



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Tesis doctoral

"NO TENGO PALABRAS PARA DECIRLO"
O
EL ROL DE LOS DIAGRAMAS EN LA RESOLUCIÓN MENTAL DE
SISTEMAS ARTIFICIALES REALES
EN PROYECTOS

realizada por
Christian A. Estay Niculcar

dirigida por
Jaume Blasco i Font de Rubinat

DEPARTAMENT DE PROJECTES A L'ENGINYERIA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Barcelona – España
- Julio 2001 -

"NO TENGO PALABRAS PARA DECIRLO"
O
EL ROL DE LOS DIAGRAMAS EN LA RESOLUCIÓN
MENTAL DE SISTEMAS ARTIFICIALES REALES
EN PROYECTOS

Tesis doctoral
presentada por
Christian A. Estay Niculcar
para la obtención del grado de
Doctor por la Universitat Politècnica de Catalunya

dirigida por
Jaume Blasco i Font de Rubinat

DEPARTAMENT DE PROJECTES A L'ENGINYERIA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Barcelona – España
- Julio 2001 -

Universitat Politècnica de Catalunya
Barcelona-España

Resumen

"NO TENGO PALABRAS PARA DECIRLO" O EL ROL DE LOS DIAGRAMAS EN LA RESOLUCIÓN MENTAL DE SISTEMAS ARTIFICIALES REALES EN PROYECTOS

por *Christian A. Estay Niculcar*

La tesis que aquí se expone gira en torno a la cuestión de la construcción de la realidad. En particular, en el ámbito de la ingeniería, esta construcción tiene que ver con sistemas artificiales que emergen como realidades cognoscitivas y materiales gracias al empleo de diagramas.

El objetivo de la tesis es profundizar en la forma cómo se conoce en ingeniería empleando una perspectiva de Teoría del Conocimiento. Esto ha significado recurrir, por una parte, a la epistemología del conocer de Humberto Maturana y, por otra parte, a la semiótica desde la perspectiva de Peirce.

Este basamento conceptual se aplica sobre un discurso donde se usan los conceptos de proyecto, proceso de resolución mental y diagrama.

Tomando como punto de partida que Proyecto es un sistema de sistemas y un proceso cognoscitivo de resolución de problemas, dentro de él se distingue el proceso de resolución mental. El proceso de resolución mental es el sitio donde nacen las soluciones a un conflicto y donde se manifiesta el hacer creador del proyectista.

Como parte del proceder de la resolución mental, el lenguaje se muestra como una herramienta para el proyectista en el proceso de creación de soluciones. Gracias a esto se presenta el proceso de resolución mental como una operación de distinción, en los términos de Maturana, donde el lenguaje, como sistema de signos, es la base del conocer y el construir realidades.

Por su parte, los diagramas son analizados lingüísticamente y semióticamente. Lingüísticamente en tanto, según Humberto Maturana, son un medio para describir la realidad '(objetiva)' dentro de operaciones de distinción. Semióticamente conforme, parte de un proceso de resolución mental compuesto de varias operaciones de distinción, permiten representar una realidad.

De esta manera, a través de un proceso de investigación constituido por varios elementos metodológicos sustentados en un paradigma de bases sistémica, post-positivista y post-racionalista, el resultado obtenido es una organización del conocimiento sobre sistemas artificiales reales.

Esta organización del conocimiento es, primero, una fundación teórica que explica el proceso de resolución mental en ingeniería y, segundo, la definición formal de un conjunto de relaciones que permiten diagramar técnicamente los intereses que los usuarios tienen respecto de un sistema artificial real a partir de sus características.

De esta manera la tesis presenta dos aportaciones al campo de la Ingeniería de Proyectos.

La primera aportación es de índole teórica. Se ofrece una fundación teórica para la Teoría de Proyectos de Ingeniería al elaborar una explicación desde la Teoría del Conocimiento del proceso de resolución mental que se manifiesta en los proyectos de ingeniería. Esta elaboración se basa en una explicación cognoscitiva del proceso de resolución mental dentro de la cual se contextualizan los diagramas como medio de conocer y construir sistemas artificiales reales.

