimientos incluidos en las estructuras organizativas de los contenidos procedimentales obtenidas en sus respectivos trabajos.

También los diagramas de flujo han sido objeto de estudio en sí mismos desde dos planteamientos distintos. Como contenido de aprendizaje escolar en las aulas y como objeto de estudio en investigaciones científicas. Además de figurar como contenido en los planes de estudio de las materias de programación de las titulaciones de ingeniería informática de todo el mundo y en otros estudios técnicos superiores y técnico profesionales, los diagramas de flujo aparecen también como contenido en aprendizajes informáticos en educación primaria y secundaria (Young y Robicheaux, 1985) y en educación tecnológica. Destacamos cómo en la asignatura de "Diseño y Tecnología"¹¹² el aprendizaje sobre los diagramas de flujo como sistema de representación gráfica de procesos aparece ya en los primeros años de la secundaria. Dicho aprendizaje se centra en conocer la simbología y las reglas básicas de construcción y en aplicarlas a procedimientos simples y cotidianos, tal y como recogemos en los ejemplos del anexo 7.10. También en alguna de las EATPs (ver 1.3.1) establecidas para el bachillerato en nuestro país aparecía la elaboración de diagramas de flujo que representaran distintos tipos de proceso (Acero y Aparicio, 1988).

Distintos autores han tomado los diagramas de flujo como objeto de sus investigaciones. Wepner (1983) analiza el uso en enseñanza primaria y secundaria de los diagramas de flujo y destaca el interés que tienen para la organización de ideas y la secuenciación de acciones. Scanland y Clark (1989) se ocupan de estudiar el interés que tienen los diagramas de flujo frente a otros códigos representativos de información. Phillips y Quinn (1993) estudian los efectos y eficacia que tiene el empleo de los DF, en educación superior, para el aprendizaje de procedimientos que requieren la realización de tareas y acciones complejas. Ekhaml (1998) plantea cómo siendo un sistema de representación usado por diseñadores, escritores, científicos y comunicadores puede ser también empleado como un potente organizador gráfico en la enseñanza y el aprendizaje.

Otras áreas curriculares de la educación primaria y secundaria también han hecho uso de los diagramas de flujo como soporte representativo de contenidos específicos de la

¹¹² Nombre que se le ha dado al área de Tecnología, educación tecnológica, en el Reino Unido.

propia área. Encontramos ejemplos en Lazzeri (1980) que recurre a ellos de forma sistemática en la resolución de problemas matemáticos en educación secundaria. Scott (1984) que utiliza los diagramas de flujo para representar conversaciones en el aprendizaje de idiomas (inglés como segunda lengua). También Geva (1985) estudia cómo afecta a la mejora de la comprensión lectora el empleo de los diagramas de flujo¹¹³. Scandura (1983) los emplea para mostrar estrategias instruccionales para el aprendizaje de operaciones aritméticas básicas (restas) basadas en su teoría del aprendizaje estructural (ver 5.2.2.2). En la aplicación de esta misma teoría a conocimientos científicos Stevens y Scandura (1987) representan mediante diagrama de flujo el algoritmo que se sigue para el empleo del microscopio dentro del proceso de análisis de productos (anexo 7.11). También Soler y otros (1992) consideran interesante el empleo de los DF para sustentar aprendizajes procedimentales de naturaleza algorítmica en ciencias experimentales, sociales y en matemáticas. El anexo 7.12 recoge varios de los diagramas que estos autores incluyen en su obra.

Más allá de los datos particulares que cada estudio o trabajo aquí recogidos pueda ofrecer la revisión bibliográfica nos permite emitir, a modo de conclusiones, algunos comentarios sobre el empleo de los diagramas de flujo en educación.

En primer lugar podemos asegurar que se trata de un sistema de representación fuertemente introducido, aunque no consolidado, en ámbitos educativos distintos. El hecho que desde inicios de los años 70 hasta la actualidad pedagogos, psicólogos y profesores hayan recurrido –desde concepciones psicoeducativas dispares y en aplicaciones también heterogéneas- a los diagramas de flujo es una muestra de que no estamos ante experiencias puntuales o empleos ocasionales. Así alumnos de todos los niveles educativos (desde primaria a la universidad) lo han utilizado como soporte en la realización práctica de las secuencias de procesos en áreas curriculares o disciplinas científicas distintas. También han aprendido su lenguaje y lo han aplicado en la construcción de diagramas de flujo representativos de procedimientos. O sea, han hecho uso de los DF a nivel interpretativo y elaborativo. En manos de los profesores han sido útiles para la planificación de procesos instructivos, para pautar los procesos de toma de decisiones, para sintetizar estrategias de orientación educativa y profesional, para la selección de recursos didácticos y para evaluar

¹¹³ A pesar de que la autora alude a los diagramas de flujo como sistema de representación, en su trabajo emplea un sistema representativo más cercano a los mapas conceptuales. En su estudio Geva recurre al uso de distintos tipos de línea (correspondientes a ejemplos, detalles, procesos, elaboraciones,...) para establecer las relaciones entre los elementos representados.

programas de intervención educativa. Todo ello sin olvidar que también han sido objeto de estudio científico para averiguar su validez como lenguaje para ser aplicado en la organización, expresión y regulación del conocimiento. Esta diversidad de usos y usuarios se configura como una característica esencial de la presencia de los diagramas de flujo en educación.

También podemos afirmar que su utilización ha ido reorientándose con el paso del tiempo. Desde las estrictas (cerradas y algorítmicas) representaciones de secuencias de procesos que se recogen en los primeros diagramas de flujo a que hemos tenido acceso hasta las actuales en las que su empleo se ha ido flexibilizando. Especialmente durante la década de los noventa como nos muestra la presencia de representaciones que incluyen elementos simbólicos novedosos y fomentan su empleo flexible, de forma que sean los propios sujetos quienes puedan operar -para modificar o completarlos- diagramas ya elaborados (ver 7.4.3).

7.4.2 Una alternativa a las producciones como forma de representación externa del conocimiento procedimental

El diseño experimental de esta investigación queda definido, en una de sus variables, por el empleo de estrategias instruccionales que recurren o no –según los distintos grupos experimentales- a los diagramas de flujo (ver 8.2). Este sistema de representación es, pues, objeto de estudio principal en nuestro estudio. Ello nos lleva a intentar demostrar, a nivel teórico, la similitud existente entre las producciones y los diagramas de flujo como sistemas distintos pero de igual validez para la representación del conocimiento procedimental. En la segunda parte del estudio también nos detendremos a analizar, experimentalmente, cuáles son las posibilidades de uso de este sistema representacional por alumnos adolescentes.

Estamos convencidos de que los diagramas de flujo pueden ser empleados, al igual que se hace con las producciones, como herramienta o sistema de representación del conocimiento procedimental; aunque nosotros nos limitaremos a presentarla como sistema de representación externa del conocimiento. Defendemos esta afirmación apoyándonos en distintas aportaciones teóricas recopiladas en los capítulos previos de este marco teórico. Centraremos nuestra argumentación en los siguientes puntos:

- Igualdad entre los pares SI/ENTONCES con la estructura básica de los DF.

- Tipología de producciones y de estructuras en los diagramas de flujo.
- Características de las producciones y su presencia en los diagramas de flujo.
- Características de los sistemas de representación externa del conocimiento.
- Categorías descriptivas que ha de cumplir un sistema de representación.

Anderson (1983), Gagné, E.D. (1985), Andre (1986) y el resto de autores que se refieren a las producciones lo hacen caracterizándolas como pares de condición-acción expresados mediante las cláusulas SI-Entonces que se completan con los enunciados de la(s) condición(es) y de la(s) acción(es) que concretan la producción (ver 4.3). En este mismo capítulo (7.2.3.1) hemos visto que la estructura condicional de alternativa simple *If-then* se configura bajo el mismo patrón de condición-acción. En consecuencia el elemento base de las producciones tiene su homólogo en los diagramas de flujo y se representa según muestra la figura 7.2.

Como también expusimos en 4.3 las producciones no siempre son tan simples ni responden a la regla de condición-acción, sino que también se pueden formar representaciones produccionales (una condición y varias acciones) y condicionales (varias condiciones y una sola acción). Remitiéndonos de nuevo a 7.2.3.1 la ordenación de acciones y decisiones en los diagramas, de igual forma a como se hace en las representaciones produccionales y condicionales, iguala de nuevo a ambas modalidades representacionales. Pero el lenguaje de los DF tiene además definidas dos tipos de estructuras selectivas –de alternativa doble y de alternativa múltiple– que aumentan las posibilidades de acción en función de dos o más respuestas (hasta un valor de n variables) a la condición. Aún más, los DF permiten representar con extrema facilidad estructuras reiterativas de acciones en dos formatos de situación distinta: *hacer mientras* y *repetir hasta*. Situaciones éstas que no quedan reflejadas con claridad en las producciones. En este punto podemos incluso asegurar que los diagramas de flujo son mucho más potentes que las producciones para representar diversidad de situaciones de naturaleza procesual. Sustenta también esta afirmación la facilidad con que pueden ser representados –mediante diagrama de flujo– complejos sistemas de producciones configurados a partir de un número variable de producciones más simples enlazadas entre sí.

En el mismo apartado 4.3 recogimos hasta ocho características definitorias de las producciones. Las revisamos a continuación analizando si se dan o no en los

diagramas de flujo. ① **Carácter simbólico.** Los diagramas de flujo añaden al simbolismo de las expresiones verbales propias de las producciones, toda una simbología gráfica particular que se emplea en la construcción del diagrama como ya expusimos en 7.2.2. ② **Carácter asociacionista.** No sólo se trata de un rasgo esencial de los diagramas de flujo, pues todos los elementos que en él aparecen representados están relacionados con uno o más elementos incluidos en la representación, sino que al tratarse de una representación gráfica permite establecer múltiples relaciones entre elementos, (ver anexo 3.2). ③ **Ser reglas específicas.** Tanto en sus representaciones de acciones (rectángulos) como de decisiones (rombos) no son más que especificaciones de tareas que –a modo de reglas o pautas de actuación- deben realizarse durante la ejecución de la secuencia de un proceso en unas circunstancias determinadas. ④ **Operar con información.** Al igual que ocurre con las producciones los diagramas de flujo no sólo sirven de soporte representacional, sino que obligan a la persona a operar cognitivamente con la información que incluye la representación. ⑤ **Dinamismo.** La modificación de los diagramas de flujo en función de los cambios en las circunstancias y condiciones en que se desarrolla el proceso representado no sólo es posible sino que resulta totalmente aconsejable como exponemos en 7.4.3.2. ⑥ **Reactividad al medio.** Entendida como acción provocada por el cumplimiento de determinada condición. La respuesta que puede dar el sujeto a una condición incluida en una producción es la misma cuando dicha condición se expresa verbalmente encerrada en un rombo. ⑦ **Representar procesos heurísticos.** A pesar de que los diagramas de flujo se asocian con procedimientos algorítmicos lo cierto que es resultan tanto o más adecuados que las producciones para la representación de heurísticos tal y como exponemos en 7.4.3.2¹¹⁴. ⑧ **Automatización.** Es obvio que el

¹¹⁴ También podemos sustentar que los diagramas de flujo cumplen con esta condición dado que cualquier producción –como demostrábamos más arriba- puede representarse mediante diagrama de flujo, al tener este sistema de representación elementos estructurales suficientes para reproducir cualquier tipo de producción existente.

Asimismo si nos remitimos a la diferenciación de Sainz y González-Marqués (1992) entre los conocimientos procedimentales algorítmicos y heurísticos, veremos que los diagramas de flujo son capaces de soportar las exigencias de representación de los procesos heurísticos. Así, estos autores dicen que un sistema procedimental heurístico registra enunciados de acciones que especifican en qué condiciones se activan; ya hemos aludido a la existencia de estructuras básicas condicionales que permiten este tipo de representaciones. También aluden a que muchas de las decisiones que han de tomarse en un proceso heurístico sólo pueden resolverse atendiendo a la información que proporciona el entorno donde se ejecuta el proceso; aunque sea imposible intentar representar a priori todas las posibilidades de actuación en función de múltiples variables, sí que los diagramas de flujo permiten –a posteriori o durante la ejecución heurística- representar dichas circunstancias y las acciones de ellas derivadas. Por último Sainz y González-Marqués (1992:331) afirman que cuando *“son los datos los que condicionan la actuación de una serie de reglas, o son estas mismas las que prescriben a qué estados o representaciones son*

grado de automatización de un procedimiento no depende del sistema de representación adoptado sino del tipo de proceso que debe ser automatizado. Así, sea por medio de una producción, de un DF o de cualquier otro sistema de representación el sujeto alcanzará el nivel de dominio que requiere el proceso en función de las habilidades que implica y de su complejidad.

Analizamos los rasgos de los diagramas de flujo como sistema de representación externa del conocimiento atendiendo a la caracterización de Martí y Pozo (2000b) que recogimos en 4.2.4. ① Ser objetos independientes de su creador. Desde el momento en que el profesor, el alumno o bien un agente externo elaboran un DF en un soporte material determinado, dicho DF se convierte en un producto independiente de su autor. Su uso a partir de ese momento no queda ya circunscrito ni a las personas, ni al contexto, ni a la situación en que fueron creados sino que su utilización vendrá regida por otros parámetros distintos, trascendiendo además en las dimensiones de espacio y tiempo. ② Poseer cierta permanencia. La durabilidad de los diagramas de flujo como representaciones externas depende exclusivamente del soporte material en que se recoge (la persistencia temporal de un DF representado en una pizarra no será la misma que cuando se ha empleado ABCFlowChart¹¹⁵ para crearlo y se almacena en un soporte digital; tampoco serán iguales las posibilidades de difusión de ambas representaciones) y de las condiciones de uso que se dé a dicho material (si el soporte de la representación es el papel y ha de emplearse en un entorno de trabajo con polvo y humedad su durabilidad será menor que si se plastifica la representación). ③ Estar situadas en el espacio. La bidimensionalidad es una característica inherente a los diagramas de flujo. La representación mental, interna mediante diagramas de flujo parece poco probable (además de desaconsejable) si consideramos la dificultad que puede tener operar cognitivamente con simbologías combinadas con significados verbales. En cambio la disposición en el espacio de las acciones y decisiones y de las relaciones entre todos estos elementos aparece reflejada en cualquier DF que podamos analizar o construir. Hasta el punto que la ausencia de esta presencia espacial supondría la inexistencia de los propios diagramas de flujo. ④ Constituir sistemas organizados. En 7.2.2 y en 7.2.3 recogíamos con detalle la semántica y la

sensibles, el sistema se define como un sistema procedimental heurístico. Las estructuras selectivas (7.2.3.1) quedaban definidas como una estructura de representación en los diagramas de flujo que incluye la posibilidad de representar múltiples (infinitas) acciones distintas en función de los datos (variables) previos que las condicionan. En el cumplimiento de este tercer rasgo particular de los procesos heurísticos queda plenamente justificada la validez de los diagramas de flujo para poder representarlos.

¹¹⁵ Aplicación informática de diseño gráfico específica para la creación de diagramas de flujo.

sintaxis del lenguaje de los diagramas de flujo. La existencia de estos códigos supone ya el reconocimiento de los DF como sistema comunicacional organizado. Su uso universalizado confirma la validez de los diagramas de flujo como tal. © Poseer una doble naturaleza. Cualquier proceso representado mediante diagrama de flujo se constituye en objeto en sí mismo, con una entidad física, material propia; a la vez que la representación nos remite a una secuencia de acciones y decisiones propias de un proceso determinado. En el mismo apartado del capítulo cuarto (4.2.4) añadíamos una sexta característica definitoria de los sistemas de representación externa del conocimiento, la de ser reproducibles. También la cumplen los diagramas de flujo dado que el hecho de que sólo podamos disponer de ellos en un soporte físico nos permite su reproducción mediante la aplicación de técnicas manuales o artefactuales distintas.

Tras este análisis nos reafirmamos en la certeza de nuestro supuesto inicial, que planteaba que si las producciones son reconocidas como un sistema de representación del conocimiento procedimental, los diagramas de flujo cumplen con todos los requisitos para ser considerados como un interesante sistema de representación externa del conocimiento procedimental.

Aceptando este postulado añadimos que los diagramas de flujo constituyen un excelente puente entre el conocimiento activo (acción en la ejecución del procedimiento) y el conocimiento formal (estático y simbólico, más declarativo) con que el sujeto opera durante el aprendizaje y la práctica procedimental. En este sentido de unión el diagrama de flujo se aproxima al conocimiento estructural –situado entre el declarativo y el procedimental, ver (4.1.2)- caracterizado por Jonassen, Beissner y Yacci (1993) en cuanto facilita la comprensión de las relaciones establecidas entre los elementos del procedimiento. Los DF también reflejan los flujos de control de paso de una acción a otra que definen los sistemas de producción (Gagné, E.D., 1985) y que, según la autora, diferencia el conocimiento procedimental del declarativo al estar relacionadas las proposiciones a través de ideas comunes. Johnson y Thomas (1994) y Walker (2000) destacan la importancia de los sistemas representacionales, especialmente los diagramas, como medios especialmente indicados para la organización del conocimiento tecnológico y para la facilitación de su comprensión durante los procesos de enseñanza-aprendizaje. Compartimos estas ideas y entendemos que los diagramas de flujo se constituyen en unos buenos organizadores gráficos del conocimiento procedimental. Estatus, éste de organizador gráfico, reconocido por Ekhaml (1998).

7.4.3 Análisis de la potencialidad didáctica de los diagramas de flujo

Verificada la idoneidad de los diagramas de flujo como sistema de representación del conocimiento procedimental profundizamos ahora en analizar su competencia como instrumento didáctico. Esta competencia, potencialidad didáctica quedará definida por las posibilidades de emplearlos en procesos de enseñanza y/o aprendizaje de forma que los faciliten y mejoren. O sea, contribuyan a la transmisión del conocimiento y a su recepción y comprensión por parte del alumno.

La concreción de las funciones con que pueden emplearse didácticamente los diagramas de flujo, sus distintos usos en situaciones instruccionales concretas y la discusión sobre las ventajas e inconvenientes que supone su utilización didáctica configuran el análisis sobre su potencialidad didáctica.

7.4.3.1 Funciones didácticas

No existe un uso gratuito del empleo de los recursos y medios en educación sino que la presencia de cualquier soporte didáctico en un proceso educativo viene motivado por una finalidad precisa que, en último término, coincide con la intencionalidad de mejorar dicho proceso.

Los diagramas de flujo, como recurso gráfico que representa procesos y procedimientos, no escapa a este uso interesado. Cuando un profesor recurre a un diagrama de flujo en una actividad escolar puede pensar que *“empleo este diagrama porque así podré...”* o *“si en esta actividad utilizo un diagrama de flujo conseguiré...”*, mostrando así su preocupación por el empleo finalista y eficaz (con relación a los objetivos establecidos) de tales diagramas. Menos frecuentes, en cambio, son las disquisiciones del tipo *“este diagrama de flujo permitirá a los alumnos...”*, *“al emplear este diagrama de flujo estoy pensando en utilizarlo como...”*, *“cuando los alumnos modifiquen el diagrama de flujo estarán...”* o *“en esta actividad haré un uso... del diagrama”* que nos sitúan en el terreno de la funcionalidad didáctica con que el profesorado desea hacer uso de los DF. Exponer las funciones didácticas en el uso de los diagramas de flujos nos proporciona nuevos argumentos sobre su integración en procesos educativos al tiempo que dota de sentido y razón a su empleo en situaciones concretas de enseñanza-aprendizaje.

En el capítulo cuarto (4.2.5) presentábamos las cinco funciones que Denis (1989) atribuye a las representaciones: conservación de la información, explicitación de la información, orientación, sistematización y comunicación. En el mismo apartado recogíamos otras funciones descritas por Martí y Pozo (2000b), quienes señalaban como funciones principales de los sistemas externos de representación la comunicativa y la epistémica; a las que añadían otras funciones de identificación, recuperación, inferencial y cognitiva. En otro trabajo anterior, Carrera (1999a), presentábamos una exhaustiva relación de funciones de los recursos en la educación basándonos en los trabajos de UNESCO (1975), Rodríguez Diéguez (1978), Cabero (1989), Zabalza (1991), Ferrés (1992), De Pablos (1995), Martínez Sánchez (1996). Estas funciones son: representativa o vicarial; informativa o transmisora; motivadora; innovadora; cognitiva; expresiva; reproductora o imitativa; investigadora; evaluadora; relacional; metalingüística; lúdica o recreativa; operativa y formativa.

Apoyándonos en las aportaciones de todos estos autores presentamos aquellas funciones didácticas que, a nuestro entender, pueden adoptar los diagramas de flujo cuando se utilizan en cualquier situación educativa. Son las funciones informativa, representativa, reproductora, expresiva, cognitiva y evaluadora en los términos que las exponemos a continuación.

Informativa

Se trata de una función didáctica básica reconocida por todos los autores y presente en todos los sistemas gráficos de representación del conocimiento. En el caso de los diagramas de flujo, éstos se emplean para la transmisión de conocimientos procedimentales. Con esta función los DF permiten dar a conocer la secuencia de acciones del procedimiento representado. Otros autores se refieren a esta función informativa como comunicativa, e incluso transmisora. También coincide con una de las cuatro orientaciones principales con que se emplean las representaciones gráficas en la educación según recogíamos en el primer apartado de este capítulo.

En el aula de tecnología se utiliza con esta función un diagrama de flujo cuando, distribuido a todo el grupo, sirve para explicar el proceso a seguir en la selección de materiales durante el proceso de construcción de máquinas, artefactos y objetos tecnológicos.

Representativa

Función original de los recursos didácticos gráficos e icónicos, cuando estos sirven para codificar contenidos y realidades con distintos grados de abstracción. Esta función de carácter vicarial es próxima a la de sistematización que describe Denis. La codificación de una determinada realidad, en nuestro caso de tipo procesual, se efectúa mediante un diagrama de flujo que permite representar todos los elementos del proceso y las relaciones que se establecen entre ellos. Rodríguez Diéguez (1978: 51-52) se refiere a ella como de "catalización de experiencias" pues la representación persigue una organización de la realidad para facilitar su verbalización o bien para provocar, posteriormente, el análisis de la información representada.

Así ocurre con un completo diagrama de flujo que exprese todo el procedimiento que ha de seguirse para la obtención de las normas internacionales de calidad de procesos industriales.

Reproductora

Cuando un diagrama de flujo más allá de representar la secuencia de un proceso sirve para mostrarlo y guiar al alumno durante la realización de dicho proceso, el diagrama se emplea con una función reproductora, orientativa (en términos de Denis) o imitativa.

La presencia de un DF en la pared del taller frente a la plegadora de materiales plásticos para guiar el empleo de la máquina es un ejemplo de esta función reproductora.

Expresiva

Si la elaboración del diagrama de flujo corre a cargo del alumno la finalidad es, esencialmente expresiva. Se busca que el alumno manifieste, exprese mediante la construcción del DF su conocimiento sobre el procedimiento que está representando. También aparece esta función expresiva cuando quien elabora el diagrama es el profesor. En ambos casos son los protagonistas del proceso instruccional los autores de la representación del contenido procedimental y no terceras personas o agentes externos al proceso.

Un alumno que elabora, y posteriormente reconstruye un DF, sobre el proceso que ha seguido en la realización de un proyecto tecnológico sobre envases de productos perecederos, está empleando este sistema representativo con una finalidad expresiva.

Cognitiva

El empleo de los diagramas de flujo no sólo actúa de soporte representacional en cualquiera de las anteriores funciones, sino que cuando está en manos del alumno le activa procesos cognitivos específicos y le obliga a operar cognitivamente con los significados representados. Operaciones de análisis, síntesis, selección, interpretación, estructuración, ordenación,... son habituales cuando se trabaja con DF.

La expresión en DF del proceso que ejemplificamos en el apartado anterior requiere reconocer las acciones realizadas, ordenarlas según se hayan ejecutado o expresarlas verbalmente antes de plasmarlas en el DF.

Evaluativa

El diagrama de flujo sirve en este caso como ayuda para la expresión, observación, valoración y toma de decisiones respecto a las realizaciones y aprendizajes del alumno acerca de un determinado contenido procedimental.

Esta función aparece cuando, en la detección de conocimientos previos, cada alumno del grupo expresa mediante un diagrama de flujo qué proceso seguiría para localizar información sobre las principales características de las viviendas habituales en culturas distintas.