La segunda aportación es de índole aplicada. Se ofrece un instrumento que sustenta el punto de vista desarrollado desde la Teoría del Conocimiento, para hacer frente al problema de interpretación que ocurre en el proceso de resolución mental. En este sentido, este instrumento muestra al proyectista, primero, un repertorio de intereses sobre las externalidades de los sistemas artificiales reales acercando y haciendo conocido al proyectista el mundo y el lenguaje de los intereses de los usuarios y, segundo, una tipología de diagramas de ingeniería que permite representar tales intereses en el lenguaje diagramático de proyectos como características técnicas para un sistema artificial real.

Palabras clave: diagrama, epistemología del conocer, semiótica, sistema artificial real, sistema de información, teoría del conocimiento, teoría de proyectos.

Christian A. Estay Niculcar

"No tengo palabras para decirlo" o el rol de los diagramas en la resolución mental de sistemas artificiales reales en proyectos

Departament de Projectes a l'Enginyeria

Universitat Politècnica de Catalunya

Diagonal 647, planta 10, ETSEIB

08028

Barcelona, España

Fono

Fax 34+93+ 401 66 47

m@il 34+93+ 334 02 55

URL: <http://www-etseib.upc.es/dep/pe/736pe.html>

Autor

m@il: cestay@terra.es

AGRADECIMIENTOS

A Pamela, por todo su apoyo, comprensión
y lealtad
A Karina y Elena, por su energía
A mis padres
A mi familia.

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and flourishes, likely representing the author's name.

AGRADECIMIENTOS

A Jaume Blasco, por compartir y hacerme partícipe de su proyecto, por darme siempre el tiempo que fuese necesario para discutir y conversar sobre lo humano y lo divino, por su comprensión y ayuda justo allí donde la experiencia doctoral lo requiere y, sencillamente por esas sesiones de trabajo siempre gratificantes, motivadores, enriquecedoras y generadoras de interrogantes nuevas.

A Joan Masarnau, por compartir conmigo su conocimiento, por las enactivas conversaciones sobre esto y aquello y, por su gran apoyo en el momento final de la experiencia doctoral en el Departament de Projectes a l'Enginyeria.

A los profesores y compañeros de los programas de doctorado de Projectes d'Innovació Tecnològica y Projectes de l'Enginyeria, por compartir conmigo su saber y su experiencia. A Joaquim Lloveras, por su constante tutoría.

Al Departament de Projectes a l'Enginyeria, el cual, durante mi paso por sus aulas, me proveyó el espacio donde expresar y llevar adelante mis intereses de investigación.

A la Universitat Politècnica de Catalunya, por su capital humano.

Al Gobierno de Chile, por darme el apoyo económico sin el cual, todo lo anterior no tendría sentido y, este documento, tal como se entrega, no habría sido posible.

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and flourishes, positioned in the lower right quadrant of the page.

ÍNDICES

<i>Índice resumido</i>	iii
<i>Índice de tablas</i>	v
<i>Índice de figuras</i>	vii
<i>Índice detallado</i>	ix