Esta diversidad de funciones con que pueden considerarse los diagramas de flujo no dificulta su empleo, sino que es una muestra evidente de su potencialidad didáctica cuando se emplean en situaciones concretas de enseñanza-aprendizaje. Dentro de estas situaciones es poco frecuente que las funciones se den en un estado puro sino que más bien suele darse *“una interacción de funciones, probablemente con predominio de algunas de ellas en cada situación didáctica”*, según apunta Ferrés (1992: 88).

7.4.3.2 Modalidades de uso

Llegados a este punto no resulta difícil reconocer dos formas distintas de emplear los diagramas de flujo en la enseñanza. Una como transmisor de contenidos procedimentales y otra para la expresión de los conocimientos adquiridos sobre un determinado contenido procedimental, según hemos expuesto en este capítulo y apuntamos en el cuarto. La ausencia de literatura sobre otros posibles usos didácticos de los diagramas de flujo nos lleva a exponer nuestra experiencia en este campo.

En nuestra práctica educativa venimos empleando de forma habitual los DF bajo ambas modalidades de uso. Como medio de representación externa del conocimiento declarativo que sobre los procedimientos de contenido tecnológico tienen nuestros alumnos de niveles educativos distintos (alumnos de educación secundaria obligatoria, estudiantes universitarios y profesores de tecnología en activo). También es frecuente que recurramos a ellos como medio para mostrar la secuencia de acciones de un determinado procedimiento o proceso. Además en nuestra actividad académica hemos venido explorando otras interesantes modalidades de uso de los DF. Recogemos sintéticamente en la tabla 7.3 nuestras experiencias ofreciendo una exhaustiva relación de usos que se les puede dar a los DF como herramienta didáctica gráfica, algunos de los cuáles han formado parte del diseño instruccional empleado con los distintos grupos experimentales (ver capítulo 8 y anexos).

Modalidad	Uso didáctico
Secuencia de acciones	El DF es una representación completa de la secuencia de acciones que constituyen el procedimiento. El DF sirve para presentar el conocimiento al alumno. Éste observa, analiza, interpreta, explica, aplica,... el procedimiento representado. En esta modalidad también puede emplearse como soporte de la ejecución procedimental y con una función de recuperación de la información.
Construcción del diagrama	Supuesto también habitual en que el alumno recurre al DF para expresar su conocimiento sobre un determinado procedimiento. Este uso se puede dar asociado a situaciones de instrucción dispares: secuenciación hipotética de un procedimiento, elaboración tras haberlo observado o bien tras experimentarlo personalmente.
Autorregulación	Tras partir de un DF inicial, basado en sus conocimientos previos, el alumno durante el proceso de aprendizaje del procedimiento reconstruye el DF conforme va configurando en su interior el conocimiento procedimental.
Secuencia incompleta	Se representa el diagrama con algunas acciones o puntos de decisión en blanco. La tarea del alumno consiste en completarlo enunciando la acción o cuestión obviada. Resulta más interesante didácticamente plantear este tipo de actividad elidiendo algunas o

	todas las acciones claves del procedimiento representado.
Diagrama vacío	Se dan desordenadas y en forma de etiqueta las acciones que constituyen la secuencia del procedimiento. La tarea de los alumnos consiste en colocarlas en una matriz vacía que incluye todos los pasos del procedimiento representado. Para promover una elaboración del DF más selectiva pueden proporcionarse más etiquetas de las que conlleva la representación del procedimiento.
Acciones desordenadas	Se presenta un DF que representa la secuencia del procedimiento con todas las acciones necesarias para llevarlo a cabo pero desordenadas. La actividad del alumno consiste en reconstruir la secuencia en el orden adecuado de ejecución de las acciones.
Diagrama incorrecto	El diagrama representa una secuencia errónea de un procedimiento al incluir varias acciones cuyos enunciados no se corresponden con la acción que ha de ejecutarse en un momento determinado de la secuencia. El alumno debe revisar la representación y corregir todas las acciones incorrectas.
Ampliación de la secuencia	Ante la representación en un DF de la secuencia de un procedimiento el alumno ha de modificar la representación, ampliándola con tres o cuatro acciones nuevas de forma que concreten y completen la secuencia que sigue el procedimiento.
Cambio de condiciones	La tarea consiste en modificar un DF cuando, a modo de variables, se establecen condiciones específicas para la realización del procedimiento representado ¹¹⁶ .
Puntos críticos	Ante un diagrama que sólo consta de acciones y no incluye ningún momento de decisión se pide al alumno que introduzca tantas preguntas (correspondientes a momentos críticos del desarrollo del proceso) como crea necesarias y que complete, si es oportuno, el diagrama con nuevas acciones. Como mínimo han de formularse dos o tres puntos críticos en forma de preguntas encerradas en un rombo.

¹¹⁶ Sirva de ejemplo el empleo de un taladro eléctrico que dispone de una secuencia bien definida, sólo alterada por variables como el material, la textura de la superficie, el diámetro del orificio, la posición o las características de la herramienta. Conociendo el DF que representa el proceso de perforación en una tabla de aglomerado el alumno ha de reelaborarlo cuando la superficie a taladrar es de policarbonato y se requiere el uso de una broca de corona.

Cambio de objetivo	Ante un diagrama que representa un procedimiento determinado se propone un cambio de objetivo, manteniendo la esencia del procedimiento representado. El alumno ha de reconstruir el diagrama adecuándolo a la nueva meta transfiriendo el conocimiento adquirido sobre el procedimiento a una situación distinta a la original ¹¹⁷ .
Rutas alternativas	En procedimientos poco algorítmicos representados en DF se pide al alumno que establezca una o más rutas alternativas de forma que, siguiendo vías distintas a la ya representada pueda llegarse al mismo objetivo.

Tabla 7.3 Usos de los diagramas de flujo como auxiliar didáctico

En cualquiera de todos estos usos didácticos resulta imprescindible plantear siempre al alumno el reconocimiento de la meta u objetivo del procedimiento. En ocasiones se les puede proporcionar y en otras es él quien ha de definirla o identificarla. Obviar esta premisa puede dificultar en extremo la aprehensión del conocimiento declarativo del procedimiento y su posterior realización. Difícilmente podrán los alumnos llegar a conocer la secuencia de un procedimiento si no tienen claro cuál es la finalidad última que se persigue con dicho proceso.

En 7.2.3 ya recogíamos las advertencias de Pressman (1995) sobre la necesidad de no ser dogmáticos en el empleo de los DF como herramienta de la programación estructurada. No sólo compartimos sus afirmaciones sino que el uso didáctico de los diagramas de flujo nos lleva a contemplar otras posibilidades de uso en formatos mucho más innovadores. Justifica esta postura nuestro peculiar interés por romper con el tópico que atribuye a los DF una valoración de eficaz herramienta de representación de algoritmos pero poco adecuada para representar procesos más abiertos y heurísticos, cuando en realidad no se han explorado todos los posibles usos de los DF en entornos educativos.

Desde esta perspectiva los diagramas de flujo pueden, y creemos que deben, ser empleados en las aulas con flexibilidad, creatividad e innovación. Así, convenimos con García Herrero y Ramírez Navarro (1996) la posibilidad de crear símbolos nuevos,

¹¹⁷ Un ejemplo que ilustra este cambio de objetivo puede ser que ante la utilización del multímetro para medir el voltaje de un circuito eléctrico se le pida al alumno que represente el proceso a seguir cuando la finalidad es medir la intensidad de corriente que circula por dicho circuito.

siempre y cuando aporten una significación específica en el procedimiento representado. Otra posibilidad consiste en la introducción de anotaciones que, a modo de comentarios o ejemplos, concreten, ilustren o especifiquen alguna de las acciones representadas (especialmente las de mayor significatividad y/o complejidad). Sugerente es también la posibilidad de elaborar DF total o parcialmente icónicos, de forma que las breves descripciones verbales de las acciones sean sustituidas por fotografías, dibujos o ilustraciones; en este caso el empleo de los DF puede llevarse hasta los niveles educativos iniciales. La elaboración conjunta entre varios alumnos de una única representación es otra forma, desde el aprendizaje social y colaborativo, de flexibilizar el uso de los DF¹¹⁸.

7.4.3.3 Bondades y limitaciones

La utilización de los diagramas de flujo en programación informática conlleva ventajas e inconvenientes que habrán de considerarse en el momento de transferir esta forma de representación a otras situaciones. Basándonos de nuevo en la revisión bibliográfica sobre los diagramas de flujo efectuada para esta investigación y apoyándonos también en nuestra experiencia en el uso de los DF como instrumento didáctico, exponemos las que consideramos principales virtudes y limitaciones atribuibles a este sistema de representación cuando se utiliza en educación.

Entre las ventajas que a priori pueden atribuirse a los diagramas de flujo -según argumentábamos en Carrera (1997)- destacamos las de permitir simbolizar la actuación que se sigue cuando se ejecuta un procedimiento; reducir la ambigüedad que supondría expresar el procedimiento de forma exclusivamente verbal; facilitar, mediante reconocimiento visual, una percepción inmediata y global de la secuencia constitutiva del procedimiento; mostrar las relaciones de orden y de decisión existentes entre las acciones que integran dicha secuencia; promover la comprensión de las relaciones establecidas entre los elementos que constituyen el procedimiento; simplificar su comprensión, especialmente cuando el procedimiento se caracteriza por su complejidad; favorecer la abstracción de los rasgos característicos del procedimiento y evitar la aparición de errores en la ejecución. A ellas habría que añadir su utilidad didáctica como organizador gráfico del conocimiento procedimental; su

¹¹⁸ Es ésta una estrategia habitual en entornos de diseño y producción industrial, y en la planificación y organización empresarial.

validez como herramienta de la expresión personal de dicho tipo de conocimiento y la flexibilidad de usos que permite a pesar de ser considerada –con frecuencia- como una forma de representación excesivamente lineal y cerrada.

Tampoco debe olvidarse que se trata de un lenguaje con cierto grado de implantación social y de fácil reconocimiento por parte de la mayoría de personas. Asimismo es un sistema de representación de asequible y rápido aprendizaje en sus elementos y reglas fundamentales.

Pero quizás una de sus principales aportaciones sea su elevada capacidad para presentar (representar) simultáneamente el procedimiento (el conocimiento sobre) desde una perspectiva analítica y sintética. El todo y las partes aparecen perfectamente recogidas, ordenadas, relacionadas y estructuradas mediante su representación en un espacio bidimensional. En este sentido los diagramas de flujo son capaces de recoger la esencia del pensamiento tecnológico que tiene –Canonge y Ducel, 1973- en la síntesis y en el análisis dos de sus herramientas primordiales.

Las limitaciones también están presentes y de ellas se tendrá que ser un buen conocedor para evitar un uso arbitrario de los diagramas de flujo por incoherencia, inconsistencia o inadecuación. Entre todas las limitaciones existentes consideramos como más importantes y preocupantes la dificultad que supone operar cognitivamente con diagramas complejos y detallados, tanto en su elaboración como en su interpretación; la existencia de normas fijas para elaborar los diagramas de flujo, de forma que un seguimiento excesivamente riguroso puede dificultar la inclusión de todos los detalles que el usuario desea plasmar en la representación.

Situándonos en niveles educativos de la educación obligatoria la proliferación de distintas formas de representación gráfica de la información como contenido escolar, puede provocar cierta intoxicación al obligar al alumno a tener que multiplicar el número de aprendizajes sobre lenguajes y códigos representativos. A la dispersión que pueda suponer esta profusión habrá que añadirle las confusiones derivadas del empleo de sistemas distintos si no se respeta una introducción progresiva de lenguajes. Otro posible problema radica en el estadio evolutivo en que se encuentre el sujeto que ha de emplear la representación (ya sea para su interpretación o bien porque deba elaborarla). Si el alumno se encuentra en una fase de transición del pensamiento concreto al abstracto puede tener dificultades para operar con la representación. Dificultades que seguramente serán mayores en alumnos que todavía estén anclados en estadios inferiores de evolución cognitiva.

7.5 SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

El uso de recursos gráficos en la transmisión de conocimientos se ha convertido en un habitual y eficiente soporte didáctico. Junto a las imágenes, casi siempre fieles reproductoras de la realidad, las representaciones gráficas esquemáticas permiten una re-presentación de conocimientos que resulta perceptible, comprensible y manipulable por el sujeto. Nadie pone en duda la utilidad en educación de imágenes, esquemas, diagramas y otros tipos de representación gráfica como soporte y transmisor de conocimientos. Pero los lenguajes gráficos se emplean además como medio de expresión y de elaboración del conocimiento y como objeto de estudio.

De entre todos los sistemas de representación gráfica de procedimientos, los diagramas de flujo -como lenguaje de la programación informática estructurada aparecido a finales de la década de los sesenta- ha traspasado éste ámbito inicial aplicándose a la representación de secuencias de todo tipo de procesos en ámbitos distintos. Entornos tecnológicos no informáticos, la psicología, la publicidad, la intervención social, la economía o la gestión empresarial siguen recurriendo hoy en día a los diagramas de flujo. Su éxito se sustenta en el hecho de contar con un completo lenguaje, integrado por un amplio catálogo de símbolos y por una detallada sintaxis que describe reglas precisas de construcción y define una serie de estructuras básicas que, anidadas entre sí, permiten la representación de cualquier tipo de proceso. La flexibilización, a partir de la inclusión de otros elementos simbólicos y usos menos ortodoxos, de este estructurado y completo sistema representacional ha sido otro factor favorecedor de su expansión.

También en educación los diagramas de flujo han tenido una sustancial presencia desde su aparición. Aunque al principio sólo estaban presentes en los estudios informáticos como contenidos progresivamente, y desde inicios de los años setenta, se han utilizado también para la transmisión de contenidos procedimentales no informáticos, como soporte instruccional fuera de las áreas curriculares científico-tecnológicas y se han convertido en objeto de estudio. Investigadores y profesores han recurrido a ellos para planificar procesos instructivos, seleccionar medios, determinar procesos de toma de decisiones o evaluar programas. Los diagramas de flujo han ido, además, descendiendo desde los niveles educativos superiores hasta la educación secundaria y primaria.

Pero los diagramas de flujo no son el único sistema de representación gráfica de procesos. Los diagramas N/S o los diagramas de actividades del UML (ambos también

lenguajes de programación estructurada), los diagramas funcionales de Grafset, los actigramas de análisis funcional, los esquemas de acción o los mapas de procedimientos son otras modalidades adecuadas para la representación de las secuencias de acción de los contenidos procedimentales.

Nuestro interés por los diagramas de flujo frente a éstos, u otros sistemas de representación, se justifica sobre la base del uso e implantación que los primeros tienen en la sociedad y en educación y por otros dos argumentos de peso. Ser una modalidad de representación externa del conocimiento procedimental alternativa a las producciones y poder ser definidos como una potente herramienta didáctica en los procesos de enseñanza-aprendizaje de procedimientos.

Los diagramas de flujo se muestran como un sistema representacional que cumple con todas las exigencias que se les pide a los sistemas de representación del conocimiento. Además, frente a las producciones, cuenta con elementos representativos gráficos que permiten elaboraciones muy estructuradas y ordenadas de fácil percepción e interpretación. Resultan ser además un buen medio para la representación de sistemas de producción complejos y de procesos heurísticos.

Su empleo como herramienta didáctica se sustenta en la diversidad de funciones con que puede utilizarse: informativa, representativa, reproductora, cognitiva, expresiva, evaluativa y por las múltiples modalidades de uso que puede adoptar. Desde la mera representación de secuencias para su difusión hasta su empleo como elemento de autorregulación de los aprendizajes personales de procedimientos pasando por la definición de rutas alternativas de acción, el cambio de condiciones que afectan al proceso o la rectificación de acciones.

Su principal contribución reside en ser capaz de aunar una visión analítica y sintética del procedimiento en una única representación. No es el único aporte. Su validez como organizador gráfico del conocimiento procedimental o su utilidad para la expresión personal de dicho conocimiento son otras ventajas, además de facilitar la ordenación de acciones, su expresión objetiva o establecer las relaciones de orden y de decisión existentes entre ellas. Entre sus limitaciones destacan la complejidad cognitiva y representativa que comportan los diagramas de flujo cuando han de representar procedimientos complejos o relaciones entre interprocedimentales; y el requerir ciertas capacidades de operación cognitiva, de abstracción y de representación simbólica en sus usuarios.



Síntesis del marco
teórico

En el marco teórico nos hemos aproximado a la enseñanza y al aprendizaje de los procedimientos en tecnología desde tres ejes distintos: el curricular, el psicológico y el didáctico. Esta diferenciación nos permite situar nuestra investigación de carácter psicodidáctico en un ámbito académico y científico preciso: el de la educación tecnológica. A la vez nos ofrece suficientes aportaciones teóricas para plantear el trabajo empírico-experimental que se recoge en la segunda parte del estudio. La selección y vinculación de dichos aportes científicos nos aproximará a la definición del problema y a la formulación de los objetivos de la investigación, que tendrán continuidad en la detección de variables y el enunciado de las hipótesis de experimentación.

S.1 UN ESTUDIO PSICODIDÁCTICO EN EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Quedó patente en el primer capítulo del marco teórico que la creciente presencia de la educación tecnológica en los sistemas educativos de países de todo el mundo debe considerarse como una sinergia derivada esencialmente, aunque no exclusivamente, de los elevados índices de tecnificación de las sociedades actuales y de la superación del tradicional olvido de los contenidos tecnológicos en las enseñanzas secundaria y primaria. Los centros de formación profesional, las escuelas universitarias técnicas y las universidades politécnicas han dejado de ser -en el terreno educativo- los únicos depositarios de los conocimientos tecnológicos para ser difundidos también en institutos y escuelas e, incluso, en centros de educación infantil. La educación tecnológica, o tecnología en nuestro país, se ha convertido así en una área curricular que aporta nuevas dimensiones y un nuevo estatus al conocimiento tecnológico. Mediante la transposición didáctica (Chevallard, 1997) parte de este acopio de conocimientos se transforman en contenidos curriculares escolares. Debido a su presencia en las escuelas la educación tecnológica emerge, a su vez, como incipiente disciplina académica y científica.

Es en el espacio de la educación tecnológica, *technology education*, dedicado a la investigación en el que situamos nuestro estudio. Y, atendiendo a los descriptores

empleados por Sarramona (1998) y González Agapito (1998), debería considerarse como ubicado en el de la didáctica de la tecnología; aunque -recordemos- nos estamos refiriendo a una disciplina no reconocida aún en el "Catálogo de áreas de conocimiento" del Ministerio de Educación. En cualquier caso el estudio da continuidad a la escasa actividad investigadora en educación tecnológica habida en nuestro país y que fue iniciada, según vimos en 1.5.1, por Contreras (1979) y prosiguió básicamente con los trabajos de Contreras (1985), Gonzalo (1985,1989), Rodríguez Romero (1992), Muñoz (1993), Bachs, (1997a), Méndez (1997), Fornós (1999) y Pallí (2000).

Vimos en el mismo capítulo y apartado que la realidad de la educación tecnológica como disciplina científica era bien distinta según la zona geográfica donde nos situáramos. La escasa para Waetjen (1993) y Olson y Henning-Hansen (1994) producción científica habida en los países anglosajones -pero- aplastante si la comparamos con las contribuciones hechas desde el estado español- nos resulta especialmente adecuada para posicionar con mayor precisión el estudio y, más adelante, para concretar el problema abordado.

Así, los intentos hechos en la década de los noventa por Lewis (1990), Waetjen (1991), Anning y otros (1991), Zuga (1994, 1995, 1997), Wicklein y Hill (1996), Hansen (1996), Foster (1996) y -más recientemente- Petrina (1998), Lewis (1999) y Cajas (2000a) por definir una agenda de investigación en educación tecnológica (ver 1.5.2) nos ofrecen un amplio espectro de cuestiones, temas y áreas que requieren de una mayor atención por parte de los investigadores en educación tecnológica. Nuestro trabajo sobre el aprendizaje y la enseñanza de los procedimientos en tecnología queda situado en buena parte de dichas propuestas. Desde la perspectiva de la docencia se corresponde con temas sugeridos por Waetjen (1996), Petrina (1998) y Lewis (1999). Situados en la perspectiva del discente, es Hansen (1996) quien alerta de la necesidad de profundizar en estudios sobre el aprendizaje en tecnología. Desde la perspectiva curricular son Anning y otros (1991) y Lewis (1999) quienes apelan a los contenidos y competencias a desarrollar en la disciplina.

Didáctica, psicología y currículum. Es este triángulo -recurrente en todo el estudio- el que circunscribe la investigación que aquí se presenta.

S.2 SOBRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LOS PROCEDIMIENTOS EN TECNOLOGÍA

Los capítulos anteriores recopilan y estructuran buena parte de los conocimientos disponibles en la literatura científica sobre la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales en general y, en el área de tecnología en particular. Aunque necesarios para situar, orientar y dar consistencia al estudio, no todos resultan igualmente útiles a las finalidades que en él se persiguen. Por ello centraremos nuestra atención en todos aquellos aspectos que nos permitan, ya en la segunda parte, focalizar y definir el problema de estudio, concretar nuestras hipótesis de partida y facilitar la elaboración del diseño experimental.

Los aportes y referentes que vamos a considerar son los relativos al contenido y al conocimiento procedimental, especialmente en sus rasgos diferenciadores de otros tipos de conocimiento y en sus modos de representación. También recuperaremos algunas de las formulaciones teóricas y constataciones empíricas sobre los procesos de aprendizaje de los procedimientos, ya sea ofreciendo una visión de las variables que afectan introspectivamente a dicho proceso o bien focalizando la atención en los factores extrínsecos reguladores del diseño instruccional y en el rol docente que ante dichos procesos puede adoptar el profesorado. Ahondaremos en los determinantes metodológicos y, con mayor profundidad, en los diagramas de flujo. Éstos, a la vez que componente diferenciador de esta investigación, son el elemento unificador de los aspectos referidos hasta el momento ya sea como sistema de representación externa del conocimiento y contenido procedimental o bien como recurso didáctico en la enseñanza-aprendizaje de los procedimientos.

Autores como Castañeda (1982), Anderson (1983) o Gagné (1985) que han investigado acerca del **conocimiento procedimental** participan de la diferenciación de Ryle entre el conocimiento declarativo y el procedimental. El primero referido al “saber qué” y el segundo al “saber cómo”. Se trata de una distinción que, *a priori*, compartimos y que nos lleva a diferenciar entre “el saber” como conocimiento declarativo sobre un contenido, sea procedimental o no, y “el hacer” traducido en conocimiento procedimental cuando se ejecuta cualquier procedimiento. En la caracterización, por la contraposición de rasgos (ver 4.1.1), de ambos tipos de conocimiento se ha destacado el procesamiento automático que el sujeto es capaz de hacer del conocimiento procedimental. Es en esta diferenciación, impulsada también en muchas de las investigaciones sobre expertos y novatos, donde junto a otros

autores (Reigeluth, 2000) mostramos ciertas reservas. La fácil distinción entre saber y hacer conduce a cierto reduccionismo que considera los conocimientos procedimentales tecnológicos como una mera ejecución técnica, generalmente repetitiva y mecánica. No deja de ser una visión simplista, muy poco acorde con la complejidad que caracteriza a la mayoría de procedimientos. Las experiencias aportadas desde la práctica tecnológica y la investigación psicológica nos sugieren una realidad bien distinta.

Desde la perspectiva tecnológica los conocimientos procedimentales –integrantes esenciales del conocimiento tecnológico según McCormick (1991, 1996, 1999a; 1999b), Fainholc (1996), Gagel (1997), Aguayo y Lama (1998) y Rodón y Rosell (1998)- se configuran a través de las experiencias prácticas individuales que le yuxtaponen por un lado con el conocimiento tácito, práctico (Herschbach, 1995) o implícito (Vincenti, 1984) cercano al conocimiento ordinario (Bunge, 1979) e íntimamente relacionado con el conocimiento situacional (Jong y Ferguson, 1996); y por otro con el conocimiento científico (Bunge, 1979; Kerlinger, 1987 y Primo, 1994), cuando dichas experiencias cumplen con los requisitos de objetividad y rigor que exige la ciencia. Tan es así que *“el conocimiento tecnológico es dinámico, y el significado se construye y reconstruye¹¹⁹ a medida que los individuos se aferran al uso del conocimiento, tanto si es conceptual, analítico o manipulativo. Las generalizaciones, teorías... y procedimientos toman significado a medida que se aplican a actividades prácticas”* (Herschbach, 1995: 39). Este dinamismo ha sido reconocido también por Vincenti (1984), autor que atribuye al conocimiento tecnológico prescriptivo una reconfiguración constante sobre la base de los contextos en que se aplica y a los resultados obtenidos. Es un conocimiento que además de acción supone reflexión, previsión, anticipación y planificación de forma parecida a como sucede con el conocimiento estratégico.

Desde la psicología cognitiva se ha definido un tipo de conocimiento situado entre el “saber qué” y el “saber cómo” designado como conocimiento explicativo (Wellington, 1989); como conocimiento estructural (Jonassen, Beissner y Yacci, 1993) y como conocimiento condicional (Schunk y Zimmerman, 1994) que estaría relacionado con el “saber por qué”. Es éste un conocimiento que, situado junto al declarativo y al procedimental, permite saber cómo debe hacerse algo y “explicar el por qué de ese proceder”. Es -retomando los argumentos de Jonassen, Beissner y Yacci- un

¹¹⁹ Los resaltados en negrita son nuestros.

conocimiento que facilita la comprensión de los conceptos asociados al procedimiento y de las inter-relaciones entre dichos conceptos. Y ésta puede ser su principal contribución: facilitar la adquisición del procedimiento e integración en la estructura cognitiva del individuo al dotar de mayor significatividad al conocimiento procedimental. En su vertiente menos algorítmica los procedimientos se aproximan también al conocimiento estratégico según lo caracterizan Jong y Ferguson (1996)¹²⁰. La proximidad entre conocimiento procedimental y conocimiento estratégico es elevada si nos atenemos a las cualidades empleadas por estos autores para describir su tipología de conocimientos básicos. Esta proximidad queda patente en la concatenación de similitudes y relaciones que afectan a las cualidades de estructura y modalidad representativa de ambos tipos de conocimiento, (ver 4.1.2). Así a nivel de estructura, conocimiento procedimental y estratégico contemplan acciones aisladas como elementos mínimos de dicha estructura y de una sucesión coherente de acciones, conformando una secuencia, cuando se trata del conocimiento estratégico. A nivel representativo Jong y Ferguson distinguen, tanto para el conocimiento procedimental como para el estratégico, dos modalidades de representación distintas. Una de verbal mediante series de reglas de producción y otra, pictorial, conformada por diagramas, gráficos, figuras y otras clases de imágenes.

Desde este momento nuestras alusiones al conocimiento procedimental no deben entenderse -dentro de una concepción restringida- como un conocimiento reproductivo de acciones ordenadas que realiza el individuo con una finalidad, y sobre el cuál puede alcanzar tal nivel de dominio que sea capaz de una realización automática. Resulta, a nuestro entender, especialmente peligroso pensar que los alumnos pueden (pero sobre todo deban) automatizar el conocimiento procedimental *per se*. A diferencia del mundo laboral, que con frecuencia exige un dominio absoluto y mecánico del procedimiento, los aprendizajes escolares no profesionalizadores en contadas ocasiones deben pretender un nivel de interiorización que derive en una ejecución instintiva por parte del aprendiz.

Por ello consideramos -desde una concepción amplia- que el conocimiento procedimental en el contexto escolar es un conocimiento caracterizado, acercándonos a los planteamientos de Karmiloff-Smith (1992), por su dinamismo intra y extra individual. Intra individual, en cuanto el sujeto opera interna y cognitivamente con los

¹²⁰ La concepción del conocimiento estratégico para estos autores coincide con la adoptada desde la psicología educativa que lo sitúa próximo a los procesos que emplea el alumno para aprender y a cómo éste opera con las informaciones durante dichos procesos.

componentes del procedimiento a los que atribuye significado durante el proceso de aprendizaje hasta devenir en conocimiento. Conocimiento no estable que sigue utilizando en sucesivas puestas en práctica del procedimiento y reelaborando en función de las nuevas experiencias. Extra individual, en cuanto es en esta ejecución externa que se manifiesta el conocimiento procedimental ofreciendo al alumno retroalimentación constante en función de las modificaciones de la acción que él mismo realiza en las sucesivas puestas en práctica del procedimiento.

Junto a los rasgos más difundidos y aceptados sobre el conocimiento y los contenidos procedimentales (como la dificultad para ser expresado, su adquisición progresiva, el distinto nivel de dominio a que puede llegarse o la velocidad de activación, recogidos en 4.1.1; o el logro de una meta, la configuración de una secuencia de acciones, la interacción entre sujeto y medio que supone su puesta en práctica o la naturaleza de las acciones, tratados en 2.2.3) dos son las características -menos atendidas en la producción científica- que resaltan el carácter dinámico de los conocimientos procedimentales en tecnología: la importancia de la toma de decisiones como un tipo de acciones peculiares; y la significatividad de las acciones, ya sea intraprocedimental o bien intraindividual. La existencia de distintos niveles de significatividad e importancia de las acciones dentro del procedimiento y de niveles de significatividad individual sobre dichas acciones es el que nos ha de permitir diferenciar entre acciones y decisiones clave, base, prescindibles y erróneas según argumentamos en 2.2.3 y definimos en 8.6.2.1. Esta diferenciación nos permite profundizar en el análisis de los conocimientos que el alumno adquiere, a nivel declarativo, sobre un procedimiento determinado. No es lo mismo identificar, y cuantificar, los pasos que deben seguirse en un procedimiento (o diferenciar entre si son acciones o decisiones; o bien de naturaleza interna o externa) que determinar cuál es el peso que tiene cada uno de esos pasos en el conjunto del procedimiento.

Situados como estamos en la significatividad de los procedimientos, y en concreto de la significatividad procedimental intraindividual, vamos a tratar de la representación del conocimiento procedimental. Según recogíamos en el gráfico sobre la representación elaborado por Denis (1989) -ver en 4.2.1 la figura 4.1-; la diferenciación entre proceso y producto, y dentro de éstos entre producto cognitivo y objeto material, resulta clarificadora ante la disparidad semántica con que se emplea el término. Se corresponde esta última diferenciación con las representaciones internas o externas del conocimiento a que aluden Martí y Pozo (2000a, 2000b). Desde la psicología se han desarrollado, y experimentado, distintos sistemas de representación (imágenes

mentales, proposiciones, esquemas, guiones o modelos mentales) pero son las producciones y los sistemas de producciones el tipo de representación a quienes prestamos nuestra atención en este estudio.

Desde su aparición en 1972, pero especialmente de la mano de Anderson (1983), las producciones se han convertido en el sistema de representación paradigmático (y casi exclusivo) del conocimiento procedimental. Los pares de condición-acción, si-entonces o reglas de producción resultan adecuados para hacer una representación externa de dicho conocimiento y representan la lógica procesual que cognitivamente seguimos cuando pensamos en un procedimiento. Aunque en ocasiones no establecemos todas, ni siquiera, las más importantes variables que afectan a la realización de un proceso determinado. Pero, como ya apuntábamos en el capítulo cuarto (ver 4.3) y argumentamos extensamente en 7.4.2, los diagramas de flujo constituyen un potente sistema de representación gráfica frente a los sistemas de producción clásicos. Veámos en este último apartado la igualdad existente entre los pares SI/ENTONCES con la estructura básica de los diagramas de flujo; el paralelismo entre la tipología de producciones y las estructuras propias de los diagramas de flujo; la presencia de las características de las producciones en los diagramas de flujo; la presencia en los diagramas de flujo de las características de los sistemas de representación externa del conocimiento y el cumplimiento en los diagramas de flujo de todas las categorías descriptivas que debe seguir cualquier sistema de representación. No desarrollaremos de nuevo nuestra exposición sobre estos aspectos, pero sí que nos interesa recuperar las manifestaciones de Johnson y Tomas (1994) sobre la importancia que tienen los diagramas, también los de flujo, como medios idóneos para la organización del conocimiento tecnológico y su papel como facilitadores de la comprensión de dicho conocimiento en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Este interés también ha sido reconocido por Ekhaml (1998), quien considera a los diagramas de flujo como un organizador gráfico del conocimiento, en este caso procedimental; y por Brown (2001) para quien los diagramas de flujo y los mapas conceptuales son organizadores gráficos a los que el profesorado de tecnología debe prestar una especial atención.

La inexperiencia que en nuestro país se tiene del empleo de los diagramas de flujo en los niveles obligatorios de enseñanza no debe presuponer que se trata de un sistema gráfico poco idóneo para algunos de estos niveles, en nuestro caso para los dos ciclos de la educación secundaria obligatoria. Tampoco debería, *a priori*, suponer un impedimento para verificar experimentalmente dicha idoneidad. Es más en 7.4.1 constatamos, tras la revisión bibliográfica, la presencia -con distintos usos y funciones

educativas- de los diagramas de flujo en los países anglosajones desde los años ochenta.

No sabemos con certeza donde reside su eficacia como sistema de representación ni su potencialidad como instrumento didáctico, aunque consideramos que sus méritos tienen mucho que ver con algunos de los rasgos a que ya hemos aludido en 7.4.3. Destacamos en primer lugar el tratarse de un sistema de representación gráfica mixta, verboicónica, donde se combina la palabra con el trazo gráfico en forma de líneas, flechas y figuras geométricas elementales. Estos componentes de la representación se ordenan espacialmente con una direccionalidad que se corresponde con el de progresión y avance en la secuencia del procedimiento representado. Otro factor a destacar es el ofrecer al unísono una visión global (sintética) y detallada (analítica) de las acciones constitutivas de dicha secuencia. Por último también debemos considerar la facilitación en la percepción de la información que supone el empleo de un sistema de representación gráfica como el de los diagramas de flujo. Todo ello nos lleva a pensar, y a estudiar en este trabajo, que los diagramas de flujo pueden tener un papel importante en los procesos de enseñanza-aprendizaje procedimental del área de tecnología. Más cuando desde la educación tecnológica cada vez cobra mayor importancia el empleo de organizadores gráficos (Scaland y Clark, 1989; Ekholm, 1998; Brown, 2001) y desde la psicología se alude a la necesidad de emplear distintos códigos para operar y exteriorizar las representaciones mentales (Karmiloff-Smith, 1986; Lacasa, 1994; Martí y Pozo, 2000b).

En cuanto al aprendizaje hemos recopilado en el capítulo quinto las principales aportaciones hechas desde la psicología cognitiva sobre cómo se aprenden los procedimientos. En esencia se plantean tres orientaciones distintas: la imitación, basada en la observación y reproducción de conductas, como explicación más clásica del aprendizaje procedimental; la asociación según aparece en las formulaciones teóricas elaboradas desde las teorías del procesamiento de la información; y la construcción del conocimiento, en forma de representaciones significativas, desde las teorías de corte constructivista.

Si en el citado capítulo hacíamos una progresión por cada uno de estos enfoques, cambiamos aquí de orientación. Nos ocuparemos de aquellas variables que aparecen como más significativas para el aprendizaje procedimental, ya sean precisadas por uno o más de los enfoques citados, y recurriremos incluso a los capítulos sexto y séptimo, correspondientes al eje didáctico, para establecer relaciones entre estas

variables y su consideración en la enseñanza. La disparidad de posicionamientos iniciales no impide que haya aproximaciones e incluso coincidencias en algunos de los aspectos considerados. Antes de recopilar éstas aportaciones debe advertirse y reconocerse que, de todos los enfoques tratados, son las teorías constructivistas quienes hacen un mayor esfuerzo por intentar explicar realmente cómo se produce el aprendizaje procedimental. Su pretensión es la de demostrar cómo el sujeto opera cognitivamente con las representaciones que construye en su interior de las realidades (procedimentales) exteriores. En cambio, el aprendizaje por modelado -próximo a la psicología social- está más interesado en dar pautas explicativas sobre el comportamiento humano que en desentrañar los mecanismos que emplea el sujeto para aprender conductas (o procedimientos). De igual modo las teorías asociacionistas que tratan el aprendizaje de procedimientos lo hacen desde una perspectiva instructiva que describe y explica mejoras de aprendizaje atendiendo a las regulaciones (internas o externas) y estrategias que durante el proceso instructivo se utilicen.

A pesar de las discrepancias existentes entre las tres orientaciones, todas ellas coinciden en considerar la práctica del procedimiento como una de las variables determinantes que va a influir decisivamente en su aprendizaje tal y como reconocen entre otros muchos autores Bandura y Walters (1974), Schenk-Danzinger (1977), Reigeluth y Stein (1983), Talízina (1988), Case (1989), Monereo (1999). Idéntica importancia le atribuyen desde la didáctica autores como Aebli (1988) o Zabalza (2000). Si el alumno no pone en práctica el procedimiento, lo ejercita y experimenta se ve improbable que pueda alcanzar un conocimiento consistente sobre el procedimiento. Llámese a esta consistencia dominio, automatización o significación.

La puesta en práctica del procedimiento conlleva la aparición de errores, con una frecuencia e intensidad variable que disminuye conforme se incrementa el aprendizaje. Más allá de un aprendizaje por ensayo y error más propio de aprendizajes no escolares, el tratamiento psicodidáctico del error resulta ser otra variable relevante cuando se aprenden procedimientos. Castañeda (1982) opta por anticiparse a su aparición proporcionando rutas erradas de ejecución que muestren distintos tipos de errores (sustitución, omisión o exceso) susceptibles de aparecer cuando se ponga en práctica. Con ello la autora persigue realizaciones exitosas basadas en el seguimiento de una secuencia predeterminada correcta, frente a las rutas erradas, que posibilite el logro del objetivo previsto. Pero ésta no es la única forma de tratar el error. De la Torre (1994) y Rajadell (2000) distinguen entre tratar el error como algo que debe evitarse tal y como promueve Castañeda, o bien considerarlo como parte del proceso de modo

que también contribuya al aprendizaje. En este caso su aparición permite al alumno replantearse hipótesis y las representaciones desarrolladas hasta el momento llevándole a una reconstrucción activa de significados, Entwistle (1988). En cualquier caso cuando surja el error deberá detectarse e identificarse. Detección e identificación son acciones que pueden hacer tanto alumnos como el profesor, y que son previas a la rectificación que siempre estará en manos del alumno.

Otra de las coincidencias, en este caso entre autores situados dentro del procesamiento de la información, consiste en fundamentar el aprendizaje en la obtención -a partir del conocimiento de los expertos- de las acciones que constituyen el procedimiento y de la secuencia más representativa antes de proceder a su enseñanza. Así lo hacen Anderson (1983) empleando las producciones o sistemas de producción, Landa (1978,1987) mediante la obtención de algoritmos, Castañeda (1982) estableciendo distintas rutas de realización, Scandura (1983) empleando el análisis estructural para la obtención de reglas de solución, Siegler (1984,1986) mediante la evaluación de reglas o Klahr (1984a, 1984b) en términos parecidos a los propuestos por Anderson. También Reigeluth (2000) recurre, mediante el método de simplificación de las condiciones, a la identificación de las distintas versiones (de más simples a más complejas) que pueden establecerse en la secuenciación de un procedimiento. La disponibilidad de una secuencia completa y representativa del procedimiento se constituye, desde esta orientación psicológica, en una variable fundamental del proceso de aprendizaje. Para el constructivismo dicha secuencia deberá ser resultado de la actividad cognitiva del sujeto al operar, mental y físicamente, con el procedimiento. Resulta esencial, en esta orientación, la significatividad del aprendizaje; Ausubel (1963) y Ausubel, Novak y Hanesian (1978). Uno de los determinantes de dicha significatividad radica en la significatividad lógica de los contenidos, en tanto que el contenido de aprendizaje no está sujeto a ninguna clase de arbitrariedad sino que dispone de una sustantividad propia que lo define como tal. La significatividad lógica obliga, en el caso de los procedimientos, a prestar atención al procedimiento como objeto de aprendizaje en sí mismo (tal y como planteamos en 2.2.3 al hablar de la significatividad intraprocedimental) y con relación a otros procedimientos con los que está relacionado y constituyendo una estructura lógica y ordenada (según mostramos en 3.3). Es ésta una advertencia a tener en cuenta en todos los procedimientos. Pero más aún en aquellos de naturaleza heurística cuya secuencia afecta –total o parcialmente- a otros procedimientos y que a

su vez integra acciones de otros procedimientos, e incluso, procedimientos completos. Así ocurre, en nuestro estudio, con el análisis de objetos tecnológicos.

Pero la obtención de una secuencia representativa del procedimiento, aunque puede facilitar su enseñanza-aprendizaje, no resuelve la variabilidad de situaciones en que puede emplearse el procedimiento, la ingente cantidad de condicionantes que en cada una de ellas pueden darse y, ni tan siquiera, las distintas secuencias que pueden seguirse en cada uno de los casos particulares resultantes de esta combinación entre situación-condicionantes. Es por ello que desde distintas formulaciones teóricas asociacionistas se proponga un aprendizaje que tome en consideración el nivel de dificultad de los procedimientos. La prioridad es, en todos los casos, la misma: trabajar primero con los procedimientos más elementales e ir introduciendo progresivamente procedimientos más complejos. Así se expresan Landa (1987) para quien los algoritmos de enseñanza deben elaborarse atendiendo a las dificultades concretas de cada objeto de aprendizaje; Scandura que discrimina entre distintas reglas de solución (generales, de orden inferior o de orden superior) que pueden emplearse en la resolución de un problema; Reigeluth y Stein (1983) y Reigeluth (1987, 2000) diferenciando entre los sucesivos niveles de elaboración integrantes de una secuencia elaborativa que tenga en un procedimiento o tipología de procedimientos a su contenido organizador; o Merrill (2000) cuando establece distintos niveles de presentación del procedimiento. Si hace un momento aludíamos a la significatividad lógica ahora debemos acercarnos a la significatividad psicológica (relacionada con la significatividad intraindividual que describíamos en 2.2.3) para ver cómo para el constructivismo el nivel de dificultad del procedimiento no viene determinado por el contenido mismo, sino que dicho nivel de dificultad queda definido ante todo, por los conocimientos previos de que disponga el aprendiz sobre el procedimiento y por las posibilidades que éste va a tener durante el aprendizaje de relacionar y establecer conexiones entre los elementos ya presentes en su propia estructura cognitiva y los elementos que componen el nuevo contenido procedimental.

Desde la significatividad lógica y la significatividad psicológica nos sumamos a Huerta (1979), Castañeda (1982), Coll (1987), Mauri y otros (1990) y Valls (1992a, 1992b) a la hora de considerar que la significatividad no es un constructo supra-teórico (Moreira, 2000) exclusivo del conocimiento declarativo sino que el aprendizaje procedimental debe darse también en términos de significatividad si se pretende que los conocimientos derivados de tal proceso pasen a formar parte de la estructura cognitiva de cada uno de los alumnos. Pero es en la teoría de la actividad (recogida en 5.3.3)

donde encontramos la significatividad integrada como componente fundamental para explicar cómo se produce el aprendizaje de las acciones. Para Talízina (1988) el carácter razonable o significatividad (Jorba y Sanmartí, 1994) es una característica secundaria de la acción que viene determinada por el contenido de su base de orientación (debe incluir las condiciones esenciales para su realización), por el nivel de generalización y por el grado de reducción o despliegue con que se presente.

Otra de las variables importantes que se definen desde la psicología cognitiva con relación al aprendizaje procedimental es la regulación de este aprendizaje. Esta regulación puede entenderse como regulación del proceso de enseñanza-aprendizaje, desde una perspectiva instruccional y didáctica, o bien como una regulación asociada a la construcción del conocimiento que realiza cada alumno personalmente. La primera de carácter externo o exógeno y la segunda de carácter interno o endógeno, según ya apuntábamos más arriba al considerar el tratamiento del error durante la práctica del procedimiento. Desde la teoría de la actividad se apuesta por un mecanismo de control (Talízina, 1988) o regulación (Jorba y Sanmartí, 1994) que permita hacer un seguimiento de la acción corrigiéndola en función del grado de ajuste o desajuste entre la ejecución y el objetivo del procedimiento. Este tipo de regulación tiende a priorizar la intervención externa del profesor para reorientar el aprendizaje. Si acudimos a la diferenciación de Monereo (1999), los procesos reguladores empleados por el alumnado durante el aprendizaje procedimental serán externos o internos según el momento de aprendizaje en que se encuentren. Así mientras en los primeros momentos se produce una regulación externa, mediante modelamiento cognitivo, conforme se llega a la práctica guiada y a la práctica independiente la regulación se convierte en autorregulación a modo de interrogación metacognitiva y autointerrogación respectivamente. Esta distinción no supone la existencia de una regulación con profesor y otra sin profesor sino que ambos, profesor y alumnos, mantienen una mayor o menor interacción según el momento en que se halle el aprendizaje. Estamos en realidad ante una regulación compartida, o regulación mutua para Case (1989). Este autor describe la regulación mutua como uno de los procesos reguladores generales en el desarrollo intelectual que implica una interacción activa profesor-alumno facilitadora de la adquisición a realizar. Cuando quien tiene mayor protagonismo es el profesor la regulación es de carácter exógeno. En cambio si es el propio alumno quien emplea distintos mecanismos para regular de forma consciente el aprendizaje la regulación es endógena. La regulación interna está asociada a los mecanismos que emplea el individuo para la construcción y reconstrucción de

representaciones cada vez más elaboradas y significativas. Así se desprende de las teorías de Anderson (1983) y Klahr (1984a, 1984b), y de los trabajos de Karmiloff-Smith (1986, 1992, 1994 y 1995). Para Anderson los mecanismos son de proceduralización, composición, generalización y discriminación. Klahr recurre a la resolución de conflictos, a la discriminación, a la generalización y a la composición. Y Karmiloff-Smith señala la presencia de distintos mecanismos según la fase de aprendizaje en que se encuentre el alumno. De entre ellos la modularización progresiva y la redescrición representacional son constructos que explican con mayor precisión como se modifican las representaciones que hace el sujeto del conocimiento a lo largo del proceso de aprendizaje, según detallábamos en 5.3.1.1. La modularización progresiva, relacionada con la automatización explicada por los asociacionistas, disminuye el dispendio cognitivo que debe realizar el alumno al operar con conocimientos ya integrados que requieren de una menor conciencia y atención. Pero este conocimiento encapsulado no se traduce en un conocimiento cerrado o definitivo. Todo lo contrario. La redescrición representacional sirve para explicar a la autora como aquellos conocimientos almacenados en la memoria a largo plazo se "redescriben" en función de los aportes significativos que integra el sujeto cuando aplica dicho conocimientos en situaciones particulares.

La verbalización es otra de las variables que, directamente asociada a la regulación y construcción del conocimiento, aparece como relevante tanto didáctica como psicológicamente en el aprendizaje procedimental. La verbalización equivale a la expresión consciente (tanto externa como interna) de los pasos de que consta el procedimiento y de todas aquellas variables e incidencias que afectan o surgen durante su puesta en práctica. En el aprendizaje basado en la imitación Rosenthal y Zimmerman (1978) plantean el uso del modelado verbal como soporte durante las demostraciones mientras que Meichenbaum (1977) se decanta por una verbalización más cognitiva. Otros autores como Nisbet y Shucksmith (1986) o Trepát (1995) muestran una mayor atención a estos aspectos. Pero es en la teoría de la actividad donde -adoptando los postulados de Vigotsky sobre el papel de las locuciones externas, internas y dialógicas- se concede un mayor protagonismo a las verbalizaciones, ya sean de carácter interno como externo. Si revisamos 5.3.3.2 y la figura 5.3 veremos que Talízina (1988) describe las tres últimas fases por las que pasa el aprendizaje de las acciones mediante distintos tipos de formación verbal (externa, externa para uno mismo e interna); además de estar también presente la verbalización en las primeras etapas (especialmente en la elaboración de la base de la orientación y

en la formación de la acción material). Las sucesivas transformaciones verbales permiten progresar en la diferenciación de acciones e ir elaborando una forma mental de las mismas. También Leontiev (1979) destaca el papel que juegan las acciones cuando se sitúan en el plano verbal. Didácticamente es Gagliardi (1988) quien encuentra en las expresiones de las representaciones de los alumnos un extraordinario potencial para mejorar el aprendizaje. Para Gagliardi estas representaciones, sean verbales o construidas mediante otros lenguajes, deben estar presentes durante todo el proceso de aprendizaje para que el alumno opere cognitivamente con ellas y pueda construir sus propios conocimientos. Para nosotros es tal la importancia que atribuimos a la verbalización que la consideramos -en 6.3.2.3- como uno de los componentes principales a considerar en la enseñanza de los procedimientos y como parte integrante de distintas estrategias -en 6.3.3.2 y tabla 6.14- que pueden emplearse para hacerla efectiva.