ÍNDICE RESUMIDO

ÍNDICE RESUMIDO.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DETALLADO	IX
<hr/>	
<i>GLOSARIO</i>	<i>XIII</i>
<hr/>	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN	5
1.2. CONCEPTOS.....	6
1.3. LA PROBLEMÁTICA A ESTUDIAR.....	12
1.4. LA PROPUESTA	14
1.5. LA TESIS Y SUS OBJETIVOS	19
1.6. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	20
1.7. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO DE TESIS	22
1.8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
1.9. NOTAS CITADAS	26
<hr/>	
2. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	29
2.1. ACTIVIDADES REALIZADAS.....	33
2.2. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS	35
2.3. VERIFICACIÓN	47
2.4. RECAPITULACIÓN	48
2.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
<hr/>	
3. EL ROL SEMIÓTICO DE LOS DIAGRAMAS EN LA RESOLUCIÓN MENTAL	51
3.1. ELEMENTOS DE SEMIÓTICA	55
3.2. NOCIÓN DE DIAGRAMA	59
3.3. PROCESO DE RESOLUCIÓN MENTAL.....	62
3.4. ROL SEMIÓTICO DE LOS DIAGRAMAS EN LA RESOLUCIÓN MENTAL.....	69
3.5. RECAPITULACIÓN	71
3.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
3.7. NOTAS CITADAS	76
<hr/>	
4. CARACTERÍSTICAS QUE INTERESAN DE UN SISTEMA ARTIFICIAL REAL Y SU REPRESENTACIÓN MEDIANTE DIAGRAMAS	77
4.1. LAS CARACTERÍSTICAS QUE INTERESA CONOCER DE UN SISTEMA ARTIFICIAL REAL	81
4.2. EL PODER DESCRIPTIVO DE LOS DIAGRAMAS.....	90
4.3. VINCULACIÓN DE CARACTERÍSTICAS Y DIAGRAMAS.....	100
4.4. RECAPITULACIÓN	104
4.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
<hr/>	
5. ANÁLISIS DEL RESULTADO	109
5.1. EL SISTEMA ARTIFICIAL REAL SISTEMA DE INFORMACIÓN	113
5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	119
5.3. RECAPITULACIÓN	121
5.4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
<hr/>	
6. CONCLUSIONES	125
6.1. SÍNTESIS DEL TRABAJO REALIZADO.....	129
6.2. APORTACIONES.....	129
6.3. IMPLICACIONES.....	133
6.4. LIMITACIONES E INVESTIGACIÓN FUTURA	134
6.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	134
<hr/>	
ANEXO A. DIAGRAMAS CONSIDERADOS	135

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2: ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

TABLA 2. 1: PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS DEL MODO DE ANÁLISIS	38
TABLA 2. 2: CRITERIOS DE VALIDEZ POSITIVISTAS E INTERPRETATIVOS	47
TABLA 2. 3: DIFUSIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y DOCUMENTOS DE LA TESIS	48

CAPÍTULO 4: CARACTERÍSTICAS QUE INTERESAN DE UN SISTEMA ARTIFICIAL REAL Y SU REPRESENTACIÓN MEDIANTE DIAGRAMAS

TABLA 4. 1: CARACTERÍSTICAS COMUNES.....	88
TABLA 4. 2: INFORMACIÓN BÁSICA PARA CONOCER LAS CARACTERÍSTICAS	89
TABLA 4. 3: DIAGRAMAS DE INGENIERÍA CONSIDERADOS EN LA INVESTIGACIÓN	90
TABLA 4. 4: DIMENSIONES TAXONÓMICAS	92
TABLA 4. 5: DIMENSIONES TAXONÓMICAS NO CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO Y SU ROL RESPECTO DE LA TESIS.....	94
TABLA 4. 6: ICONO E INFORMACIÓN REPRESENTADA EN EL MODO DE CORRESPONDENCIA DE ELEMENTOS GRÁFICOS.....	96
TABLA 4. 7: RELACIÓN PRELIMINAR ENTRE ICONOS DE ESTRUCTURA GRÁFICA E INFORMACIÓN BÁSICA DE LAS CARACTERÍSTICAS	96
TABLA 4. 8: INFORMACIÓN DE CADA DIAGRAMA SEGÚN SU ESTRUCTURA GRÁFICA	97
TABLA 4. 9: ICONO E INFORMACIÓN REPRESENTADA EN EL MODO DE CORRESPONDENCIA DE ELEMENTOS GRÁFICOS.....	97
TABLA 4. 10: RELACIÓN PRELIMINAR ENTRE ICONOS DE ELEMENTOS GRÁFICOS E INFORMACIÓN BÁSICA DE LAS CARACTERÍSTICAS	98
TABLA 4. 11: INFORMACIÓN DE CADA DIAGRAMA SEGÚN SUS ELEMENTOS GRÁFICOS	98
TABLA 4. 12: LOS DIAGRAMAS QUE REPRESENTAN LA INFORMACIÓN BÁSICA	100
TABLA 4. 13: LOS DIAGRAMAS QUE REPRESENTAN LAS CARACTERÍSTICAS COMUNES	102
TABLA 4. 14: LOS DIAGRAMAS QUE REPRESENTAN LAS CARACTERÍSTICAS	103
TABLA 4. 15: LOS DIAGRAMAS PARA REPRESENTAR LAS DIMENSIONES DE INTERÉS	104