Práctica, tratamiento del error, secuenciación del procedimiento, nivel de dificultad, significatividad, regulación y verbalización son factores que, por encima de toda formulación teórica, consideramos van a incidir de forma determinante en la adquisición que el alumno haga del procedimiento y en el resultado final de su aprendizaje. En cuanto al resultado, éste vendrá dado por el conocimiento declarativo que haya elaborado el alumno sobre dicho procedimiento y por el conocimiento procedimental mostrado cuando lo pone en práctica; Amorós y Llorens (1986), Valls(1992c), Trepát (1995) y Mauri (1996). En el primer caso dicho conocimiento declarativo se corresponde con la representación mental, construida o reconstruida, que puede externalizarse mediante el empleo de códigos y lenguajes distintos, entre ellos los diagramas de flujo. En el segundo caso el dominio en la ejecución del procedimiento quedará de manifiesto según la facilidad con que se realiza la acción, por la rapidez y el ritmo con que se pone en práctica, por el grado de automatización alcanzado y por el resultado final logrado.

Si nuestra síntesis se ha centrado en éstas últimas páginas en expresar las principales variables del aprendizaje procedimental vamos ahora a ocuparnos de las cuestiones que atañen a su enseñanza, aunque sin ignorar las consistentes relaciones que se establecen desde la didáctica con la psicología.

Tras analizar en el capítulo sexto la intensidad de las relaciones entre la didáctica y la tecnología y caracterizar los modelos didácticos de la educación tecnológica (tradicional, del proceso tecnológico y culturalista) presentábamos la diversidad de

métodos y estrategias didácticas que pueden contribuir a la construcción del conocimiento tecnológico. En particular aludíamos al elevado número de formas de intervención didáctica distintas con que cuenta la tecnología, a pesar de su reciente aparición en la enseñanza obligatoria (consultar 6.2.2). Más allá de la pluralidad metodológica de que dispone el profesorado del área tecnológica nos interesa ocuparnos de las fases por las que pasa el proceso de enseñanza-aprendizaje de los procedimientos, los componentes que didácticamente deben considerarse en este proceso y las estrategias didácticas específicas a que puede recurrirse.

En la tabla 6.11 (ver en 6.3.1) exponíamos el paralelismo entre fases que se dan en los procesos de enseñanza y aprendizaje de los contenidos procedimentales según se presenten desde la didáctica o la psicología respectivamente. El proceso distingue entre tres fases que permiten al sujeto incrementar sus conocimientos acerca del procedimiento objeto de aprendizaje. En la primera fase se produce una apropiación de los datos relevantes por parte del alumno casi siempre como resultado de la presentación (explicación y/o demostración del profesor) del procedimiento. Es una fase en la que se crean las primeras representaciones internas sobre el contenido, aunque sobre ellas los niveles de control y de consciencia del individuo suelen ser escasos. Esta adquisición inicial no tiene porque producirse por un simple mecanismo de copia como propone Anderson (1983), sino que puede (debería) ir acompañada de una participación consciente del alumno al introducirse el modelamiento metacognitivo (Monereo, 1999), como estrategia que permita maximizar el aprendizaje en el primer contacto con el procedimiento. La segunda fase requiere, para todos los autores y corrientes, de la puesta en práctica del procedimiento mediante la realización de las acciones que constituyen la secuencia procedimental. Esta práctica, que puede entenderse como una mera repetición de acciones (reiterativa y poco motivadora para el alumno), es un momento clave en el aprendizaje del procedimiento. El análisis de la propia ejercitación, la identificación de los errores cometidos, la toma de conciencia sobre las acciones en particular y sobre el proceso en su totalidad, son determinantes para la construcción/reconstrucción de las representaciones internas. La tercera fase, llamada con frecuencia de dominio o automatización, se da con la realización independiente y autónoma del procedimiento. En ella es el propio individuo quien ejerce el control (interno y externo) sobre las acciones del procedimiento y es capaz de ajustar la ejecución y redescibir las representaciones en función de las situaciones experimentadas.

Como componentes esenciales en la enseñanza de los procedimientos señalamos en 6.3.2 que debían considerarse la secuencia instruccional y didáctica; las representaciones externas y las representaciones internas; la ejercitación y la práctica y la evaluación de los aprendizajes procedimentales. Aunque más arriba ya hemos hecho referencia a todos estos componentes nos parece oportuno destacar de nuevo la importancia que tiene no reducir la enseñanza de los procedimientos a una mera exposición de su secuencia y a la posterior repetición del alumno de dicha secuencia. Los procedimientos se tornan en conocimientos no cuando el alumno es capaz de reproducirlo, sino cuando es capaz de integrarlo tanto en su dimensión declarativa como en la procedimental. En este proceso veíamos en 6.3.2.2 y en 6.3.2.3 cómo las representaciones externas e internas de la secuencia pueden ser de gran ayuda. Las externas como medio didáctico para dar a conocer el procedimiento y facilitar la percepción, interpretación y realización que de él le corresponde hacer al alumno. Las internas como un instrumento de expresión del conocimiento que sobre el procedimiento construye el alumno en su mente. Según recopilábamos en 7.1 el empleo de soportes gráficos e icónicos para hacer efectiva la transmisión de conocimientos se remonta a los orígenes de la humanidad (Müller-Brockmann, 1998) y ha sido ampliamente investigada, como también lo ha sido el empleo y transferencia de lenguajes simbólicos (entre otros estudios recientes los de DeLoache, 1991; DeLoache y Burns, 1994; DeLoache y otros, 1999; Salsa y Peralta, 2000) o el empleo cognitivo y exógeno de diagramas y otras formas de representación (en trabajos de Johnson y Tomas, 1994; Yahel y otros, 1996; Ruiz y otros 1998; Postigo y Pozo, 2000).

En cuanto a las estrategias didácticas específicas que pueden servir para diseñar actividades de enseñanza-aprendizaje concretas nos parecen interesantes las propuestas clasificatorias de Rajadell (2000) y Carrera (1997-2001), elaboradas sobre la base de un criterio curricular y temporal respectivamente. Se trata de propuestas novedosas, basadas en la experiencia pero poco experimentadas científicamente, que ofrecen ideas y orientaciones para promover múltiples situaciones de aprendizaje y enseñanza distintas. Desde la explicación verbal hasta la autoinstrucción y desde la simulación hasta los talleres el profesorado dispone de macro y micro estrategias adecuadas para incidir en la presentación, en la mejora de la práctica o en la regulación autónoma del propio aprendizaje procedimental.

La selección e incorporación de cualquiera de estas estrategias al proceso didáctico recae en manos del profesorado, aunque no son sólo las estrategias didácticas lo que define la actuación del profesorado en el aula. Uno de principales esfuerzos de este

estudio consiste en constatar cómo a actuaciones distintas del profesorado le corresponden diferentes resultados en el aprendizaje. Para ello en 6.4 delimitamos dos modelos de profesorado distintos para la enseñanza de los procedimientos. Como ya advertíamos allí no debe interpretarse que nuestro intento descriptivo tenga como finalidad establecer categorías-tipo cerradas que respondan a perfiles de profesor antagónicos entre sí. No nos mueve este interés, sino el de intentar ver cómo en la enseñanza de procedimientos -al igual que ocurre con la enseñanza de otros contenidos- el profesorado tiene distintas formas de proceder; y cómo entre estas formas de proceder se encuentran dos estilos distintos de profesor -a los que hemos llamado modelador y constructivista- que entroncan con los enfoques tradicionalista y progresista de la enseñanza. El profesor modelador -siguiendo a Tate, 1993; Zabala, 1993b; Hernández Hernández, 1997, Fernández Muñoz, 1998; Coll, 1999 y Zabala, 2000- recurre al uso de las estrategias más habituales en la enseñanza de los procedimientos, o sea, a la explicación y demostración del procedimiento para introducir posteriormente las actividades prácticas con el objetivo de lograr que el alumno reproduzca el procedimiento con la mayor corrección posible. En cambio el perfil de un profesor constructivista en la enseñanza de los procedimientos -definido con los aportes de los mismos autores- le describe como un profesor que persigue, ante todo, que el alumno haga una construcción consciente de significados sobre el contenido procedimental. Enlazando ambos modelos con las explicaciones psicológicas sobre el aprendizaje procedimental el profesor modelador es más cercano a las concepciones asociacionistas y sociales sobre el aprendizaje; mientras que el profesor constructivista intenta poner en práctica las formulaciones teóricas propuestas desde el cognitivismo constructivista.

Si los modelos de profesor en la enseñanza procedimental son uno de los objetos de estudio de esta investigación, los contenidos procedimentales del área de tecnología en la educación secundaria obligatoria son el otro objeto de estudio. En el capítulo tercero -tras analizar el currículum de tecnología de la E.S.O. en el estado español y constatar la presencia que en él tienen los procedimientos- recuperamos un trabajo anterior de Carrera (1995) que muestra la estructura de los contenidos procedimentales atendiendo a las relaciones macro y microprocedimentales que se establecen, respectivamente, entre procedimientos y entre procedimientos y acciones concretas de cada procedimiento. Dicha estructura nos sirve para seleccionar y situar en dimensiones y categorías específicas los procedimientos estudiados en este trabajo: el uso del pie de rey y el análisis de objetos tecnológicos. La realización de

mediciones precisas con el pie de rey se corresponde con un procedimiento de naturaleza algorítmica donde las acciones están perfectamente determinadas y su realización requiere ajustarse a una secuencia ordenada recogida en el diagrama de flujo de la figura 3.5 en 3.4.1. Frente a éste, el análisis de objetos tecnológicos es un procedimiento heurístico que además tiene entidad propia en el área de tecnología como metodología didáctica. Metodológicamente se trata de una estrategia que consiste en plantear distintas preguntas al alumnado sobre el objeto a analizar, de forma que a través de sus respuestas se derive un mayor conocimiento sobre el objeto analizado. Esta es la orientación adoptada –entre otros autores- por Bachs (1997b), Encinas y Alemán (1998), Aguayo y Lama (1998) y Gou (1998, 1999). Como contenido curricular se yuxtapone con el método aunque se pretende que el alumno no sólo de respuesta a una serie de preguntas sino que sea capaz de integrar el proceso de análisis mediante la aprehensión de su secuencia de acciones. El disponer de una secuencia de ejecución variable unida a que la mayoría de acciones clave son otros procedimientos relevantes de la estructura de contenidos procedimentales del área, más el hecho de formar parte de otros procedimientos y de posibilitar una realización abierta y no prescriptiva lo definen como un contenido heurístico que tiene en la figura 3.7 del apartado 3.4.2.2 una de sus múltiples representaciones.

Concluimos esta síntesis aludiendo de nuevo a las relaciones que el estudio quiere establecer entre procedimientos tecnológicos (uso del pie de rey y análisis de objetos tecnológicos, algorítmico y heurístico respectivamente), el aprendizaje que de dichos procedimientos realizan alumnos de la educación secundaria obligatoria a través de diseños instruccionales distintos según diferentes tipologías de profesorado (el modelador, orientado por un aprendizaje mimético y asociacionista; y el constructivista, orientado por el cognitivismo constructivo) y la presencia en dichos diseños de los diagramas de flujo con funciones distintas (ya sea como medio externo para la transmisión de conocimientos o como sistema que posibilite a los alumnos la representación externa de su conocimiento, interno, sobre el procedimiento).

Estudio Empírico

Preámbulo



Iniciamos el estudio empírico definiendo el problema de investigación que nos ocupa y entroncándolo con el marco teórico presentado en la primera parte. Tras ello delimitamos los objetivos que se persiguen en el estudio. La descripción de las variables y la formulación de las hipótesis completan este preámbulo, previo al desarrollo de la segunda parte del trabajo.

P.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el primer capítulo del marco teórico exponíamos los esfuerzos realizados durante la última década por definir una agenda de investigación en educación tecnológica. De lo expuesto en 1.4 se deduce que existe una infinidad de temáticas y problemas a investigar en una disciplina emergente, como lo es la didáctica de la tecnología. El interés que nos despiertan las cuestiones planteadas por Zuga (1994), Hansen (1996), Foster (1996), Petrina (1998) o Lewis (1999) -entre otros autores- no supe nuestra preocupación por profundizar en una investigación previa que tenía como objetivo el encontrar la estructura organizativa de los contenidos procedimentales en el área de tecnología (ver 3.3).

Obtenida dicha estructura (Carrera, 1995) nuestros interrogantes se centran en saber más sobre la enseñanza y el aprendizaje de los procedimientos en tecnología. Especialmente cuando dichos procesos están mediados por los diagramas de flujo, al ser éste un sistema de representación gráfica que ya empleamos en el trabajo aludido. Nuestra propensión por el tema se ratifica cuando en la revisión bibliográfica encontramos manifestaciones de distintos autores sobre la oportunidad de avanzar, cuando no iniciar, estudios que aborden esta temática.

Como ya recogimos en 4.1.3, McCormick (1996) se muestra especialmente interesado en promover los estudios sobre el conocimiento procedimental en tecnología. Más recientemente McCormick sigue reiterando la necesidad de profundizar en las investigaciones sobre los conocimientos procedimentales en tecnología dado que *"...sabemos poco de ellos. No sólo no sabemos cómo los tecnólogos los utilizan de modo que puedan emplearse como herramientas en educación, sino que tampoco conocemos sus interrelaciones"* (1999a: 2). La importancia que la cognición tiene para

este autor no es exclusiva. Ya Olson y Henning-Hansen(1994) destacan las conexiones iniciadas entre la ciencia cognitiva y la educación tecnológica en investigaciones realizadas desde mediados de los ochenta. Avanzado nuestro estudio también encontramos en Brown (2001) similar inquietud al perfilar los conceptos cognitivos relevantes para el profesorado de educación tecnológica; entre ellos los organizadores gráficos del conocimiento. Dentro de éstos exponíamos en 7.4.1 como Ekhaml (1998) consideraba los diagramas de flujo especialmente indicados para ser empleados en la enseñanza y el aprendizaje. Ya para Goñi *“la representación y organización de los contenidos en la estructura cognitiva tanto de quien aprende como de quien enseña”* (1995:59) es uno de los campos temáticos propios de la investigación psicopedagógica. En 4.2.4 y 4.2.5 recogíamos el trabajo de Martí y Pozo (2000) sobre los sistemas de representación externa del conocimiento. En él apuntan nuevos retos para la investigación que coinciden en parte con los objetivos de nuestro estudio: *“El hecho definir un nuevo dominio de investigación (el constituido por los sistemas externos de representación) irreductible pero íntimamente relacionado con el de las representaciones mentales exige nuevas estrategias de investigación y nuevos planteamientos en la enseñanza”* (Martí y Pozo, 2000:27). Pero quizás sean las palabras de Coll las que mejor expresen la simbiosis entre enseñanza y aprendizaje en que situamos el problema abordado en esta investigación: *“En definitiva, podríamos decir que el problema de fondo con el que nos enfrentamos no es tanto, o no es sólo, comprender mejor cómo los alumnos construyen el conocimiento, sino comprender mejor cómo los profesores pueden influir sobre este proceso de construcción, facilitarlo y encauzarlo hacia el aprendizaje de unos contenidos determinados”* (Coll, 2000: 27).

Llegados a este punto, y conjugando conocimientos aportados por la literatura con nuestras reflexiones sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje de los procedimientos, nos preguntamos sí:

¿Pueden alumnos de primer ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria aprender el lenguaje de los diagramas de flujo y aplicarlo en el aprendizaje de procedimientos?

¿Sirven los diagramas de flujo para representar externamente el conocimiento declarativo que sobre un procedimiento ha construido internamente el alumno?

¿Se muestran eficaces los diagramas de flujo como instrumento para transmitir la secuencia de los procedimientos cuando se sigue un enfoque basado en el modelado?

¿Se obtienen mejores resultados en el aprendizaje procedimental cuando se combina un modelo constructivista con el empleo de los diagramas de flujo?, o por el contrario ¿los diagramas de flujo permiten un mayor aprendizaje de los procedimientos cuando se parte de un enfoque de modelado?

¿Existen diferencias en el aprendizaje de los procedimientos, según sean éstos heurísticos o algorítmicos, cuando se emplean los diagramas de flujo? y ¿qué ocurre cuando no se emplean estos auxiliares didácticos?

¿Cómo influye el rol docente adoptado por el profesorado y la estrategia didáctica empleada en el aprendizaje de procedimientos de naturaleza distinta?

¿Con el paso del tiempo las pérdidas de los aprendizajes realizados varían según el modelo en que han aprendido los alumnos y el tipo de procedimiento de que se trate?
¿Es más persistente este aprendizaje si se emplearon los diagramas de flujo durante el proceso de enseñanza-aprendizaje?

Precisando aún más estos interrogantes:

Atendiendo a las variables presentes en las preguntas anteriores ¿en qué tipo de acciones que integran la secuencia de un procedimiento se producen variaciones significativas de aprendizaje?

¿Existe alguna correspondencia entre las estrategias didácticas adoptadas y una mayor presencia de acciones clave en el conocimiento declarativo expresado por los alumnos? ¿Esta correspondencia se da también con relación a las acciones erróneas?
¿Qué ocurre con las acciones base? ¿Y con las prescindibles?

¿En que medida mejora el conocimiento procedimental en el uso del pie de rey cuando se emplea una estrategia determinada, sea ésta basada en el modelado o en el constructivismo?

¿Ocurre lo mismo cuando el contenido es el análisis de objetos tecnológicos? o bien ¿las variaciones en el aprendizaje también dependen del tipo de procedimiento?

En la síntesis del marco teórico apuntábamos que el estudio queda delimitado por el currículum, la psicología y la didáctica. Ahora podemos precisar la correspondencia de dichas disciplinas con el problema abordado. Desde el currículum adoptamos procedimientos tecnológicos distintos como el uso del pie de rey (algorítmico) y el

análisis de objetos (heurístico); desde la psicología perfilamos dos enfoques diferentes de enseñanza-aprendizaje (uno basado en el constructivismo y otro en el modelado); y desde la didáctica completamos la definición de estrategias educativas particulares que toman en consideración o no el uso de los diagramas de flujo.

P.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

El título de nuestro trabajo ya denota la finalidad que perseguimos: realizar un estudio que nos permita obtener conocimientos científicos sobre el uso y los efectos de los diagramas de flujo en los procesos de enseñanza-aprendizaje (E-A) de los contenidos procedimentales en la educación escolar. Más concretamente en el área de Tecnología de la Educación Secundaria Obligatoria.

Tomando en consideración formulaciones recogidas en el marco teórico y en la delimitación del problema, según lo acabamos de exponer, nuestro estudio persigue tres grandes objetivos. Estos objetivos son:

1. Analizar la variabilidad de resultados en el aprendizaje procedimental en función:
 - del tipo de estrategia empleada y de las actuaciones desarrolladas por el profesorado (basadas en el modelado o en el constructivismo);
 - del uso o no de los diagramas de flujo en dichas estrategias y
 - del tipo de procedimiento (algorítmico o heurístico) que es objeto de aprendizaje.
2. Detectar la significatividad de los aprendizajes realizados verificando su consistencia en el tiempo.
3. Verificar y contrastar:
 - la idoneidad o no de los diagramas de flujo como herramienta para la representación externa del conocimiento procedimental y
 - su eficacia como auxiliar didáctico en la E-A de procedimientos.

El logro de estos propósitos está condicionado a la consecución previa de otras metas más específicas. Se trata de metas relacionadas con el procedimiento que debe seguirse a nivel metodológico.

- a) Definir estrategias didácticas específicas para un modelo de E-A de procedimientos tecnológicos basado en la construcción del conocimiento y para un modelo de E-A basado en el modelado.
- b) Elaborar y aplicar un sistema de análisis de las intervenciones docentes del profesorado cuando éstas siguen premisas teóricas distintas.
- c) Elaborar y aplicar un método de análisis de los aprendizajes procedimentales atendiendo al conocimiento declarativo y procedimental logrado por el alumnado tras la intervención didáctica.

Más allá de poder dar respuesta a todos estos objetivos el estudio pretende contribuir a superar la reconocida escasez en nuestro país de investigaciones científicas en educación tecnológica, generar conocimientos que permitan optimizar la práctica educativa en la enseñanza de la tecnología y ser un punto más de partida de la labor investigadora en la didáctica de la tecnología.

P.3 HIPÓTESIS

En la introducción ya apuntábamos la naturaleza inductiva de nuestro trabajo. El porqué de esta posición se fundamenta en el origen y las características que definen el problema tratado y en la ausencia de fundamentación teórica suficiente y precisa que nos permita optar por un planteamiento de investigación hipotético deductivo con relación a dicho problema.

Es por ello que, siguiendo el método inductivo de investigación (Sarramona, 1980), partimos de nuestra experiencia docente en la problemática abordada y de los aportes científicos recogidos en el marco teórico. Ello nos da pie a contextualizar y formular un planteamiento hipotético que da lugar a una intervención empírica cuasiexperimental, que completaremos con un estudio probablistico y que nos ha de permitir contrastar el grado de veracidad de dichos supuestos.

Esta formulación no se circunscribe a una enumeración de hipótesis experimentales, sino que se basa en la elaboración de un constructo hipotético inductivo ajustado a los tres ejes nucleares adoptados en el estudio: el curricular, el psicológico y el didáctico. En este constructo se relacionan entre sí las variables independientes activas: el tipo de procedimiento (algorítmico vs heurístico) con el modelo de profesor adoptado

(constructivista vs modelador) y con el empleo de los diagramas de flujo (con diagramas de flujo vs sin diagramas de flujo). Hipotetizamos que el efecto combinado de estas variables incide en los resultados del aprendizaje procedimental (variable dependiente) según las relaciones que se sintetizan en la figura P.1.

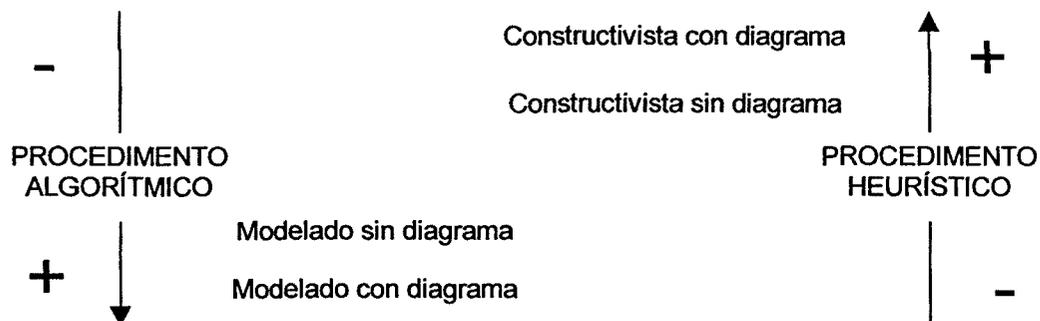


Figura P.1 Representación gráfica del constructo hipotético

Como se refleja en la figura, pensamos que no existe un modelo docente mejor que otro sino que su eficacia está en función del tipo de procedimiento considerado. Más aún, creemos que la cuestión no es simple y que no puede caerse en el reduccionismo de asociar el aprendizaje de los algoritmos con una actuación basada en el modelado y el de los heurísticos con una actuación docente constructivista, matizado ello según se empleen o no los diagramas de flujo como sistema de representación del conocimiento procedimental. Frente a esta postura restrictiva formulamos la existencia de un continuum -con direcciones distintas- en el aprendizaje de los procedimientos en el que se conjugan procedimiento, modelo docente y sistema representacional según estemos ante un procedimiento algorítmico o heurístico. Es un continuum que caracterizamos y definimos hipotéticamente sobre la base de ciertas tendencias que someteremos a confirmación empírica. Estas tendencias, formuladas a modo de microhipótesis (Arnal y otros, 1992), son:

- Que el aprendizaje procedimental basado en el modelado parece ser más adecuado cuando los contenidos son procedimientos algorítmicos.
- Que los aprendizajes de algoritmos pueden verse favorecidos con el empleo de los diagramas de flujo como soporte gráfico representativo del conocimiento procedimental.
- Que el aprendizaje de los procedimientos heurísticos puede favorecerse recurriendo al uso de estrategias didácticas constructivistas.

- Que la inclusión de los diagramas de flujo en las actuaciones docentes basadas en el constructivismo puede contribuir favorablemente al aprendizaje de los procedimientos heurísticos.

O sea, volviendo a la figura P.1, en el caso de procedimientos algorítmicos sugerimos que las estrategias basadas en el modelado que al mismo tiempo empleen diagramas de flujo han de posibilitar mejores logros de aprendizaje frente a estas estrategias cuando no recurren a dicho sistema de representación y; a su vez, estas mismas estrategias deberían ser más eficientes que las constructivistas (sin y con uso de los diagramas de flujo). Cuando los procedimientos son heurísticos la orientación de nuestro constructo hipotético se invierte y pensamos que estos procedimientos se aprenden mejor con estrategias constructivistas que empleen los diagramas de flujo, y que dicho aprendizaje es menos efectivo cuando -con la misma estrategia constructivista- se obvian los diagramas de flujo; más aún, el aprendizaje se debilita cuando la enseñanza-aprendizaje de heurísticos se realiza siguiendo estrategias de modelado (con y sin diagrama de flujo).