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DEL RESULTADO

TABLA 5. 1: COHERENCIAS ENTRE LOS RESULTADOS TEÓRICO Y DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN	120
TABLA 5. 2: CORRESPONDENCIA ENTRE DIAGRAMAS DE UML Y DE UN SISTEMA ARTIFICIAL REAL.....	120
TABLA 5. 3: DIAGRAMAS PARA LAS DIMENSIONES DE INTERÉS DEL SISTEMA ARTIFICIAL REAL SISTEMA DE INFORMACIÓN	121

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

FIGURA 1. 1: ESCENARIO SIMPLIFICADO DE UN PROYECTO	7
FIGURA 1. 2: PROCESO DE RESOLUCIÓN MENTAL	8
FIGURA 1. 3: LOS DIAGRAMAS EN EL PROCESO DE RESOLUCIÓN MENTAL	11
FIGURA 1. 4: EL CONFLICTO DEL PROYECTISTA	14
FIGURA 1. 5: LA CONSTRUCCIÓN DE REALIDADES.....	15
FIGURA 1. 6: DE LO NO CONOCIDO A LO CONOCIDO TÉCNICAMENTE	15
FIGURA 1. 7: DE CARACTERÍSTICAS DEL USUARIO A LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	16
FIGURA 1. 8: LA PROPUESTA DE PROCESO DE RESOLUCIÓN MENTAL.....	16
FIGURA 1. 9: LOS DIAGRAMAS EN EL PROYECTO.....	17
FIGURA 1. 10: LO QUE INTERESA DE UN SISTEMA ARTIFICIAL REAL.....	18
FIGURA 1. 11: LO QUE DESCRIBE UN DIAGRAMA.....	19
FIGURA 1. 12: EL VALOR DE LAS ACTIVIDADES AL PROCESO DE INVESTIGACIÓN	20

CAPÍTULO 2: ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

FIGURA 2. 1: EL PROBLEMA EN ESTE CAPÍTULO	31
FIGURA 2. 2: LAS ACTIVIDADES Y LA PROPUESTA	33
FIGURA 2. 3: RELACIÓN ENTRE ACTIVIDADES.....	35
FIGURA 2. 4: HERMENEUSIS ENTRE OBJETO INVESTIGADO Y PROCESO DE INVESTIGACIÓN	38
FIGURA 2. 5: RELACIONES CONCEPTUALES USADAS EN LA TESIS.....	39
FIGURA 2. 6: PROCESO METODOLÓGICO DE LA ACTIVIDAD 1 ' <i>INTEGRACIÓN DE LOS DIAGRAMAS EN EL PROCESO DE RESOLUCIÓN MENTAL</i> '.....	40
FIGURA 2. 7: PROCESO METODOLÓGICO DE LA ACTIVIDAD 2 ' <i>IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA ARTIFICIAL REAL</i> '.....	42
FIGURA 2. 8: PROCESO METODOLÓGICO DE LA ACTIVIDAD 3 ' <i>DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DESCRIPTIVO DE LOS DIAGRAMAS</i> '.....	43
FIGURA 2. 9: PROCESO METODOLÓGICO DE LA ACTIVIDAD 4 ' <i>VINCULACIÓN DE CARACTERÍSTICAS Y DIAGRAMAS</i> '.....	44
FIGURA 2. 10: PROCESO METODOLÓGICO DE LA ACTIVIDAD 5 ' <i>ANÁLISIS DEL RESULTADO OBTENIDO</i> '.....	46
FIGURA 2. 11: ESPIRAL DE ENRIQUECIMIENTO INTER ACTIVIDADES	46