Explicamos estas tendencias sobre la base de las siguientes consideraciones y aportes científicos que hemos ido recogiendo en el marco teórico.

Aunque las tradiciones didáctica y psicoeducativa vinculan el aprendizaje de los procedimientos con un esquema de presentación, práctica y dominio (ver tabla 6.11 en 6.3.1) de corte asociacionista¹²¹ -cuando no mimético- existen suficientes indicios para considerar que tiende a diferenciarse claramente entre los aprendizajes de contenidos algorítmicos de los heurísticos. Así se manifiestan Soler y otros (1992) cuando precisan que dichas fases tienen validez en los procesos algorítmicos pero no en los heurísticos pues éstos requieren, a su entender, de otras estrategias acordes con su particular naturaleza. Reigeluth (2000) -como recogíamos en 5.2.3.1 al exponer el método de la simplificación de las condiciones- focaliza la atención del proceso

¹²¹ Desde el asociacionismo (ver 5.2) la obtención de secuencias precisas y completas del procedimiento objeto de aprendizaje -casi siempre a partir del conocimiento de los expertos- se ha convertido en un requisito previo a las propuestas de instrucción que debían promover su aprendizaje. Así lo hemos visto en Anderson (1983), Landa (1978,1987), Castañeda (1982), Scandura (1983), Siegler (1984, 1986), Klahr (1984a, 1984b) o Merrill (2000). Aún en el caso de tratar con contenidos heurísticos, algunos de estos autores conciben la necesidad de algoritmizar el procedimiento y emplear dicha secuencia como referente del proceso instruccional. Así ocurre con los sistemas de producción que emplea Anderson, los algoritmos de Landa, las reglas de solución de Scandura, las rutas de ejecución que establece Castañeda o la evaluación de reglas de Siegler.

instruccional en aspectos distintos según se trate de algoritmos o heurísticos. Así, en tareas más procedimentales (algorítmicas) la atención durante el proceso instructivo ha de centrarse en las acciones que deben realizarse en cada momento. En cambio cuando las tareas están asociadas a aprendizajes heurísticos el interés del proceso está más en los modelos y principios que rigen las decisiones y no en la acción concreta que debe darse. De forma similar se manifiesta Landa (2000) cuando plantea que deben seguirse medios y estrategias distintos para promover el aprendizaje de procesos según sea la naturaleza de éstos. Pozo y Postigo (2000) participan también de esta diferenciación al plantear la necesidad de un número variable de fases y de instrucción distinta según se trate de aprendizajes procedimentales técnicos (algorítmicos) o estratégicos; ver 6.3.1.

La hipotética relación que establecemos entre algoritmos y estrategia de modelado y entre heurístico y estrategia constructivista se apoya, en las conexiones existentes, respectivamente, entre dichos tipos de procedimiento y las teorías psicológicas asociacionista y el modelo de profesor modelador por una parte; y entre los enfoques psicológicos constructivistas y el modelo de profesor constructivista por otra.

Acabamos de recordar que los diseños instruccionales asociacionistas, al igual que el quehacer didáctico habitual, comparten la necesidad de proporcionar la secuencia de acciones del procedimiento antes de promover su puesta en práctica. Bajo este modelo se potencia un aprendizaje basado en la mimesis -aunque no siempre ni exclusivamente repetitivo- y centrado principalmente en la aprehensión de las acciones que deben realizarse y en su correcta ejecución ciñéndose a la secuencia proporcionada. Más allá de diferencias particulares, es éste un supuesto básico común que comparten la ACT de Anderson (1983), el análisis procedimental de Castañeda (1982), la teoría algo-heurística de Landa (1983, 1987), el aprendizaje estructural de Scandura (1983) y Stevens y Scandura (1987), la evaluación de reglas de Siegler (1984, 1986), las secuencias elaborativas de Reigeluth y Stein (1983) y Reigeluth (1987, 2000) y la teoría de transacción educativa de Merrill (2000). Aunque en sus propuestas siguen estrategias y mecanismos distintos aparece otro elemento uniformizador entre estos autores: el papel a asumir y las tareas a desarrollar por el docente. Sus actuaciones coinciden, esencialmente, con las del profesor modelador que hemos perfilado en 6.4.1 apoyándonos en Tate (1993), Zabala (1993b), Hernández Hernández (1997), Fernández Muñoz (1998), Coll (1998) y Zabalza (2000). Son actuaciones que se centran principalmente en las ayudas externas que el alumno recibirá durante el proceso y en una orientación hacia el éxito en los términos que

exponen Karmiloff-Smith y Inhelder (1980). En esencia, se trata de un profesor que actúa como experto en el procedimiento, que anticipa el contenido procedimental (explicándolo y en ocasiones reproduciéndolo), preocupado casi siempre por que el alumno haga una adquisición precisa y exacta de las acciones de la secuencia, que procura evitar la aparición de errores y que durante la práctica revisa la ejecución del alumno a fin de corregir las acciones incorrectas.

En cambio desde los enfoques de aprendizaje constructivista los intereses son otros, pues se pasa de una visión exógena del aprendizaje a otra de endógena y dialógica (a la vez que exógena) mucho más apropiada, a nuestro parecer, para contenidos procedimentales complejos como son los heurísticos. La prioridad que se da en las teorías constructivistas a la representación del conocimiento y a los procesos cognitivos con que opera el individuo son elementos que deben propiciar estrategias didácticas facilitadoras de una adquisición significativa de los procedimientos heurísticos. Así lo sustentamos sobre la base de los aportes que en 6.3.2.3 hemos recogido de Gagliardi (1988) y en 5.3 de Piaget (1959, 1974, 1976, 1981); Ausubel (1963); Ausubel, Novak y Hanesian (1978); Novak (Novak, 1977, 1991); Karmiloff-Smith y Inhelder (1980); Leontiev (1981, 1983, 1989); Karmiloff-Smith (1984, 1992, 1994, 1995), Talízina (1988), Wertsch (1988) y Case (1989). Destacamos la preocupación que muestran, con distinta intensidad, estos autores por el tipo de regulación del aprendizaje (ya sea compartida o interna) y por el protagonismo que dan a la verbalización como elementos esenciales del proceso de enseñanza-aprendizaje. La tendencia general es la de promover una regulación compartida donde adquiera cada vez un mayor protagonismo la autorregulación del sujeto en base a la progresiva toma de consciencia sobre como se realiza el proceso. Esta percepción consciente se apoya en la abstracción y en la reflexión, alejando la posibilidad de que se dé un aprendizaje de las acciones del procedimiento sin conceptualización en los términos que explican Melot y Nguyen (1987) (ver 5.3.1). Por contra son mecanismos internos, en conjunción de puntuales apoyos externos, los que ayudan a la construcción y reconstrucción de los significados de las acciones y del procedimiento en su conjunto a través de distintos niveles de representación, Karmiloff-Smith (1984). Entre estos mecanismos destacamos los relacionados con la verbalización interna (Talízina, 1988) y con la modularización progresiva y la redescipción representacional (Karmiloff-Smith: 1992, 1994, 1995). Estas prioridades por promover la autorregulación del proceso y por promover la operación con las representaciones mentales del contenido coinciden con el perfil de profesor constructivista que hemos planteado en

6.4.2. Un profesor que tiende a facilitar que sea el alumno quien construya su propio conocimiento. Para ello provoca conflicto y desequilibrios cognitivos capaces de activar los esquemas de conocimiento del alumno que le llevan, en el marco de estrategias instruccionales predefinidas, a operar con el contenido y a elaborar personalmente los significados a partir de las propias experiencias de aprendizaje, de las interacciones verbales, de la autorrevisión de las realizaciones del procedimiento y de las explicaciones construidas por sí mismo de las acciones y del procedimiento.

En cuanto a la oportunidad de utilizar los diagramas de flujo como sistema de representación del conocimiento procedimental y a su papel en estrategias instruccionales distintas está fuera de toda duda si nos remitimos al apartado 7.4.2. En él, no sólo quedaba clara su validez como sistema de representación externa del conocimiento procedimental, sino que veíamos como confluían desde la psicología y la tecnología distintas aportaciones que potenciaban su empleo. La organización del conocimiento tecnológico pasa -para Johnson y Thomas (1994) y para Walker (2000)- por el empleo de sistemas representacionales, como los diagramas, que faciliten su comprensión durante los procesos de enseñanza-aprendizaje. Ekhaml (1988) atribuye incluso a los diagramas de flujo el estatus de organizador gráfico. Si bien no hemos encontrado ninguna evidencia que correlacione positivamente el empleo de los diagramas de flujo con estrategias didácticas distintas, consideramos que -a priori- sí puede existir una relación positiva como la que proponemos en nuestro constructo: la estrategia (ya sea de modelado o constructivista) es más eficaz si contempla el empleo de los diagramas de flujo¹²². Fundamentamos esta consideración en el reconocimiento que merecen los diagramas como elementos que contribuyen a la organización y estructuración (interna y externa) del conocimiento y a la regulación de los procesos de enseñanza y aprendizaje de procesos según recogíamos en 7.1 y en 7.4.1 y al análisis de la potencialidad didáctica de diagramas de flujo que efectuamos en 7.4.3.

A pesar de estas argumentaciones nuestro constructo hipotético, como continuum que perfila ciertas tendencias, no excluye que puedan darse situaciones distintas a las expuestas, como ya apuntábamos en 6.4 y figura 6.2 al perfilar distintos modelos de profesor en la enseñanza de contenidos procedimentales. Así, entendemos que también pueden aprenderse algoritmos siguiendo planteamientos constructivistas, y

¹²² Dicho empleo varía -como veremos en el siguiente capítulo al describir el método seguido en nuestro estudio- según responda a funciones de transmisión, expresión o elaboración del conocimiento, en consonancia con el modelo instruccional adoptado.

que dicho aprendizaje es susceptible de ser realizado con y sin diagramas de flujo; o bien que los procedimientos heurísticos también son susceptibles de ser aprendidos mediante modelado tanto si se recurre a los diagramas de flujo como si no. El carácter inductivo de nuestro estudio ha de permitirnos concluir hasta qué punto se confirman estas afirmaciones frente a las tendencias que perfilábamos más arriba.

P.4 VARIABLES

Apoyándonos en el marco teórico las variables identificadas en el problema de estudio, según su función en la investigación, son las definidas a continuación.

Variable independiente activa: *Contenido procedimental*

Conocimientos tecnológicos que, como contenidos curriculares, son objeto de aprendizaje. Se adoptan, siguiendo criterios de selección detallados en 8.3, los procedimientos de utilización del pie de rey y de análisis de objetos tecnológicos.

En 3.4.1 y en 3.4.2, respectivamente, se tratan ambos procedimientos en base a su descripción como conocimiento tecnológico, al análisis de su presencia en el currículum de tecnología, a la secuencia de acciones que conlleva su ejecución y a consideraciones particulares que determinan su tratamiento didáctico.

Variable independiente activa: *Estrategia didáctica*

Intervención de enseñanza-aprendizaje diseñada a partir supuestos teóricos distintos y que cuenta con una misma estructura de realización que sigue las fases de iniciación, expresión y ejercitación o reconstrucción. Se adoptan dos estrategias distintas. Una definida a partir de supuestos constructivistas y la otra atendiendo a un enfoque basado en el modelado.

En 8.5.4.1 y en 8.5.4.2 se detallan, respectivamente, la estrategia didáctica constructivista y la estrategia didáctica de modelado. Ambas estrategias quedan definidas por la intervención realizada por el profesor, por la actividad asignada a los alumnos y por las actividades didácticas diseñadas.

En 6.4.1 y en 6.4.2 se describen los perfiles del profesorado modelador y constructivista en la enseñanza de procedimientos. La operativización de esta dimensión de la variable mediante indicadores se realiza en 8.6.1

Variable independiente activa: *Diagrama de flujo*

Variable complementaria de la anterior que supone la incorporación o no de los diagramas de flujo como elemento diferenciador en el desarrollo de la estrategia.

Su presencia comporta para dos grupos experimentales (ver 8.2, 8.5.4 y 8.5.5) el aprendizaje del lenguaje de los diagramas de flujo con el fin de aplicarlos en la expresión del conocimiento declarativo de la variable dependiente.

Estas tres variables independientes activas determinan el tratamiento a que se someten los grupos experimentales según se recoge en el diseño experimental sintetizado en la tabla 8.1 y descrito en 8.1.

Variable independiente controlada: *Conocimientos previos*

Conocimientos de que dispone cada sujeto de la investigación respecto a las variables independientes contenido procedimental y diagrama de flujo.

La detección de la existencia de estos conocimientos previos se efectúa en la segunda fase del procedimiento –según se recoge en 8.5.2- coincidiendo con el inicio de la intervención experimental en las aulas.

Variable independiente controlada: *Nivel educativo*

Se considera el primer curso del primer ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria.

Deriva esta asignación de la ubicación que los centros participantes en la selección de la muestra (ver tabla 8.5 y apartado 8.4) hacen de la variable independiente contenido procedimental. En sus proyectos curriculares los contenidos procedimentales adoptados como variable independiente activa aparecen secuenciados al inicio de la Educación Secundaria Obligatoria.

Variable independiente controlada: *Práctica en el procedimiento*

El efecto que la puesta en práctica del contenido procedimental (variable independiente) pueda provocar en la variable dependiente queda controlada en la

estrategia didáctica (variable independiente) introduciendo las mismas actividades prácticas de ejercitación.

Variable dependiente: *Aprendizaje procedimental*

El aprendizaje procedimental se manifiesta en las adquisiciones realizadas por cada sujeto experimental sobre el procedimiento objeto de estudio. Estas adquisiciones se desglosan en dos tipos de conocimiento distintos: el declarativo y el procedimental.

Conocimiento declarativo: conocimiento elaborado internamente sobre las acciones y decisiones que conforman la secuencia de un procedimiento y que puede ser externalizado mediante expresión verbal o gráfica. Las dimensiones de la variable conocimiento declarativo consideradas en la expresión que los alumnos hacen sobre los procedimientos estudiados son: acciones clave, acciones base, acciones prescindibles y acciones erróneas¹²³.

Acciones clave: acciones nucleares y características del procedimiento sin las cuáles la secuencia del procedimiento no puede ejecutarse correctamente.

Acciones base: acciones indispensables para una correcta ejecución del procedimiento aunque de menor protagonismo al de las acciones clave en cuanto no se corresponden con acciones o decisiones distintivas del procedimiento.

Acciones prescindibles: acciones innecesarias para la correcta ejecución del procedimiento y que, en caso de llevarse a cabo, no comportan una mejora cualitativa de la puesta en práctica de la secuencia que sigue el procedimiento, como tampoco suponen ninguna alteración relevante de la misma.

Acciones erróneas: acciones y decisiones equivocadas que entorpecen la realización práctica del procedimiento o que pueden derivar en una ejecución inadecuada al estar alejadas del objetivo propio del procedimiento.

Conocimiento procedimental: realización práctica por parte del alumno de la secuencia de acciones elaborada internamente a modo de conocimiento declarativo.

¹²³ En 8.6.2.1 se incluye una definición más exhaustiva y acompañada de ejemplos, contraejemplos y situaciones dudosas en los procedimientos objeto de estudio.

El conocimiento procedimental, en el caso del uso del pie de rey, se establece a partir de un índice de realización procedimental, ver 8.6.2.2. Este índice relaciona el éxito (en forma de mediciones correctas efectuadas con el pie de rey) con la tarea encomendada (mediciones que deben hacerse).

En el caso del análisis de objetos tecnológicos la variable conocimiento procedimental se descompone en un total de 12 dimensiones distintas. Se trata de dimensiones que se corresponden con otros procedimientos que pueden estar presentes en el proceso de análisis. De ellas sólo se consideran aquellas dimensiones que aparecen reflejadas en la puesta en práctica del procedimiento por los grupos experimentales, según se justifica y define en 8.6.2.3. Las ocho dimensiones adoptadas son: la descripción, la argumentación, la valoración, la representación gráfica, el establecimiento de relaciones, la formulación de hipótesis, la medición y la ejemplificación.

Un tercer tipo de conocimiento procedimental observado es el relativo a la construcción de los diagramas de flujo. Este conocimiento se analiza según se expone 8.6.2.4 a partir de la presencia o no de elementos simbólicos y gráficos del lenguaje en los diagramas construidos por los alumnos.

CAPÍTULO 8



Método

En este capítulo exponemos el método seguido para el desarrollo del estudio empírico. Lo iniciamos con la presentación del diseño experimental adoptado en la investigación. A continuación se presenta el procedimiento y los resultados obtenidos en un estudio piloto efectuado para conocer la idoneidad o no del empleo de los diagramas de flujo con alumnos de primer ciclo de la ESO en el área de Tecnología. Tras ello se detallan los procesos seguidos en la selección de los contenidos procedimentales objeto de estudio y en la obtención de los sujetos integrantes de la muestra. A continuación describimos cada una de las seis fases que conforman el procedimiento de intervención en las aulas y presentamos los instrumentos empleados en cada momento. Completamos el capítulo con la definición y descripción de los procedimientos de análisis de los datos obtenidos en las aulas. Diferenciamos en este caso los procedimientos seguidos en el análisis de las intervenciones del profesorado y los empleados para el análisis de las producciones del alumnado, de los análisis estadísticos realizados con posterioridad.

8.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se opta por un diseño experimental de cuatro grupos no equivalentes según recoge la tabla 8.1. Cada uno de estos cuatro grupos experimentales responde a una estrategia instruccional determinada marcada por los enfoques constructivista y de modelado en el aprendizaje de procedimientos en combinación con el empleo o no de los diagramas de flujo en la estrategia. Con ello se pretende el control intergrupos tanto desde el punto de vista de los supuestos psicopedagógicos en que se basan las estrategias como del uso, o no, de los DF en ellas. Se contemplan medidas pretest/postest con una doble finalidad: aportar resultados acerca de la incidencia de la intervención realizada y obtener un mayor control de las variables independientes que puedan resultar significativas en los resultados finales del aprendizaje de los procedimientos. El pretest, antes de la intervención, permite la detección inicial de los conocimientos previos del alumnado en los procedimientos objeto de estudio. Se realizan dos medidas postest. La primera al finalizar la intervención con la intención de diagnosticar

los conocimientos adquiridos por el alumnado en relación a los procedimientos. La segunda medida posttest permite hacer un seguimiento de los logros de aprendizaje y su pasación tiene lugar transcurridos varios meses del primer posttest. Durante la intervención se realizan otras dos mediciones, con cada procedimiento, que completan los datos experimentales. Aunque estas dos mediciones -a las que llamamos test 1 y test 2- no se recogen en la tabla 8.1, tienen como función ayudar a conocer cómo se desarrolla en el alumnado el aprendizaje sobre los procedimientos.

GRUPO	SUJETOS	ASIGNACIÓN	PRETEST	INTERVENCIÓN	POSTEST
Experimental 1	26	Aleatoria	T _p T _{DF}	C con DF pr A	T ₁ PR-DF T ₂ PR-DF
				C con DF pr B	
Experimental 2	22	aleatoria	T _p T _{DF}	C sin DF pr A	T ₁ PR-DF T ₂ PR-DF
				C sin DF pr B	
Experimental 3	24	aleatoria	T _p T _{DF}	M con DF pr A	T ₁ PR-DF T ₂ PR-DF
				M con DF pr B	
Experimental 4	23	aleatoria	T _p T _{DF}	M sin DF pr A	T ₁ PR-DF T ₂ PR-DF
				M sin DF pr B	

Tabla 8.1 Diseño experimental

Los acrónimos contenidos en esta tabla corresponden a las medidas, intervenciones y procedimientos que se enumeran a continuación y que se describen con detalle a lo largo de este capítulo.

T _p	Prueba de detección de conocimientos previos sobre los procedimientos A y B.
T _{DF}	Prueba de detección de conocimientos previos sobre los diagramas de flujo.
C con DF	Estrategia instruccional basada en el constructivismo y uso de los DF.
C sin DF	Estrategia instruccional basada en el constructivismo sin empleo de DF.
M con DF	Estrategia instruccional basada en el modelado y uso de los DF.
M sin DF	Estrategia instruccional basada en el modelado sin empleo de DF.

pr A	Contenido procedimental: Uso del pie de rey.
pr B	Contenido procedimental: Análisis de objetos tecnológicos.
T ₁ PR-DF	Prueba de detección de aprendizajes sobre los procedimientos A y B y sobre los DF (al finalizar la intervención).
T ₂ PR-DF	Prueba de detección de aprendizajes sobre los procedimientos A y B y sobre los DF (transcurridos más de 3 meses desde la finalización de la intervención).

El número de alumnos que integra cada grupo experimental resulta del proceso de obtención de la muestra descrito en el apartado 8.4, siendo en todos los casos fruto de una asignación aleatoria de grupos clase a grupos experimentales.

Las pruebas pretest tienen como objetivo verificar los conocimientos previos del alumnado sobre los procedimientos A y B objeto de estudio y sus conocimientos previos sobre los diagramas de flujo y su utilización.

Las intervenciones en los grupos experimentales 1 y 2 las aplica un mismo profesor, al que llamamos profesor constructivista, en un mismo centro. Otro profesor, llamado modelador, aplica en otro centro distinto las intervenciones correspondientes a los grupos experimentales 3 y 4. Todas las intervenciones están diseñadas en base al trabajo individual y grupal de los alumnos, ya sea en grupos reducidos (de 2, 3 ó 4 alumnos) o de gran grupo. Presentamos las características de estas cuatro intervenciones en el apartado 8.5 de este mismo capítulo.

Sintéticamente podemos avanzar que, en la estrategia instruccional basada en el modelado y en la enseñanza transmisora, el profesorado presenta verbalmente el procedimiento explicitando al alumnado las pautas para su ejecución. Posteriormente se realizan actividades que comportan la puesta en práctica del procedimiento de acuerdo con las explicaciones recibidas. Esta estrategia es idéntica para los grupos experimentales 3 y 4 y sólo varía en el grupo experimental 3 que utiliza los DF como soporte instruccional específico. En este caso la estrategia instruccional se completan con la utilización –en distintos momentos de la secuencia didáctica y con distintas funciones- de DF ya elaborados sobre los procedimientos A y B. Estos diagramas detallan las secuencias de acciones que han de seguirse en cada procedimiento.

El grupo experimental 1 tiene asignada la estrategia instruccional C con DF (Construcción con Diagramas de Flujo). Esta estrategia didáctica parte del conocimiento inicial que los alumnos tienen de los procedimientos estudiados y mediante actividades específicas de trabajo constructivo (de carácter hipotético, experimental, práctico, manipulativo, intuitivo, analítico y/o reflexivo) progresan en su adquisición. Posteriormente se detecta el conocimiento y grado de comprensión del procedimiento estudiado a partir de los diagramas de flujo que elaboran los alumnos y, en función de los resultados, el profesorado regula el proceso de aprendizaje constructivo que desarrollan en el aula. Idéntica estrategia se emplea con los alumnos del grupo experimental 2 excepto en el empleo de los DF que, en este caso se sustituye por la expresión escrita del conocimiento declarativo que los alumnos tienen sobre el procedimiento.

Junto a los procedimientos A y B el alumnado integrado en los grupos experimentales 1 y 3 realiza otro aprendizaje procedimental particular, el correspondiente al conocimiento sobre los diagramas de flujo y su utilización como forma de representación gráfica de todo tipo de procesos.

Las diferencias existentes entre las estrategias didácticas seguidas por cada grupo obligan a una preparación particular a cada uno de los profesores participantes en la experimentación antes de iniciarla (consultar 8.5.1).

El diseño se completa, en su fase postest, con una doble medición de los aprendizajes realizados durante la experimentación. La primera ($T_{1\text{ PR-DF}}$) se efectúa al finalizar el trabajo de campo y la segunda ($T_{2\text{ PR-DF}}$) –para determinar la perdurabilidad o no de los aprendizajes realizados- pasados cuatro meses de la finalización de la intervención en los centros. En ambos casos se miden los conocimientos adquiridos sobre los procedimientos objeto de estudio (A y B) y los referidos al uso de los diagramas de flujo, según se explica en el último apartado de este capítulo.