CAPÍTULO 3: EL ROL SEMIÓTICO DE LOS DIAGRAMAS EN LA RESOLUCIÓN MENTAL

FIGURA 3. 1: EL PROBLEMA EN ESTE CAPÍTULO	53
FIGURA 3. 2: EL SIGNO EN (A) SAUSSURE Y (B) PEIRCE	56
FIGURA 3. 3: SÍMBOLO, ÍNDICE E ICONO	57
FIGURA 3. 4: EL SIGNO Y SUS RELACIONES	58
FIGURA 3. 5: LA CADENA SEMIÓTICA	58
FIGURA 3. 6: A) IMAGEN Y DIAGRAMA; B) TEXTO Y DIAGRAMA	60
FIGURA 3. 7: ROL DEL LENGUAJE EN LA OPERACIÓN DE DISTINCIÓN	64
FIGURA 3. 8: LA TRAYECTORIA DE RESOLUCIÓN	66
FIGURA 3. 9: EL DIAGRAMA-REFERENTE EN EL PRIMER INSTANTE INTERPRETATIVO	70
FIGURA 3. 10: EL DIAGRAMA-REFERENTE EN EL SEGUNDO INSTANTE INTERPRETATIVO	70
FIGURA 3. 11: EL ROL SEMIÓTICO DE LOS DIAGRAMAS EN EL PROCESO DE RESOLUCIÓN MENTAL	72

CAPÍTULO 4: CARACTERÍSTICAS QUE INTERESAN DE UN SISTEMA ARTIFICIAL REAL Y SU REPRESENTACIÓN MEDIANTE DIAGRAMAS

FIGURA 4. 1: LOS PROBLEMAS EN ESTE CAPÍTULO	79
FIGURA 4. 2: LAS CARACTERÍSTICAS DEL RIESGO	84
FIGURA 4. 3: LAS CARACTERÍSTICAS DE LA UTILIDAD.....	86
FIGURA 4. 4: LAS CARACTERÍSTICAS DEL DOMINIO.....	87
FIGURA 4. 5: LAS CARACTERÍSTICAS DE LA COMPOSICIÓN	87
FIGURA 4. 6: RELACIONES ENTRE LAS DIMENSIONES TAXONÓMICAS DE LOS DIAGRAMAS	93
FIGURA 4. 7: OPERACIÓN DE DISTINCIÓN Y DIMENSIONES DE ESTUDIO DE LOS DIAGRAMAS	94
FIGURA 4. 8: VINCULACIÓN DE CARACTERÍSTICAS Y DIAGRAMAS	105

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DEL RESULTADO

FIGURA 5. 1: LA IDEA EN ESTE CAPÍTULO	111
FIGURA 5. 2: FUNCIÓN 'TRANSFERIR DATOS'	115
FIGURA 5. 3: FUNCIÓN 'GENERAR INFORMACIÓN'	116
FIGURA 5. 4: FUNCIÓN 'INTENDENCIA'	117