8.2 ESTUDIO PILOTO

El empleo de los diagramas de flujo durante el aprendizaje de contenidos procedimentales –desde perspectivas psicopedagógicas distintas- caracteriza este estudio pues está en el núcleo de los objetivos que para él se han definido y

determinan el diseño experimental adoptado. La trascendencia que tiene su utilización en los procesos de enseñanza/aprendizaje diseñados nos obliga a prestar una especial atención a cómo van a implementarse dentro del procedimiento experimental y a contrastar su funcionalidad. Por ello planteamos, en el marco general de la investigación, la realización de un estudio piloto sobre la aplicación del programa de aprendizaje previsto utilizar en la fase experimental (programa detallado en 8.5.3). Los objetivos que se persiguen con este estudio previo son los siguientes.

1. Verificar que los diagramas de flujo son un sistema de representación adecuado (comprensible y de fácil aprendizaje y utilización) por parte de alumnos de primer ciclo de educación secundaria obligatoria. Pretendemos detectar que la abstracción semántica, gráfica y espacial inherente a los diagramas de flujo (DF) no impiden operar con ellos a alumnos de 12 años.
2. Constatar que, mayoritariamente, estos alumnos pueden emplear los DF sin dificultades para expresar, en forma de secuencia, el conocimiento de un procedimiento que les es conocido.
3. Obtener información objetiva y precisa acerca de las bondades y de los defectos y lagunas sobre el programa de aprendizaje de diagramas de flujo diseñado. El contraste de este programa en una situación real, similar a la que se va a dar durante la fase experimental, nos permitirá decidir sobre su validez y la idoneidad de su empleo.
4. Modificar y mejorar el programa de aprendizaje, ajustándolo a los objetivos que se le asignan dentro de todo el constructo experimental.
5. Precisar los tiempos necesarios para la implementación de cada una de las actividades previstas y del programa en su totalidad.
6. Facilitar, en definitiva, su adecuada aplicación en la fase experimental.

La prueba piloto consiste en la aplicación del programa de aprendizaje sobre diagramas de flujo a un grupo de alumnos de primer ciclo de la ESO durante la primera semana del mes de abril de 2000 (curso académico 1999-2000) en un IES de Lleida ciudad. En las páginas siguientes se describen el microestudio, los resultados obtenidos y las conclusiones extraídas.

8.2.1 Descripción de la prueba

El centro colaborador fue el IES M^a Rúbies situado en el barrio de La Bordeta de Lleida. Es un centro nuevo creado a raíz de la implantación de la LOGSE. En el centro, se imparten los estudios correspondientes a las etapas de Educación Secundaria Obligatoria (cuatro líneas) y tres modalidades de Bachillerato (Humanidades y Ciencias Sociales, Ciencias de la Naturaleza y de la Salud y Tecnológico). El alumnado proviene, en su mayoría, del citado barrio y de otro cercano, los Mangraners. Ambos barrios situados en el extrarradio cuentan con una población esencialmente obrera. Así el alumnado que podría categorizarse dentro de una clase social baja y media-baja en su mayoría.

El profesor participante -que responde a las siglas X.F.- impartió durante el curso 99-00 el área de Tecnología (en el segundo crédito común del curso) al grupo de 1ºB de la E.S.O. del centro. El grupo estaba integrado por un total de 24 alumnos, de los cuáles 22 participaron en la experiencia. 12 eran niños, (8 de 12 años y 4 de 13) y 10 niñas (6 de 12 años y 4 de 13). Por edades el 64% (14 alumnos/as) tenían 12 años y el 36% restante (8 alumnos) 13 años.

La planificación de la prueba piloto se hizo conjuntamente con el profesor con objeto de alterar lo menos posible su programación trimestral de aula. Las dos sesiones preparatorias también sirvieron para revisar todo el material que se iba a emplear y para dar instrucciones precisas sobre cómo tenía que actuar el profesor en la clase. Estas instrucciones, de acuerdo con la definición completa que se hace del programa de formación más adelante (apartado 8.5.3 de este capítulo), perfilaron la actuación del profesor. En esencia se aplicó una estrategia didáctica centrada en la interrogación del alumnado sobre el contenido de aprendizaje (los DF), en su actividad cognitiva y en la posterior expresión de los propios pensamientos en una situación de construcción grupal del conocimiento.

En cuanto al material previsto inicialmente por el investigador se acordó modificar la actividad "Los primeros diagramas". En lugar de recurrir a los procesos secuenciables mediante DF detectados por los alumnos en la actividad "En busca de procesos", se iba a proporcionar una serie de procesos decididos de antemano. Con ello se pretendía evitar que hubiera alumnos que no pudieran realizar la actividad grupal "Completamos los diagramas". Los procedimientos, propios de ambientes académicos y extraescolares son: sumar con una calculadora, serrar una madera con un serrucho,

unir dos maderas con clavos, dibujar, recortar un dibujo con tijeras, ver una película de vídeo en casa, pasear al perro.

De mutuo acuerdo, y por petición del profesor se optó por que la pasación del cuestionario inicial (en sus dos partes, A y B) la realizara el propio investigador. Su justificación hay que buscarla en la necesidad de no crear una situación excesivamente artificial en el aula con un profesor observador no participante. Este cuestionario puede consultarse en el anexo 8.1.

La previsión inicial contemplaba tres o cuatro sesiones de clase de 55 minutos cada una, aunque finalmente sólo fueron necesarias tres sesiones. Todas ellas se registraron en vídeo para un posterior análisis de las actuaciones docentes y discentes. El desarrollo de las sesiones, destacando las principales incidencias habidas, fue el que se describe a continuación.

Primera. Lunes, 3 de abril de 2000 de 12.15' a 13.10'. Breve presentación de la actividad por parte del profesor y del investigador. Se dedicó a ello unos diez minutos con el claro objetivo de implicar e interesar al alumnado en el trabajo a realizar. Posteriormente se pasó el cuestionario. Primero la parte A y conforme iban terminando se les entregaba la B. La tarea del investigador y del profesor durante la pasación fue la de ir atendiendo las dudas que planteaba el alumnado.

Incidencias: Se detectaron ciertas dificultades en la interpretación de la primera cuestión (más por observación de lo que el alumnado va escribiendo que por preguntas formuladas) y se apreció una total implicación en la tarea, a pesar de la novedad y descontextualización que supuso dentro del crédito que estaban cursando.

Segunda. Martes, 4 de abril de 2000 de 9 a 9.55'. El investigador permaneció durante toda la sesión como observador no participante y se encargó de registrar en vídeo la sesión. El profesor aplicó la estrategia prevista con las actividades "Coger el ascensor", "Construir diagramas de flujo" y "En busca de procesos".

Incidencias: La sesión se desarrolló de forma que dió tiempo a introducir la siguiente actividad "Los primeros diagramas", inicialmente prevista para su realización en casa como tarea escolar. En lugar de que los alumnos

completaran esta actividad en casa -según la planificación inicial- se decidió que la proseguirían en la próxima sesión de clase.

Tercera. Jueves, 6 de abril de 2000 de 4.05' a 5. La sesión se dedicó a construir el DF individual asignado dentro de la actividad "Los primeros diagramas" y a reelaborarlo conjuntamente en la actividad "Completamos los diagramas".

Incidencias: Sesión ajustada en tiempos, especialmente para la construcción de algunos DF en los grupos. A pesar de ello todos los grupos completaron su tarea. Sesión en la que estuvieron presentes 21 alumnos.

Durante el desarrollo de esta sesión, tras observar cómo operaban los alumnos con los DF se decidió dar por cerrada la prueba piloto, excluyendo la actividad de evaluación¹²⁴. Ello se debió a que el proceso seguido por el grupo permitió avanzar, por simple observación del trabajo realizado durante ésta y las sesiones anteriores, que los resultados de aprendizaje eran extremadamente altos (tanto individual como colectivamente). Otro factor que nos empujó a tomar esta decisión fue la de evitar alterar el desarrollo normal del crédito ante la evidencia de los resultados obtenidos.

8.2.2 Resultados, análisis y comentarios

En este apartado se presentan, comentados, los resultados obtenidos en las distintas actividades realizadas en las tres sesiones de clase. Se agrupan estos resultados en tres subapartados distintos. En el primero se analizan los resultados obtenidos en la

¹²⁴ Esta prueba consistía en una evaluación final sobre los conocimientos adquiridos en el uso y construcción de DF. En su diseño se contemplaron dos formas distintas de llevarla a cabo.

La primera proponía la secuenciación de un proceso conocido por cualquier alumno de primer ciclo de la ESO. Se le presentaban dos procesos distintos, "Enviar una carta por correo postal" y "Cambiar las pilas de una linterna", de los cuáles tenía que escoger uno para representarlo.

La segunda consistía en aprovechar los diagramas que construyeron los alumnos durante el proceso experimental. Se evitaba así la construcción de DF correspondientes a distintos procedimientos.

En ambos casos se optaba por una valoración cuantitativa de los resultados obtenidos en la actividad a partir del número de acciones incluidas en el diagrama y, otra más cualitativa, de acuerdo con el grado de precisión de estas acciones, su pertinencia al proceso escogido y por la comprensibilidad de los enunciados elaborados. Criterios de valoración que estaba previsto comunicar oralmente al alumnado antes de iniciar la actividad.

primera sesión con la pasación del cuestionario inicial. En el segundo se trabaja con los materiales videográficos que recogen las actividades centradas en el aprendizaje sobre los diagramas flujo. En el tercero se revisan y analizan los primeros DF construidos después de recibir una formación específica sobre su uso y construcción.

Cuestionario inicial

Las respuestas de los 22 alumnos/as que contestaron al cuestionario de conocimientos previos (parte A: preguntas 1, 2 y 3; parte B: preguntas 4 y 5) se ofrecen pregunta por pregunta con un análisis de los resultados obtenidos más relevantes.

Pregunta 1a. Tienes un compañero que está en Sevilla y quieres explicarle como ha de calentar un vaso de leche ¿De cuántas maneras diferentes se lo puedes explicar?

Respuesta	Frecuencia
De dos	2
De tres	4
De seis	1
NS/NC	15

Las respuestas obtenidas denotan que la mayoría de alumnos/as no han comprendido la pregunta pues la respuesta que dan consiste en explicar cómo hay que proceder para calentar un vaso de leche y no cómo puede explicarse este procedimiento.

En consecuencia será necesario reformular la pregunta de forma que no dé lugar a equívocos y sea fácilmente comprensible para el alumnado.

Pregunta 1b. ¿Cuáles son ?

Las respuestas de los siete alumnos que comprenden la primera parte de la pregunta son: por teléfono (6), por carta (7), por Internet (5), por fax (1), yendo a Sevilla (2), mediante un vídeo (1), por telégrafo (1).

Todas las respuestas se centran en nombrar medios y soportes técnicos que pueden emplearse para dar la explicación (casi siempre de carácter verbal, ya sea oral o escrito), pero ninguna apunta hacia el tipo de comunicación específica que va a emplearse: oral, escrita, gráfica, icónica, como en un principio se esperaba de esta pregunta.

Pregunta 2. ¿Cómo llamamos a esta forma de representación gráfica?

Respuesta	Frecuencia
Mapa conceptual	13
Esquema	1
Diagrama de flujo	0
NS/NC	8

Ningún alumno/a habla de DF, pero sí que se da como respuesta mayoritaria, mapa conceptual, demostrándose así la utilización que el alumnado hace de esta forma de representación del conocimiento declarativo en otras situaciones (escolares).

Esta respuesta denota cierta confusión en el uso de términos, achacable seguramente, al deseo de dar una respuesta más que a la seguridad de estar dando la solución correcta.

Pregunta 2a. ¿Para qué se utiliza?

Se obtiene una gran diversidad de respuestas en la mayoría de alumnos (18 del total) mientras que los cuatro restantes no dan respuesta alguna. Pero pocas de dichas respuestas dan una explicación, ajustada o aproximada, sobre cuál es la utilidad real de los diagramas de flujo. Una muestra de las más consistentes son las reproducidas a continuación.

“Para organizar las ideas, para ordenarlas” (P.F.)

“Para representar alguna cosa y ver como progresa” (R.L)

“Para hacer un esquema de alguna cosa” (R.G.)

“Para poder estudiar algún tema con un solo golpe de ojo” (X.R.)

Los resultados obtenidos en la pregunta anterior y en esta misma nos permiten anticipar el desconocimiento que el grupo tiene sobre los DF, tanto en su identificación como forma de representación gráfica como en su utilidad.

Pregunta 2b. ¿Has visto alguna vez dibujos similares?

Respuesta	Frecuencia
SI	17
NO	4
NS/NC	1

El cerca 80% de respuestas afirmativas nos hace pensar que, a pesar de desconocer la existencia de los DF, el alumnado relaciona intuitivamente esta forma de representación con los mapas conceptuales, de acuerdo con los resultados obtenidos en la pregunta anterior.

Pregunta 3. ¿Además de todo lo que has dicho, qué más sabes de esta forma de representación?

Una parte de las respuestas -7 del total- están relacionadas con el uso de los mapas conceptuales en el área de ciencias experimentales. Otras 6, recogidas a continuación, dan una explicación más elaborada acerca del sentido y utilidad de los DF, mientras que 9 alumnos no dan ningún tipo de respuesta.

“Que puede servir para saber el orden de alguna cosa” (R.L.)

“Es una forma de aprender y entender mejor las cosas” (B.A.)

“Sirve para entender nuestras ideas, para no tener que memorizar tantas ideas y palabras” (P.L.)

“Que sirve para a partir de la palabra surjan conceptos relacionados” (C.M.)

“Sirve para clasificar conceptos y ponerlos en orden y poderlos relacionar con otros conceptos” (M.E.)

“Sirve para diferenciar conceptos o para relacionar un concepto con otro concepto” (E.A.)

Siendo éstas repuestas más precisas y ricas sigue habiendo una referencia explícita a los conceptos más que a acciones. O sea, predominan las alusiones que relacionan los DF con conocimiento de tipo declarativo en lugar del procedimental.

Pregunta 4a. ¿Qué se explica en esta representación gráfica?

Respuesta	Frecuencia
Hacer punta a un lápiz	21
Incorrecta	1

El elevado número de respuestas correctas nos permite afirmar que, puesto el alumnado ante una situación concreta de uso de los DF, es capaz de identificar el tipo de proceso que representa cuando éste les resulta conocido.

Pregunta 4b. ¿Podrías explicar lo mismo de otra forma?

Respuesta	Frecuencia
SI	19
NO	1
NS/NC	2

El elevado número de respuestas afirmativas permite prever cierta riqueza de respuesta en la pregunta 4c, complementaria de ésta.

Pregunta 4c. ¿De qué formas?

Respuesta	Frecuencia
Hablando	2
Con una redacción	2
Con un esquema	3
Con una demostración	1
Con un resumen	1
Con un mapa conceptual	1

De los 19 alumnos que responden a la pregunta, 14 describen narrativamente cómo sacar punta a un lápiz, dando muestra de una interpretación inadecuada de la pregunta 4b. En cambio, los cinco alumnos restantes centran su respuesta en distintas maneras de comunicar el mismo proceso de sacar punta a un lápiz de forma distinta a la empleada en el cuestionario, tal y como recoge la tabla. Es interesante destacar el cambio de interpretación de los enunciados. Recuperando las respuestas dadas en 1b,

ningún alumno citaba en su respuesta otras formas de dar a conocer un mismo proceso.

Pregunta 4d. ¿De todas ellas, cuál crees que es la mejor?

Respuesta	Frecuencia
La mía (descripción)	3
Con un esquema	1
Mediante demostración	1
Con el diagrama / con el ejemplo	8
Todas	1

La tabla recoge las respuestas dadas por los 14 alumnos que contestan a la pregunta. Los 8 restantes no responden o bien dan un tipo de respuesta reiterativa centrada en cómo se saca punta a un lápiz. De nuevo se pone manifiesto la falta de comprensión del enunciado. De las respuestas recogidas destaca la respuesta de ocho alumnos que aseguran ver en el DF la mejor forma de explicar el proceso escogido en la pregunta 4

del cuestionario. Es especialmente relevante esta afirmación cuando no ha habido ningún tipo de explicación por parte del profesor de la utilidad o sentido de los DF y cuando se está aún, en una fase de detección de conocimientos previos.

Pregunta 4 e. ¿Para qué se utiliza este tipo de diagrama?

Contrasta, con relación a los resultados de preguntas anteriores, cómo los alumnos son capaces de intuir, e incluso precisar buena parte de las utilidades de los DF sin realizar un aprendizaje específico de los mismos. La transcripción de algunas de las

Respuesta	Frecuencia
Relacionadas con las utilidades de los DF	17
No relacionadas con las utilidades de los DF	3
NS/NC	2

respuestas ilustra cómo los alumnos, partiendo de un desconocimiento absoluto de los DF (según resultados obtenidos en la parte A del cuestionario, preguntas 2, 2a, 2b y 3), modifican sus conocimientos y construyen ideas propias –correctas en el 80% de los casos- sobre los DF y su utilidad.

“Para saber como se ha de hacer una cosa y como se ha de utilizar” (P.M.)

“Para explicar o hacer entender alguna cosa” (L.T.)

“Para explicar como se hacen las cosas” (B.A.)

“Para saber exactamente como se hace algo” (D.G.)

“Para poder seguir unos pasos a la hora de hacer las prácticas” (M.E.)

“Para aprender a hacer actividades cotidianas” (C.M.)

Pregunta 5. Construye, siguiendo el ejemplo anterior, un diagrama donde se presente lo que haces cuando te lavas los dientes.

El total de 22 alumnos responde a la cuestión y elabora un diagrama de flujo que expresa, externamente, cuál es –según ellos- el proceso que se sigue al lavarse los dientes.

El análisis de los DF contruidos se hace a partir de la categorización de los elementos que pueden incluirse en la construcción de un DF. Esta categorización se compone de ocho ítems distintos que van desde el uso o no del elemento más elemental de los DF (el rectángulo) hasta el uso de todos los elementos.

Una vez analizados todos los DF (el anexo 8.2 incluye una muestra de dos diagramas elaborados por los alumnos), los resultados obtenidos se recogen en la siguiente tabla agrupados según el nivel de comprensión que muestran tener los alumnos sobre el lenguaje de los DF. Se distingue entre una comprensión deficiente, parcial o total y se da el número de alumnos situados en cada uno de estas categorías y el porcentaje que suponen del total de 22 alumnos.

USO CORRECTO DE...	Frecuencia	Comprensión intuitiva del lenguaje
Rectángulo	1	Deficiente 3(14%)
Rectángulo y flechas	2	
Rectángulo, flechas y inicio-fin	3	Parcial 7(32%)
Rectángulo, flechas y rombos (con respuesta si/no)	0	
Rectángulo, flechas y rombos (sin respuesta si/no)	4	
Rectángulo, flechas, rombos y inicio-fin	0	
Todos los elementos (pero sin dibujar el rombo)	6	Total 12(54%)
Todos los elementos	6	

Tabla 8.2 Resultados en la construcción de DF en el cuestionario inicial del estudio piloto

Estos datos nos permiten anticipar la facilidad con que los alumnos de primer curso de la ESO comprenden el lenguaje de construcción de los DF. Más del 50% de alumnado, tras un breve espacio de tiempo, es capaz de utilizar correctamente su simbología y las normas básicas que rigen su construcción.

Registros videográficos

El análisis del registro videográfico de la sesión permite observar algunas actuaciones, del profesor y del alumnado, destacables y significativas en vistas a la definición final del programa de aprendizaje y al diseño de los procedimientos a aplicar con dos de los grupos experimentales.

De la breve actividad individual “Coger el ascensor” (anexo 8.3) destacar que sólo requiere una presentación del profesor que dé indicaciones precisas sobre la necesidad de observar la representación del papel atentamente y pedir al alumnado que se centre en obtener las siguientes informaciones: qué se explica en ella, los elementos que la integran y las diferencias que hay entre estos elementos.

Tras clarificar entre todos qué se explica en la representación, en la actividad “Construir diagramas de flujo” el lenguaje empleado por el profesor ha de ser claro y directo de forma que a partir de las intervenciones y aportaciones del alumnado se puedan identificar y concretar:

- Cuáles son los símbolos (elementos) empleados.
- Qué representan cada uno de ellos.

- Cuáles son las reglas de construcción de los diagramas de flujo.

Dada la dificultad en la interpretación se hace imprescindible incidir en las diferencias existentes entre el rectángulo y el rectángulo con bordes redondeados o elipses (situadas éstas a inicio y final de la representación) y destacar el distinto tipo de acciones que se incluyen en el rectángulo y en el rombo, así como el número de salidas en cada uno de estos elementos.

También resulta oportuno referirse a la representación como diagrama de flujo, destacando que no se trata de un mapa conceptual, sino que su utilidad es distinta, pudiéndose incluso introducir los términos en catalán y en castellano.

Tras identificar los símbolos y su significado se distribuye a cada alumno una hoja (anexo 8.4) donde anotar la simbología recogida en la pizarra y su utilidad. Hoja que se completa posteriormente cuando se han concretado todas las reglas de construcción.

La obtención por el grupo clase del proceso que ha de seguirse para la construcción de un diagrama de flujo no resulta especialmente complicada, pues la participación hace que vayan surgiendo con orden los distintos pasos que han de seguirse. De nuevo es importante incidir en las diferencias entre las acciones (representadas mediante rectángulo) y los puntos de decisión (representados mediante rombo).

Producción de diagramas de flujo

Siguiendo la misma pauta de análisis que la empleada en la pregunta 5 del cuestionario se utilizan los ocho ítems que hacen un recorrido por la inclusión de más o menos elementos gráficos en el DF construido para analizar las construcciones individuales en la actividad “Los primeros diagramas” y las construcciones en grupo de la actividad “Completamos los diagramas”.

En la primera los resultados obtenidos nos muestran cómo la segunda sesión induce aprendizajes significativos acerca del proceso que se sigue en la construcción de DF, según se desprende de los datos que incluye la tabla 8.3.

En ella podemos observar que tan sólo un alumno aún hace un uso deficiente de las reglas de construcción de los DF, 4 parcial y un mayoritario 76% (16 alumnos del total) son capaces de emplear correctamente la simbología y construir los DF siguiendo las normas consensuadas entre todo el grupo clase.

USO CORRECTO DE...	Frecuencia	Comprensión del lenguaje
Rectángulo	0	Deficiente 1(5%)
Rectángulo y flechas	1	
Rectángulo, flechas y inicio-fin	1	Parcial 4(19%)
Rectángulo, flechas y rombos (con respuesta si/no)	1	
Rectángulo, flechas y rombos (sin respuesta si/no)	2	
Rectángulo, flechas, rombos y inicio-fin	0	
Todos los elementos (pero sin dibujar el rombo)	0	Total 16(76%)
Todos los elementos	16	

Tabla 8.3 Resultados en la construcción de DF individuales en el estudio piloto

En cuanto al proceso de construcción colectiva los resultados son aún más espectaculares pues la progresión parece definitiva según se desprende de la siguiente tabla .

USO CORRECTO DE...	Nº respuestas	Comprensión del lenguaje
Rectángulo	0	Deficiente 0(0%)
Rectángulo y flechas	0	
Rectángulo, flechas y inicio-fin	0	Parcial 3(14%)
Rectángulo, flechas y rombos (con respuesta si/no)	2	
Rectángulo, flechas y rombos (sin respuesta si/no)	1	
Rectángulo, flechas, rombos y inicio-fin	0	
Todos los elementos (pero sin dibujar el rombo)	0	Total 18(86%)
Todos los elementos	18	

Tabla 8.4 Resultados en la construcción de DF en grupo en el estudio piloto

Sólo un grupo (tres alumnos) muestra una comprensión parcial de todo el lenguaje de construcción de DF, ninguno deficiente y un mayoritario 86 % (18 alumnos/as) hacen un uso adecuado del mismo. A pesar de la contundencia de estos resultados no resultan totalmente comparables los resultados obtenidos de forma individual a éstos que provienen de las construcciones colectivas.

El anexo 8.5 permite ver los cambios que se producen desde las elaboraciones individuales a la que se construyen entre todo el grupo.

8.2.3 Conclusiones

Analizados y valorados los resultados anteriores llegamos a una serie de conclusiones acerca de la idoneidad del programa de aprendizaje elaborado y sobre las modificaciones necesarias para utilizarlo durante la fase experimental.