ÍNDICE DETALLADO

ÍNDICE RESUMIDO.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
<i>Capítulo 2: Organización del trabajo</i>	v
<i>Capítulo 4: Características que interesan de un sistema artificial real y su representación mediante diagramas</i>	v
<i>Capítulo 5: Análisis del resultado</i>	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
<i>Capítulo 1: Introducción</i>	vii
<i>Capítulo 2: Organización del trabajo</i>	vii
<i>Capítulo 3: El rol semiótico de los diagramas en la resolución mental</i>	vii
<i>Capítulo 4: Características que interesan de un sistema artificial real y su representación mediante diagramas</i>	viii
<i>Capítulo 5: Análisis del resultado</i>	viii
ÍNDICE DETALLADO.....	IX
<hr/>	
GLOSARIO.....	XIII
<hr/>	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....	5
1.2. CONCEPTOS.....	6
1.2.1. Proyecto.....	6
a. Proyecto como composición de sistemas.....	6
b. Proyecto como proceso cognoscitivo.....	7
1.2.2. Proceso de resolución mental.....	8
a. Noción de resolución mental.....	8
b. La resolución mental en la literatura.....	9
1.2.3. Diagramas.....	10
a. Diagramas e ingeniería.....	10
b. Diagramas y su uso.....	10
c. Diagramas y proyecto.....	11
1.3. LA PROBLEMÁTICA A ESTUDIAR.....	12
1.3.1. Problemas en la resolución mental.....	12
a. Problemas del conocer.....	12
b. Problemas del hacer.....	13
1.3.2. El problema a tratar.....	13
1.3.3. La pregunta de investigación.....	14
1.4. LA PROPUESTA.....	14
1.4.1. Bases teóricas.....	14
1.4.2. Integrar diagramas en el proceso de resolución mental.....	16
1.4.3. Vincular características y diagramas.....	17
a. Lo que interesa de un sistema artificial real.....	17
b. Lo que describen los diagramas.....	18
1.5. LA TESIS Y SUS OBJETIVOS.....	19
1.6. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	20
1.6.1. Actividades realizadas.....	20
1.6.2. Consideraciones metodológicas.....	21
1.7. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO DE TESIS.....	22
1.8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
1.9. NOTAS CITADAS.....	26
<hr/>	
2. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	29
2.1. ACTIVIDADES REALIZADAS.....	33
2.1.1. Definición de actividades.....	33
2.1.2. Relación entre actividades.....	35
2.2. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS.....	35
2.2.1. Consideraciones metodológicas sobre los instrumentos de investigación.....	36