- Respecto del redactado del cuestionario resulta imprescindible simplificar el enunciado de la primera pregunta (ya sea modificando el redactado o bien introduciendo un proceso más habitual y cotidiano para el alumnado). De igual forma las preguntas 4b y 4c, en la parte B del cuestionario, también tienen un enunciado que dificulta su comprensión y, por tanto, han de ser modificadas.
- En la parte A del cuestionario se detecta la confusión, probablemente por influjo de aprendizajes escolares previos, entre los mapas conceptuales y los DF. Entre las posibles causas de esta confusión podemos apuntar la semejanza gráfica existente entre ambas formas de representación o el deseo del alumnado de dar una respuesta a la pregunta. En cualquier caso este hecho nos ha de mantener alerta sobre la posible contaminación que puede inducir este conocimiento previo durante el proceso de aprendizaje acerca de los DF y sobre probables confusiones entre ambos sistemas de representación cuando se apliquen a lo largo de esta investigación o en otras situaciones escolares.
- La realización de la parte B del cuestionario resulta ser un buen instrumento para facilitar el aprendizaje espontáneo de la construcción de los DF como demuestran los resultados obtenidos en la pregunta 5, donde –tras media hora de estar trabajando en ellos, y durante la primera parte del cuestionario de forma indirecta– más del 50% de alumnos los construyen correctamente. Esta parte del cuestionario, es pues una herramienta favorecedora del aprendizaje sobre el proceso de construcción de los DF tal y como se pretendía al diseñarla.
- En la actividad “Coger el ascensor” parece oportuno concretar las cuestiones que va a emplear el profesor para trabajar esta actividad con el grupo clase y enlazarla con la siguiente “Construir diagramas de flujo”.
- En la actividad “En busca de procesos” puede introducirse una diferenciación del tipo de actuaciones en que se puede pensar atendiendo al lugar o ámbito en que se realizan.

- La actividad “Los primeros diagramas” no puede desarrollarse a partir de los procesos enunciados por el alumnado en la actividad anterior (“En busca de procesos”) si posteriormente ha de proponerse una construcción en grupo de algunos procedimientos. A diferencia de lo previsto inicialmente, ésta deberá ser una actividad a realizar en clase y sólo en caso de no poder terminarla se completará en casa.
- La mayor dificultad con que topan los alumnos al construir los DF es el dar sentido a la finalidad que tiene el rombo como forma de representación específica, con un significado y utilidad determinados dentro del DF. De los pocos errores que se dan en la aplicación del lenguaje de construcción de DF es el más frecuente.
- En el proceso de construcción de DF se produce una evolución, en forma de progresión positiva, muy favorable durante la segunda sesión cuando se trabaja mediante construcción grupal, dirigida por el profesor, la simbología y las reglas de construcción de los DF. Esta mejora alcanza su cota superior tras realizar una nueva construcción individual de DF –la segunda- y ponerla en común con otros dos compañeros para consensuar un único DF a partir de los elaborados individualmente.
- El programa de aprendizaje puede desprenderse de la actividad final de evaluación. Se evitaría así una repetición excesiva en un corto período de tiempo de tareas que supongan al alumno la construcción reiterada de DF. En realidad cuando el programa de aprendizaje se implemente en los grupos experimentales 1 y 3 se dispondrá de otras situaciones, relacionadas con el aprendizaje de procedimientos determinados, en que el alumnado tendrá que construir de nuevo DF. Nada impide pensar que esos mismos diagramas van a ser un instrumento útil de recogida de información no sólo sobre el conocimiento que se tiene del procedimiento, sino también sobre cómo se construyen los DF.

Como conclusión final podemos asegurar que no es necesario ampliar el período de formación en el uso de los DF, en cuanto el programa aplicado –durante tres sesiones de clase- se muestra eficaz para esta formación. En consecuencia puede emplearse, introduciendo las modificaciones apuntadas, en el procedimiento a seguir con los grupos experimentales.

8.3 PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES

El elevado número de procedimientos tecnológicos que son objeto de aprendizaje escolar durante la E.S.O. hace que su selección sea uno de los determinantes del diseño experimental de esta investigación. Esta reducción de contenidos obedece a la necesidad de ajustar los objetivos del estudio con las posibilidades y medios disponibles con que se cuenta para llevarlo a cabo.

Siendo el objetivo principal, como señalábamos en el preámbulo de esta segunda parte de la investigación, contrastar cómo varían el aprendizaje de los contenidos procedimentales en tecnología en función de las estrategias psicodidácticas empleadas y de los procesos cognitivos que éstas activan –y ello en un marco de investigación natural como es el que proporcionan las aulas- optamos por estudiar sólo dos procedimientos tecnológicos. Nuestra finalidad no es explorar los procesos de aprendizaje en todos los contenidos procedimentales del área. Pretendemos profundizar en los procesos de enseñanza/aprendizaje implicados en contenidos procedimentales característicos y representativos del área de Tecnología en la E.S.O. y determinar cómo varían, en los alumnos, los logros de aprendizaje en función de las estrategias didácticas empleadas.

Dada la trascendencia de esta fase del estudio elaboramos un sistema de selección desarrollado en tres momentos distintos que garantice una opción acertada, válida y acorde con los objetivos de la investigación. En el primero definimos las premisas que han de regir la selección, en el segundo concretamos varias propuestas o vías de selección y en el tercer momento efectuamos la elección.

Partiendo de la naturaleza y características del conocimiento procedimental, de los contenidos procedimentales propios del área de Tecnología y de la búsqueda del rigor científico necesario se establecen cuatro premisas, de forma que los contenidos procedimentales escogidos:

1. Serán los mismos para los cuatro grupos experimentales. La validez de las conclusiones obtenidas y las inferencias generalizadoras parten de la igualdad del objeto de estudio. Sería inviable tanto el contraste de los resultados como la científicidad del estudio en caso de operar con contenidos procedimentales diferentes en los grupos experimentales, dado que ello anularía cualquier tipo de comparación y contraste intergrupar.

2. Serán específicos del área de Tecnología de la ESO. El marco de la investigación (ver el eje curricular de la primera parte de la investigación, en especial el capítulo primero) se sitúa en esta área curricular y este nivel educativo. Marco que ciñe además de los contenidos los sujetos de estudio.
3. Serán dos: uno de carácter algorítmico y otro de carácter heurístico. Todas las clasificaciones de contenidos procedimentales presentadas en el segundo capítulo (tercer apartado) que se elaboran a partir de los rasgos característicos de los procedimientos establecen una categoría bipolar que distingue entre contenidos algorítmicos y heurísticos. Se trata del único criterio que aparece en todas ellas, mostrando así su relevancia dentro de la diferenciación tipológica de procedimientos. Tanto en el tipo de secuencia que determinan (única y lineal o múltiple y diversificada) como por el tipo de ejecución (cerrada o abierta) algoritmos y heurísticos conllevan conocimientos y procesos de aprendizaje distintos, circunstancia que nos acerca a la cuarta y última premisa.
4. Permitirán profundizar en el conocimiento sobre el aprendizaje procedimental. Aunque supuestamente este conocimiento ha de ser accesible con cualquier procedimiento estudiado es cierto, como señalábamos en los capítulos cuarto y quinto, que los estudios sobre el aprendizaje procedimental son relativamente escasos. En consecuencia habrá que descartar cualquier procedimiento que por su complejidad, su simplicidad, su escasa relevancia u otro motivo nos dificulte cumplir con esta premisa; y en cambio, nos decantará hacia aquellos que nos faciliten el estudio de cómo se produce su aprendizaje.

Aunque pueden diseñarse múltiples estrategias de selección de procedimientos nos hemos limitado a tres por cuanto ofrecen vías dispares, no sólo por el proceso a seguir, sino también por los criterios adoptados y por las personas que se ven implicadas en la toma de decisión final. Estas tres posibilidades o propuestas para la selección de procedimientos son, en cualquier caso, respetuosas con las premisas anteriores y representativas de otras fórmulas posibles.

PROPUESTA 1

Selección personal por parte de los investigadores a partir de sus propios intereses respetando, eso sí, criterios de significatividad; transversalidad; especificidad... u otros; o bien atendiendo a la importancia e interés que puedan tener los procedimientos para el desarrollo del área de Tecnología. Bajo

cualquiera de estos dos planteamientos y adoptando la clasificación de contenidos procedimentales del área de Tecnología (Carrera, 1999b) podrían considerarse procedimientos como la resolución de problemas tecnológicos, el diseño de objetos y construcciones, la realización de proyectos o la construcción de operadores sencillos.

PROPUESTA 2

Adopción de los contenidos propuestos por un grupo de expertos integrado por ocho o diez especialistas en educación tecnológica y concedores del currículum del área de Tecnología en Cataluña. La forma de recoger estos procedimientos puede hacerse, asimismo, por distintas vías.

- 1) Se da una lista de procedimientos a los expertos para que, individualmente, hagan una jerarquización según su propia estimación valorativa. La selección previa la hacen los investigadores escogiendo un número suficiente de procedimientos de forma que estén representadas todas las categorías de contenidos que configuran la tipología de contenidos procedimentales del área de Tecnología (Carrera 1996, 1999b)¹²⁵.
- 2) Se proporciona a cada experto la tipología de Carrera sobre los procedimientos propios del área (integrada por 56 procedimientos agrupados en 8 categorías distintas) y se le pide que seleccione un procedimiento de cada bloque para luego ordenarlos jerárquicamente según su importancia e interés.
- 3) Se formula a los expertos una única pregunta abierta. En ella se les requiere que, individualmente, hagan una lista de los 8 ó 10 procedimientos que crean más significativos del área, ordenándolos por orden de importancia.

En función de las asignaciones hechas por los expertos se obtiene un único listado donde aparecen, por orden de relevancia, los procedimientos significativos del área. Finalmente se seleccionan los primeros procedimientos que figuran en la relación.

¹²⁵ Podrían ser representativos de las distintas categorías los siguientes procedimientos. D1: Realización de construcciones complejas; D2: Análisis de objetos, máquinas y procesos; D3: Presentación de las propias realizaciones; D4: Aplicación de técnicas específicas; D1-D4: Modificación de variables para alterar resultados; D2-D3: Establecimiento de la secuencia de procesos; D1-D3-D4: Representación de objetos a escala; D1-D2-D3-D4: Resolución de problemas tecnológicos.

PROPUESTA 3

Se aplaza la selección previa de contenidos hasta que se entra en contacto con el profesorado colaborador. De esta forma los contenidos objeto de estudio serán los que figuren en la planificación curricular del área de los centros participantes en la investigación. La diversidad de proyectos curriculares de centro nos lleva a pensar que, a pesar del interés de esta tercera opción, pueden darse ciertas dificultades en el cumplimiento de la primera premisa.

No obstante, tras analizar la viabilidad de las tres propuestas, se opta por la tercera al considerarla la más idónea por los siguientes motivos.

- Se respeta el desarrollo de la secuencia de contenidos establecida en el proyecto curricular del área. Así, los contenidos no resultan artificiosos o adosados al currículum establecido en el centro sino que se trabaja con aquellos procedimientos que son objeto de aprendizaje en el crédito donde se realiza la experimentación.
- A pesar de que toda intervención experimental en el aula supone cierta distorsión de la actividad académica habitual, esta opción minimiza dichos efectos y nos aproxima a una situación más natural. La experimentación es así más ecológica y respetuosa con el quehacer diario del aula y con las situaciones habituales que en ellas se viven.
- Responde a una fórmula de intercambio, colaboración y beneficio mutuo entre investigadores y profesores. Los profesores ponen a disposición de los investigadores el grupo y los contenidos y éstos ofrecen a los primeros herramientas y estrategias innovadoras de enseñanza-aprendizaje de los contenidos procedimentales.
- Resulta especialmente operativa en cuanto promueve una mayor implicación del profesorado colaborador que ve cómo se toman como objeto de investigación cuestiones que le resultan cercanas y como puede, posteriormente, participar de forma activa en el desarrollo experimental a seguir.
- Se evita una selección artificiosa que pudiera derivar en la disponibilidad de una serie de contenidos relevantes (atendiendo a criterios perfectamente definidos)

pero que podrían estar temporizados en cursos distintos según el proyecto curricular del área en cada centro.

Prevalece, en síntesis, el criterio ecológico en una triple vertiente: la curricular, la psicodidáctica y la profesional. Situación natural en cuanto respeta los contenidos definidos y secuenciados en el proyecto curricular de los centros. Situación natural en cuanto articula procesos de aprendizaje procedimental minimizando la alteración de las condiciones de trabajo en el aula y la distorsión de la actividad de los alumnos. Y situación natural en cuanto implica directamente al profesorado en la realización de la experimentación.

Profesores	A	B	C	D	E	F	G
Años docencia	10	15	12	20	8	16	7
Docencia en Tecnología	5	4	6	4	7	9	7
IES Localidad	Almatà Balaguer	J.Vallverdú B.Blanques	Canigó Almacelles	Mª Rúbies Lleida	La Serra Mollerusa	Montsuar Lleida	Guindàvols Lleida
Grupos 1r curso ESO	2	3	2	4	2	2	1
Nº alumnos	28/26	23/24/23	20/25	22/23/25/26	21/24	24/25	20
Crédito(s) Común	Alimentación y textil	Medidas y Herramientas Análisis y Materiales	Herramientas y Materiales	Herramientas y Materiales	Informática	Tecnología 1	Tecnología 1
Contenidos Procedimentales	Análisis de información Evaluación aportaciones de la tecnología Identificación de materiales	Representación gráfica Análisis de objetos Identificación de materiales Herramientas de medida	Representación gráfica Análisis de objetos Identificación de materiales Herramientas de medida	Representación gráfica Análisis de objetos Identificación de materiales Herramientas de medida	Uso de software informático	Resolución de problemas técnicos Representación gráfica	Representación gráfica

Tabla 8.5 Datos empleados para la selección de contenidos y muestra

Habiendo optado por esta propuesta la elección final de los contenidos se efectúa tras contactar con el profesorado interesado en participar en la investigación¹²⁶. Los créditos comunes y variables que cada uno de ellos imparte en su centro durante el

¹²⁶ En el siguiente apartado se detalla el proceso de obtención de los sujetos integrantes de la investigación (profesorado y alumnado).

primer trimestre del curso 2000-2001, así como los principales contenidos procedimentales incluidos en dichos créditos son los detallados en la tabla 8.5.

Los contenidos procedimentales genéricos más reiterados son los de representación gráfica, identificación de materiales, uso de herramientas de medida y análisis de objetos. Cada uno de estos contenidos integra distintos contenidos procedimentales, más específicos, según se detalla en la tabla 8.6.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA	ANÁLISIS DE OBJETOS
<ul style="list-style-type: none"> • Representación diédrica: planta, alzado y perfil • Acotación de representaciones diédricas • Utilización de escalas • Obtención de medidas a partir de una representación a escala • Representación en perspectiva de objetos sencillos 	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción del objeto • Identificación de partes y componentes • Utilización del objeto • Descripción de su funcionamiento • Reconocimiento de funciones
IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES	USO DE HERRAMIENTAS DE MEDIDA
<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento de materiales • Verificación de propiedades • Búsqueda de materiales • Selección de materiales¹²⁷ • Exposición de la propia actividad 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de la regla, el flexómetro, el pie de rey y –en algún centro– el goniómetro • Medición de objetos reales • Medición en representaciones gráficas

Tabla 8.6 Contenidos procedimentales seleccionables

Llegados a este punto se adoptan los siguientes criterios para la selección definitiva de los procedimientos objeto de estudio.

1. Elección de un procedimiento algorítmico y uno heurístico, atendiendo a la tercera premisa (optar por ambos tipos de procedimientos).
2. Disponibilidad de centros y profesorado, de forma que con ello se cumpla con la primera (idénticos contenidos para los cuatro grupos experimentales) y segunda premisa (ser específicos del área de Tecnología).

¹²⁷ En realidad éste es un procedimiento más amplio y genérico que el de identificación de materiales, que está incluido en aquel. En la mayoría de diseños curriculares del área se trabaja primero con la identificación y reconocimiento de materiales y, posteriormente, se aplica este conocimiento en la selección de materiales para el diseño y construcción de operadores, objetos y sistemas tecnológicos diversos.

3. Representatividad y significatividad en el área de acuerdo con la segunda y cuarta premisa (relevancia de los contenidos en el área).
4. Confluencia temporal en cuanto sean contenidos impartidos en los distintos grupos experimentales durante el primer trimestre del curso 2000-2001, respetando así la primera premisa.

Aplicando estos criterios se opta por los procedimientos de uso del pie de rey y análisis de objetos. La selección tomada se justifica en la aplicación de los criterios anteriores y las siguientes argumentaciones.

Uso del pie de rey

- Es un procedimiento propio del área de tecnología que queda situado en la dimensión de “procedimientos tecnológicos simples” de la clasificación de contenidos procedimentales del área (Carrera, 1999b) que viene utilizándose en el estudio.
- Es de naturaleza totalmente algorítmica, pues la secuencia que requiere el procedimiento es poco flexible en el número de acciones que comporta y en el orden en que han de ejecutarse.
- Es un procedimiento desconocido para los alumnos según se desprende de la consulta a doce profesores del área y de la propia experiencia docente. No tienen conocimientos previos y menos aún cierto dominio en la utilización del pie de rey. A lo sumo algún alumno puede conocer el nombre de la herramienta y quizás su función, pero nunca hemos detectado casos de alumnos de 11-12 años que conocieran la forma de emplearlo.

Análisis de objetos

- Es un procedimiento específico y relevante del área de tecnología situado en la dimensión de “aplicación de habilidades cognitivas” de la clasificación de contenidos procedimentales del área de Carrera(1999b), donde aparece enunciado como “*análisis de objetos, máquinas y procesos*”.
- Esta significatividad se debe a que, a la vez que contenido es una metodología didáctica específica del área de tecnología que cuenta con variados planteamientos tal y como hemos expuesto en 3.4.2. Se trata de una

metodología poco investigada y referenciada en nuestro país, aunque habitual en las aulas y que requiere de nuestra atención, no tanto como método didáctico, sino como contenido nuclear del área¹²⁸.

- Es de naturaleza heurística, pues se trata de una actuación procedimental que puede desarrollarse con múltiples secuencias tanto por el tipo de acciones que conlleva como por el número de acciones que las conforman (variable en función de la experiencia de los alumnos en el análisis, la complejidad de los objetos, el tiempo disponible, el nivel de detalle y el conocimiento que desee obtenerse, u otros aspectos) o por el orden en que pueden ejecutarse dichas acciones.
- Este carácter heurístico conjuga con la especificidad demandada en la segunda premisa y con un tipo de actuación que comporta de acciones físicas y cognitivas diversas y que además permite la definición de estrategias didácticas basadas en situaciones de aprendizaje distintas.
- Es también un contenido novedoso para el alumnado que, en su escolarización previa puede haber aplicado variados procesos de análisis (gramatical, de obras artísticas, matemático, de estilos, etc...), aunque difícilmente habrá profundizado en el análisis de objetos tecnológicos.

8.4 SUJETOS

Diferenciamos, siguiendo el proceso de muestreo que define Fox (1981) entre la muestra inicial, formada por todos los individuos que conforman los grupos seleccionados; y la final, integrada por aquellos individuos que finalmente producen datos válidos para la investigación. La muestra inicial se obtiene a partir de un muestreo accidental o casual, técnica no probabilística según la tipología empleada por Amal y otros (1992), de forma que el criterio dominante es la accesibilidad a los individuos. La muestra final es fruto de la aplicación de unos criterios de selección de los sujetos participantes en función del seguimiento de la intervención y de los datos producidos. Los procesos seguidos para obtener ambas muestras se detallan a continuación.

¹²⁸ Contrasta la escasa atención que recibe esta metodología-contenido, dentro y fuera de nuestro país, frente a la de resolución de problemas tecnológicos o el método de proyectos. Éstas en cambio están ampliamente consideradas, como contenido y como método, y aparecen tratadas profusamente en la literatura (Fishwick, 1992; Porfirio, 1992; Banks, 1994; Gómez Isaza, 1996; Waks, 1997; Martinet y otros, 1997; Aguayo y Lama, 1998).

8.4.1 Muestra inicial

La selección de centros y grupos se efectúa en base a un grupo de profesores interesados en participar en la fase experimental de la investigación. El grupo está integrado por siete profesores con experiencia en el área que configuran el equipo de Tecnología del ICE de la Universidad de Lleida. Los años de experiencia como docente y de docencia en el área, así como los centros en que ejercen su labor profesional, quedan recogidos en la tabla 8.5.

Todos los centros son de titularidad pública y, aunque existen diferencias entre ellos, son mínimas en cuanto al tipo de alumnos que reciben y a los entornos socioculturales en que se encuentran situados. Son centros representativos de los Institutos de Educación Secundaria predominantes en las comarcas de Lleida: centros situados en capitales comarcales o bien en los barrios de la ciudad.

La selección de la muestra tiene lugar durante los meses de julio y setiembre de 2000 tras recabar la siguiente información a cada uno de los profesores participantes: créditos comunes a impartir en su centro y contenidos procedimentales que van a trabajarse con mayor profundidad en el crédito (datos recogidos en la tabla 8.5). Tras vaciar los datos ofrecidos por el profesorado se buscan cuáles son los procedimientos que imparten al menos dos de ellos. Profesores que, además han de tener asignados dos o más grupos de primer curso del primer ciclo de la ESO. También se considera la asignación horaria de los distintos grupos a fin de evitar solapamientos que impidan al investigador estar presente en el mayor número de sesiones posibles.

Junto a estos criterios la selección final de profesores, que ha de propiciar la obtención de la muestra, responde también a criterios de oportunidad y operatividad en relación a los contenidos procedimentales objeto de estudio. Son los contenidos específicos que van a trabajarse durante el primer trimestre del curso 2000-2001 con alumnos de primer curso de la ESO los que determinan finalmente los profesores, centros y grupos participantes en la experimentación. La obtención de estos procedimientos (utilización del pie de rey y análisis de objetos) se describe en el apartado anterior. Los centros, profesores y grupos que finalmente participan en la experimentación son los que figuran en la tabla 8.5.

La asignación de los grupos y profesores a cada uno de los cuatro grupos experimentales se hace atendiendo al tipo de estrategias didácticas que emplea

habitualmente cada profesor en el aula y a la conjunción de éstas con los diseños instruccionales definidos para cada uno de los grupos experimentales.

Las estrategias de modelado (grupos experimentales 3 y 4) requieren de un profesorado habituado al empleo de un modelo de enseñanza basado en la transmisión de conocimientos y la ejercitación de estos conocimientos cuando se trata de contenidos procedimentales. Al mismo tiempo ha de ser abierto al empleo de soportes didácticos auxiliares en metodologías que, desde una transmisión oral, promueven la participación activa del alumnado en su proceso de aprendizaje, aunque no desde una perspectiva psicológica constructivista sino de corte más conductual.

En cambio las estrategias de construcción (grupos experimentales 1 y 2) han de contar con un profesorado habituado a la innovación educativa en su quehacer docente y preocupado por los procesos de aprendizajes significativos y constructivos de los alumnos en actividades de aula individuales y/o grupales.

Tomando en consideración estos perfiles, descritos exhaustivamente en los capítulos quinto y sexto, se asignan al profesor A las intervenciones de modelado y al B las de construcción. De todos los grupos en que imparten docencia según presentábamos en la tabla 8.5 se seleccionan aquellos que, por horarios asignados, permiten la mayor presencia posible del investigador -como observador no participante- en las sesiones experimentales. Son los grupos A y B de primero de ESO en el caso del profesor A y de los grupos B y D del profesor B; todos ellos grupos académicamente heterogéneos, de acuerdo con las agrupaciones efectuadas en los respectivos centros. Con esta elección sólo se produce solapamiento en una sesión semanal. La distribución de cada uno de estos grupos a un grupo experimental se hace aleatoriamente mediante extracción al azar. Las tablas 8.7 y 8.8 recogen los datos de los grupos experimentales finalmente seleccionados.

Centro	Profesor	Grupo escolar	Nº alumnos	Grupo experimental
IES J.Vallverdú. Borges Blanques	A	1 A	23	3
		1 B	24	4
IES M ^a Rúbies (Lleida)	B	1 B	22	2
		1 D	26	1

Tabla 8.7 Centros y grupos participantes en la investigación

Alumnos		Grupo experimental 1	Grupo experimental 2	Grupo experimental 3	Grupo experimental 4
Nº total		26	22	23	24
Género	Masculino	13 (50%)	13 (59%)	13 (56%)	12 (50%)
	Femenino	13 (50%)	9 (41%)	10 (44%)	12 (50%)
Edad	11 años	3 (11%)	4 (18%)	4 (17%)	4 (17%)
	12 años	22 (85%)	18 (82%)	18 (79%)	19 (79%)
	13 años	1 (4%)	-	1 (4%)	1 (4%)

Tabla 8.8 Características de los grupos experimentales

Son grupos heterogéneos y similares, aunque no idénticos, en cuanto a su composición por número de sujetos, género y edad de los mismos. La mayor variación se da en relación con el grupo experimental 2 con el menor número de sujetos, 22; siendo a su vez el grupo que tiene el menor porcentaje y número absoluto de chicas en el grupo. Resulta poco significativa la presencia en tres de los grupos experimentales de un sujeto con 13 años de edad, causada en todos los casos por la permanencia de un curso escolar de más en el ciclo superior de educación primaria.

La muestra inicial obtenida responde a los objetivos y al marco teórico de la investigación y a las opciones metodológicas adoptadas en la fase experimental.

8.4.2 Muestra final

La muestra que participa inicialmente en la investigación queda reducida a un número inferior de sujetos, que son los productores de datos válidos para el estudio. La obtención de esta muestra definitiva está sujeta a la aplicación de una serie de criterios objetivos de selección de sujetos que se aplican por un igual a los cuatro grupos experimentales. Los criterios definidos y empleados son los siguientes.

Primer criterio

Haber participado en la fase de detección de conocimientos previos y haber realizado las pruebas correspondientes sobre DF y sobre los dos procedimientos objeto de estudio.

<p>Segundo criterio</p>	<p>Haber participado en la fase de evaluación de aprendizajes al finalizar la cuarta fase de aplicación de las estrategias didácticas específicas y haber participado en la fase sexta de detección de la perdurabilidad de los aprendizajes. En ambos casos se dispone de las producciones de los alumnos sobre los procedimientos A y B y, en los sujetos de los grupos experimentales 1 y 3 los DF construidos.</p>
<p>Tercer criterio</p>	<p>Asistencia a todas las sesiones o haber faltado a un máximo de dos clases durante el desarrollo de la cuarta fase. Esta asistencia está referida a todas las sesiones sin diferenciar entre las correspondientes al procedimiento A o al B.</p>
<p>Cuarto criterio</p>	<p>Disponer de todos los sujetos que cumplan los criterios 1, 2 y 3 de las siguientes producciones de aula.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento declarativo 1 sobre el uso del pie de rey. • Ejercicio de medidas 1 con el pie de rey (individual en situación grupal). • Conocimiento declarativo 2 sobre el uso del pie de rey. • Ejercicio de medidas 2 con el pie de rey (individual). • Conocimiento declarativo 1 sobre el análisis de objetos tecnológicos. • Análisis del primer objeto tecnológico: tijeras escolares (por parejas). • Conocimiento declarativo 2 sobre el análisis de objetos tecnológicos. • Análisis del segundo objeto tecnológico: abrelatas (individual).

Una aplicación estricta de este cuarto criterio comporta una elevada pérdida de sujetos reduciendo la muestra a 9, 8, 10 y 8 sujetos, respectivamente, cada uno de los cuatro grupos experimentales definidos. En consecuencia se opta por aplicar el cuarto criterio diferenciando entre las producciones referidas al procedimiento "Uso del pie de rey" y las referidas al "Análisis de objetos tecnológicos. Se obtiene así una muestra más amplia según se detalla en la tabla 8.9.

A pesar de ello puede apreciarse en dicha tabla que la mayor exclusión de sujetos experimentales se produce en la aplicación de este cuarto criterio. Porcentualmente su aplicación comporta la pérdida de entre el 25 y el 50% de la muestra inicial según el

grupo experimental. Este porcentaje se mantiene en términos similares, entre el 22 y el 43%, si se calcula con los sujetos restantes de la aplicación de los tres primeros criterios.

Grupo experimental	(1) C con DF	(2) C sin DF	(3) M con DF	(4) M sin DF	Total
Muestra inicial	26	22	24	23	95
Aplicación 1r,2º y 3r criterio	17	18	21	15	71
Aplicación 4º criterio en "uso pie de rey"	13 (6-7) ¹²⁹	13 (5-8)	18 (8-10)	13 (7-6)	57
Aplicación 4º criterio en "análisis de objetos"	13 (4-9)	14 (5-9)	12 (5-7)	11(4-7)	50

Tabla 8.9 Obtención de la muestra definitiva

La elevada pérdida de sujetos, en términos absolutos, se explica por la estricta aplicación de los criterios adoptados y por otras causas externas a la definición experimental. Entre éstas destacamos el cambio de sujetos integrantes de los grupos que se produce –una vez iniciada la experimentación– por motivos internos del centro. Recordemos que la experimentación tiene lugar durante el inicio de curso, momento en que las asignaciones a grupos no son siempre definitivas.

8.5 PROCEDIMIENTO E INSTRUMENTOS UTILIZADOS ANTES DE LA INTERVENCIÓN (FASES 1,2 Y 3), DURANTE LA INTERVENCIÓN (FASE 4) Y POSTINTERVENCIÓN (FASES 5 Y 6)

El procedimiento seguido en la experimentación transcurre por seis fases distintas en el período comprendido entre el 15 de setiembre de 2000 y el 19 de abril de 2001. La tabla 8.10 muestra la secuencia en que se desarrollan las seis fases del procedimiento, concretándola para cada uno de los grupos experimentales. Diferenciamos estas seis fases -con relación a la intervención- según el momento temporal en que se desarrollan y la función que les es propia. Así las tres primeras

¹²⁹ Se indica entre paréntesis el número de chicos, en primer lugar, y de chicas, en segundo lugar, dentro del total de sujetos del grupo.

fases, previas a la intervención, son esenciales para que ésta pueda desarrollarse según las estrategias definidas para cada grupo experimental. La cuarta fase, estrictamente de intervención con el alumnado, es el momento central y nuclear de la intervención en que tiene lugar la aplicación de las estrategias psicodidácticas diseñadas. Las fases quinta y sexta, posteriores a la intervención, permiten evaluar los aprendizajes del alumnado en los procedimientos objeto de estudio.

FASES		GRUPOS EXPERIMENTALES			
		(1) C con DF	(2) C sin DF	(3) M con DF	(4) M sin DF
1ª	Preparación del profesorado	Según estrategia didáctica a emplear	Según estrategia didáctica a emplear	Según estrategia didáctica a emplear	Según estrategia didáctica a emplear
2ª	Detección conocimientos previos DF y procedimientos A y B	Idéntica para todos los grupos			
3ª	Formación práctica en DF	Según diseño específico	No se desarrolla	Según diseño específico	No se desarrolla
4ª	Aplicación de estrategias de intervención específicas	Basada en el constructivismo y uso de los DF	Basada en el constructivismo sin empleo de los DF	Basada en el modelado y uso de los DF	Basada en el modelado sin empleo de los DF
5ª	Evaluación de aprendizajes sobre DF y procedimientos A y B	Idéntica para todos los grupos. Mediante ejecución de procedimientos y descripción/representación del conocimiento procedimental			
6ª	Seguimiento de aprendizajes sobre DF y procedimientos A y B	Idéntica para todos los grupos. Mediante ejecución de procedimientos y descripción/representación del conocimiento procedimental			

Tabla 8. 10 Fases de la experimentación

En la tabla 8.11 aparece detallado el número de sesiones empleadas en cada una de las seis fases por cada grupo experimental, junto con el período temporal en que tuvieron lugar.

FASES		GRUPOS EXPERIMENTALES			
		(1) C con DF	(2) C sin DF	(3) M con DF	(4) M sin DF
1ª	Preparación del profesorado	1 ¹³⁰	1	1	1
2ª	Detección conocimientos previos DF y procedimientos A y B	2 (9-16/10/00)	1 (10/10/00)	2 (3-5/10/00)	1 (6/10/00)
3ª	Formación práctica en DF	2 (19-23/10/00)	—	2 (9-10/10/00)	—
4ª	Aplicación de estrategias de intervención específicas	14 (26/10/00 al 14/12/00)	14 (17/10/00 al 5/12/00)	12 (11/10/00 al 8/11/00)	12 (9/10/00 al 6/11/00)
5ª	Evaluación de aprendizajes sobre DF y procedimientos A y B	1 (18/12/00)	1 (12/12/00)	1 (13/11/00)	1 (13/11/00)
6ª	Seguimiento de aprendizajes sobre DF y procedimientos A y B	1 (19/04/01)	1 (19/04/01)	1 (13/03/01)	1 (8/03/01)

Tabla 8.11 Temporización de la experimentación

Cada una de estas fases aparece desarrollada con detalle en los siguientes subapartados. En ellos se describen y presentan todos los instrumentos diseñados y empleados en la intervención en los centros de enseñanza secundaria.

8.5.1 Preparación de los profesores participantes (1ª fase)

La formación - que como preparación se imparte separadamente a los dos profesores colaboradores- tiene distintas finalidades que trazan, a su vez, los contenidos que en ella van a tratarse.

- Situar su participación en el marco global de la investigación y de los objetivos que ésta persigue.

¹³⁰ Consultar apartado 8.5.1

- Dar a conocer la estrategia didáctica diseñada que han de seguir durante la experimentación, tanto en la implementación del programa de aprendizaje sobre DF como en la aplicación de estrategias didácticas específicas para el aprendizaje procedimental.
- Completar cada estrategia con el profesor implicado ajustándola al tratamiento de contenidos previsto en su programación curricular y a su propio quehacer docente.
- Clarificar cualquier tipo de duda que surja sobre su actuación en el aula, sobre los materiales diseñados o acerca de otros aspectos relacionados con su colaboración.
- Consensuar las fechas de las sesiones de intervención en el aula respetando los horarios asignados al grupo y encajándolas en la temporización general de la fase experimental.
- Presentar y acordar las pruebas de evaluación que van a emplearse, en la quinta y sexta fase, para evaluar los aprendizajes de los procedimientos A y B.

La preparación transcurre en dos períodos diferenciados. Uno inicial -antes de dar comienzo la segunda fase experimental- y otro de formación en la intervención que tiene lugar durante la cuarta fase, durante la aplicación de las estrategias didácticas en cada grupo experimental. Toda la formación se realiza de forma individualizada a fin de evitar posibles contaminaciones en la implementación de las intervenciones. Con el mismo objetivo sólo se proporciona a cada profesor la información necesaria para la aplicación de sus estrategias, evitando dar ningún tipo de explicación sobre la actividad desarrollada por el otro profesor.

La preparación inicial se desarrolla en una sesión única de cuatro horas de duración. En ella se revisa el planteamiento y los objetivos de la investigación, la secuencia temporal del procedimiento experimental, se concreta el procedimiento a seguir en la segunda fase y se trabaja en profundidad el programa de aprendizaje sobre los diagramas de flujo (correspondiente a la tercera fase de la experimentación). También se caracterizan las estrategias didácticas que cada profesor tendrá que aplicar con sus dos grupos experimentales.

Se les proporcionan todos los materiales que van a emplearse en la aplicación del programa de aprendizaje sobre la construcción de diagramas de flujo (idénticos para los grupos experimentales 1 y 3). También se les proporciona los primeros materiales auxiliares diseñados para la aplicación de las respectivas estrategias didácticas a fin de que sean revisados y corregidos para adecuarlos –en cuestiones de detalle- al grupo de alumnos. Se les explicita cuáles serán los materiales producidos por los alumnos que van a recogerse para su posterior tratamiento analítico. Y se les comunica que las clases en que se desarrolle la estrategia didáctica específica (quinta fase) serán grabadas en vídeo.

Se les informa que una vez concluya la fase experimental y se analicen los datos se les van a proporcionar los resultados obtenidos en sus grupos. Asimismo una vez concluya la investigación y su defensa se les va a proporcionar amplia información sobre todo el estudio, especialmente de todas aquellas cuestiones que pueden tener aplicabilidad en el aula y de aquellos aspectos teóricos que sean de su interés.

La formación en la intervención tiene lugar desde el inicio de la actividad experimental con los alumnos hasta la finalización de la aplicación de las estrategias didácticas en la cuarta fase del procedimiento. Esta formación responde a una función de regulación de toda la actuación con los grupos experimentales y persigue la adecuación de las estrategias según su incidencia en cada uno de ellos. Su duración varía según las necesidades surgidas en cada momento, pero se establece una sistemática de trabajo con dos actuaciones bien diferenciadas. Con cada grupo antes de iniciar las clases y al finalizarlas se revisan, analizan y/o comentan las actividades que en ellas se realizan. Se completa esta tarea formativa con encuentros semanales de, aproximadamente, una hora de duración para profundizar en la preparación y revisión de las sesiones. Los intercambios de impresiones sobre el desarrollo de la experimentación en cada grupo, el ajuste de las sesiones de trabajo y la resolución de las incidencias que se producen en el día a día forman parte de las tareas ligadas a cada sesión de clase. En cambio la valoración más reflexiva y pormenorizada tiene lugar durante las reuniones semanales¹³¹. Son sesiones éstas en que también se analiza la evolución de los aprendizajes; se estudian los materiales producidos por el alumnado con motivo de la expresión del conocimiento declarativo sobre el procedimiento o de su ejecución; se completan o retocan los recursos materiales que

¹³¹ Ocasionalmente estas sesiones no se realizan. Esta situación se produce cuando la experimentación transcurre según la planificación inicial y cuando el tiempo posterior o anterior a las clases es suficiente para regular el proceso.

dan soporte a las actividades (fichas, guiones, transparencias) y se adecuan según las necesidades detectadas. Todas estas regulaciones tienen siempre lugar respetando los planteamientos y objetivos establecidos para este estudio.

8.5.2 Detección de los conocimientos previos del alumnado en los procedimientos objeto de estudio (2ª fase)

Se realiza una doble detección de conocimientos previos. La primera referida a los conocimientos previos que los alumnos puedan tener sobre los diagramas de flujo y su uso. La segunda acerca de los conocimientos, declarativo y procedimental, de los sujetos experimentales sobre los contenidos procedimentales adoptados en el estudio.

La detección de conocimientos previos sobre los DF se hace mediante la pasación de un cuestionario –una vez iniciado el crédito en que se desarrolla la experimentación– que explora:

1. El grado de conocimiento que tienen los alumnos sobre los DF: su nombre, su función y posibles usos.
2. La interpretación que hacen de las reglas de construcción de los diagramas a partir de un ejemplo concreto: sacar punta a un lápiz.
3. El uso y aplicación de dichas reglas en la construcción de un DF concreto.

Este cuestionario experimentado en un estudio piloto durante el curso 1999-2000 (ver 8.2) consta de dos partes distintas. Su pasación requiere de aproximadamente 45 minutos y se hace en una única sesión de clase. El cuestionario se pasa a todos los grupos experimentales, incluidos aquellos que posteriormente no van a emplear este sistema de representación gráfica del conocimiento procedimental.

Se presenta a los alumnos como una actividad de exploración de sus conocimientos sobre formas de comunicación y representación gráfica. Se desvincula la actividad de cualquier tipo de incidencia en los resultados académicos del crédito y se crea un ambiente distendido y natural. Se da una consigna clara: la necesidad de realizar el trabajo individualmente para comprobar el conocimiento de cada sujeto y evitar la contaminación de los resultados obtenidos.

La primera parte del cuestionario (anexo 8.6) cuenta con seis ítems en cuya respuesta se invierte un máximo de quince minutos. Se asigna este tiempo sin llegar a generar tensión en los alumnos y actuando con flexibilidad si es necesario. Según los alumnos van finalizando, y entregando, la primera parte del cuestionario se les proporciona la segunda que cuenta con cuatro ítems de respuesta escrita y un ítem de representación del proceso de lavarse los dientes mediante DF. El tiempo máximo en esta parte del cuestionario es de treinta minutos.

La detección de conocimientos previos sobre los contenidos objeto de experimentación se realiza mediante la pasación de un cuestionario que consta de dos partes. En ellas se exploran cuáles son los conocimientos que el alumnado tiene sobre el uso del pie de rey como instrumento de medida, y sobre el análisis de objetos.

La primera parte (anexo 8.7) consta de un ítem de reconocimiento de estos instrumentos de medida: regla, micrómetro, cinta métrica o flexómetro, escuadra, goniómetro y pie de rey; algunos de los cuales se van a trabajar en el crédito. Siguiendo este orden se van presentando al grupo con un tiempo de respuesta de 20" para cada herramienta. En los ítems segundo, tercero y cuarto se detecta el conocimiento procedimental que tienen los alumnos en el uso de algunas de estas herramientas. Se les pide que midan el ancho, la altura y el grosor de la hoja que contiene el cuestionario utilizando, respectivamente, la regla, el flexómetro y el pie de rey. El quinto y último ítem pide a los alumnos que describan con detalle cómo han efectuado esta última medición. El tiempo necesario para dar respuesta a esta parte del cuestionario es de unos 15 minutos.

La segunda parte se entrega conforme los alumnos concluyen la primera. En ella (anexo 8.8) se incluyen tres ítems que buscan detectar si el alumno sabe qué significa analizar un objeto tecnológico, si sabe cómo se hace (conocimiento declarativo) y si sabe hacerlo (conocimiento procedimental) cuando se le pone en situación de analizar un objeto simple. El objeto que se le pide que analice es el bolígrafo que están empleando para responder al cuestionario o bien que guardan en su estuche.

Durante la pasación de la prueba no se les proporciona ningún tipo de indicación que precise en qué consiste el análisis tecnológico de objetos y sólo se les indica que el resultado de su análisis lo han de expresar por escrito en la hoja que se les proporciona a tal efecto.

8.5.3 Formación práctica del alumnado, grupos experimentales 1 y 3, en diagramas de flujo (3ª fase)

Tomando en consideración las conclusiones obtenidas del estudio piloto (ver 8.2.3), el programa de aprendizaje definitivo que va a aplicarse en los grupos experimentales 1 (Construcción con Diagramas de Flujo) y 3 (Uso de Diagramas de Flujo) tiene como finalidad lograr en el alumnado la comprensión y dominio -sin esperar llegar a formar expertos- del proceso que ha de seguirse para construir un DF.

La formación diseñada no recurre a la estrategia, empleada con frecuencia, de presentar la información (en este caso simbología y reglas de construcción de los DF) y realizar distintas actividades que faciliten la familiarización y dominio del proceso. Sino que se elabora una secuencia didáctica que permite adquirir, constructiva y en algunos momentos cooperativamente, los conocimientos necesarios para la elaboración de los DF.

El programa consta de una secuencia didáctica en base a actividades iniciales y de desarrollo durante tres sesiones de clase de 50' cada una. Previamente se detecta cuál es el conocimiento que tienen los alumnos sobre los DF en una actividad diagnóstica inicial según se detalla más adelante. Tras esta actividad de evaluación inicial se prosigue con una actividad de iniciación que supone el primer contacto del alumno con los DF tras la actividad exploratoria inicial. Le siguen distintas actividades de desarrollo que, enlazadas entre sí, permiten al alumno y gracias a la actividad individual y colectiva la aprehensión del método que se sigue en la construcción de los DF.

Momento de aprendizaje	Actividades	Tiempo estimado
Conocimientos previos	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Cuestionario inicial. Parte A ◆ Cuestionario inicial. Parte B 	45'
Iniciación	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Coger el ascensor 	15'
Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Construir diagramas de flujo 	20'
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ En busca de procesos 	15'
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Los primeros diagramas 	20'
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Completamos los diagramas 	30'

Tabla 8.12 Secuencia didáctica del programa de aprendizaje sobre DF

La tabla anterior recoge las actividades que incluye el programa de aprendizaje con una indicación del tiempo estimado para cada una de ellas y el momento de

aprendizaje en que se desarrollan. Posteriormente se describen cada una de estas actividades.

Cuestionario de conocimientos previos

1ª sesión

45'

La prueba de detección de conocimientos previos consiste en la pasación de un cuestionario de conocimientos previos que tiene dos partes bien diferenciadas (anexo 8.6) y que requiere una dedicación cercana a los 45'.

En la primera se indaga el conocimiento que tienen los alumnos sobre los DF a partir de seis ítems distintos, en un tiempo aproximado de 15 minutos. Una vez se ha dado respuesta y entregado esta parte del cuestionario se le entrega al alumnado la segunda parte recogida en el mismo anexo. En ella los alumnos responden a cuatro cuestiones observando cómo se ha representado en un DF una operación habitual en los escolares, sacar punta a un lapicero. Tras responder a las preguntas se le pide que construyan un diagrama de flujo que represente las acciones que llevan a cabo cuando se lavan los dientes.

Coger el ascensor

2ª sesión

15'

Se inicia la actividad con la presentación de un diagrama que representa un proceso habitual para el grupo de alumnos. En este caso coger un ascensor (diagrama representado en el anexo 8.3). El DF se tiene representado en una transparencia y se proyecta con un retroproyector. A los alumnos se les da una hoja donde figura el mismo diagrama. Antes de presentar el diagrama no se da ninguna explicación de lo que se pretende con la actividad.

A partir de la observación inicial que hacen los alumnos se les pide que analicen y reflexionen sobre la representación. El profesor facilitará el proceso mediante una serie de preguntas clave. Con ellas se orienta el análisis que permite obtener un conocimiento preciso sobre la construcción de los DF, finalidad última de esta actividad enlazada con la primera actividad de desarrollo. Las preguntas clave son:

- ¿Qué se explica en el diagrama?
- ¿Cómo lo hace?
- ¿Qué elementos utiliza?
- ¿Qué representan, significan o quieren expresar cada uno de ellos?

- ¿Cómo harías para construir un diagrama de flujo que representara qué debe hacerse para grabar una cinta de vídeo o cualquier otro proceso?

Construir Diagramas de Flujo

2ª sesión

20'

Dando continuidad a la actividad anterior se elabora entre todo el grupo una tabla donde se incluyen dos apartados: símbolos empleados en los DF y su significado y reglas de construcción de estos diagramas. La tabla dibujada (anexo 8.4) en la pizarra se presenta vacía en el reverso de la hoja donde se representa el proceso de coger un ascensor (anexo 8.3).

El objetivo de esta actividad es llegar a definir colectivamente (con la participación de todo el grupo clase) los elementos mínimos necesarios para construir los DF. En cualquier caso el resultado de la actividad ha de contemplar, como mínimo, los siguientes puntos. Aunque no es necesario que los enunciados construidos por el grupo coincidan literalmente con los que aquí se exponen.

CONSTRUCCIÓN DE DIAGRAMAS DE FLUJO	
SÍMBOLOS	SIGNIFICADO
• Elipse	Inicio o final del proceso.
• Rectángulo	Acción a realizar.
• Rombo	Pregunta: momento de decidir entre dos alternativas.
• Línea	Unión de los símbolos anteriores.
• Flecha	Indicación de la dirección del proceso.
REGLAS DE CONSTRUCCIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Concretar el objetivo del proceso. • Pensar en los pasos que han de darse para llegar al objetivo. • Pensar en los momentos en que puede optarse por más de un camino. • Recoger ordenadamente todos los pasos del proceso. • Revisar el diagrama y, si es necesario, modificarlo. 	

Tabla 8. 13 Simbología y reglas para la construcción de DF

 En busca de procesos

2ª sesión

15'

Se aplica la técnica del “torbellino de ideas” con todo el grupo clase. El objetivo es obtener situaciones que puedan representarse mediante diagramas de flujo y que el alumnado perciba la cantidad de situaciones, cotidianas o no, que pueden ser enunciadas con este sistema de representación gráfica.

La consigna que se da al grupo es que han de pensar en todo tipo de situaciones, tanto escolares como extraescolares, que tengan una secuencia de desarrollo ya sea simple o compleja, con pocos o muchos pasos, de fácil o difícil ejecución. Dichas situaciones las van apuntando en el cuaderno para una posterior puesta en común. Se les explica el funcionamiento de la técnica y la necesidad de respetar todo tipo de propuestas. Tras el trabajo individual se recogen en la pizarra todas las situaciones encontradas.

 Los primeros diagramas

3ª sesión

20'

Esta actividad inicia la tercera sesión del programa de aprendizaje. Se reparte a cada alumno un procedimiento para que elabore su secuencia mediante DF en unos 20'. Cada procedimiento se reparte a tres alumnos con el fin de poder realizar la siguiente actividad en grupos reducidos.

Los procedimientos repartidos, en hojas de distintos colores, son los mismos que los empleados en el estudio piloto (sumar con una calculadora, serrar una madera con un serrucho, unir dos maderas con clavos, dibujar, recortar un dibujo con tijeras, ver una película de vídeo en casa, pasear al perro). En la presentación de la actividad se relacionarán las situaciones que se les presentan con las detectadas por ellos mismos en la actividad “En busca de procesos”.

 Completamos los diagramas

3ª sesión

30'

Se agrupan los alumnos que han secuenciado un mismo procedimiento formando tantos grupos de tres alumnos como sean necesarios. El grupo, a partir de las aportaciones individuales, elabora un DF único lo más completo posible. El profesor supervisa la actividad proporcionando orientaciones y guiando el proceso de trabajo. Todo el material (individual y del grupo) se entrega al finalizar la actividad.