a. Paradigmas de investigación.....	36
b. Tipo de dato	37
c. Método de investigación y técnica de captura de datos.....	37
d. Modo de análisis	38
2.2.2. <i>Epistemología de la tesis</i>	39
2.2.3. <i>Consideraciones metodológicas acerca de las actividades</i>	40
a. Actividad 1. Integración de los diagramas en el proceso de resolución mental.....	40
b. Actividad 2. Identificación y definición de características de un sistema artificial real....	41
c. Actividad 3. Determinación del potencial descriptivo de los diagramas	43
d. Actividad 4. Vinculación de características y diagramas	44
e. Actividad 5. Análisis del resultado obtenido.....	45
2.2.4. <i>Consideraciones metodológicas relativas a la relación entre actividades</i>	46
2.3. VERIFICACIÓN	47
2.4. RECAPITULACIÓN.....	48
2.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
<hr/>	
3. EL ROL SEMIÓTICO DE LOS DIAGRAMAS EN LA RESOLUCIÓN MENTAL.....	51
3.1. ELEMENTOS DE SEMIÓTICA	55
3.1.1. <i>Escuelas de pensamiento y definición de semiótica</i>	55
3.1.2. <i>La noción de signo</i>	55
a. La noción dual de signo en Saussure	56
b. La noción triádica de signo en Peirce.....	56
3.1.3. <i>La cadena semiótica</i>	58
3.2. NOCIÓN DE DIAGRAMA	59
3.2.1. <i>Artefacto cognoscitivo</i>	60
3.2.2. <i>Lenguaje y referente de la realidad</i>	61
a. El diagrama como referente de una realidad.....	61
b. El diagrama como lenguaje	61
3.2.3. <i>Lenguaje de modelamiento y herramienta</i>	61
3.3. PROCESO DE RESOLUCIÓN MENTAL.....	62
3.3.1. <i>Fundamentos epistemológicos</i>	63
a. La distinción en la realidad (objetiva).....	63
b. Los momentos de distinción	63
c. Operaciones de distinción y lenguaje	64
3.3.2. <i>Definición del proceso de resolución mental</i>	65
a. Proceso de acciones cognoscitivas.....	65
b. Proceso compuesto de operaciones de distinción	65
c. Proceso lingüístico-comunicacional individual y social.....	66
3.3.3. <i>Especificación del proceso de resolución mental</i>	66
a. Trayectoria de resolución y operaciones de distinción	66
b. Vinculación lingüístico-propositiva de los estados de resolución	67
3.4. ROL SEMIÓTICO DE LOS DIAGRAMAS EN LA RESOLUCIÓN MENTAL	69
3.4.1. <i>La cadena semiótica de diagramas</i>	69
a. 1er. instante interpretativo	69
b. 2o. instante interpretativo	70
c. Sucesión de instantes	71
3.4.2. <i>El diagrama como mediador en la resolución mental</i>	71
3.5. RECAPITULACIÓN.....	71
3.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
3.7. NOTAS CITADAS.....	76
<hr/>	
4. CARACTERÍSTICAS QUE INTERESAN DE UN SISTEMA ARTIFICIAL REAL Y SU REPRESENTACIÓN MEDIANTE DIAGRAMAS.....	77
4.1. LAS CARACTERÍSTICAS QUE INTERESA CONOCER DE UN SISTEMA ARTIFICIAL REAL	81
4.1.1. <i>La perspectiva de análisis empleada</i>	81
4.1.2. <i>Los motivos por los cuales interesan las cosas</i>	82
a. Motivo de interés: Evitar riesgos.....	82
b. Motivo de interés: Dominar el entorno.....	83
c. Motivo de interés: Conocer la utilidad de las cosas.....	83
d. Motivo de interés: Indagar el interior de las cosas	83
4.1.3. <i>Las características que interesa conocer de un sistema artificial real</i>	83
a. Característica: Riesgo	84

b. Característica: Utilidad	85
c. Característica: Dominio	86
d. Característica: Composición	87
e. Características comunes	88
f. Información básica asociada a las características	89
g. Características agregadas	89
4.2. EL PODER DESCRIPTIVO DE LOS DIAGRAMAS	90
4.2.1. <i>Diagramas considerados</i>	90
4.2.2. <i>Selección de la dimensión de los diagramas a estudiar</i>	91
a. Dimensiones taxonómicas de estudio de los diagramas	91
b. Operación de distinción y la dimensión taxonómica a estudiar	93
4.2.3. <i>Poder descriptivo de los diagramas</i>	95
a. Lo que se representa con estructuras gráficas	95
b. Lo que se representa con elementos gráficos	97
4.3. VINCULACIÓN DE CARACTERÍSTICAS Y DIAGRAMAS	100
4.4. RECAPITULACIÓN	104
4.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
<hr/>	
5. ANÁLISIS DEL RESULTADO	109
5.1. EL SISTEMA ARTIFICIAL REAL SISTEMA DE INFORMACIÓN	113
5.1.1. <i>La finalidad de un sistema de información</i>	113
5.1.2. <i>Las características de servicio del sistema de información</i>	114
a. La función de transferencia de datos	114
b. La función generadora de información	116
c. La función de intendencia	117
5.1.3. <i>Diagramas para los sistemas de información</i>	117
5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	119
5.2.1. <i>Las características</i>	119
5.2.2. <i>Los diagramas</i>	120
5.2.3. <i>Características y diagramas</i>	121
5.3. RECAPITULACIÓN	121
5.4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
<hr/>	
6. CONCLUSIONES	125
6.1. SÍNTESIS DEL TRABAJO REALIZADO	129
6.2. APORTACIONES	129
6.2.1. <i>Fundación teórica para Ingeniería de Proyectos</i>	130
6.2.2. <i>Instrumento de trabajo</i>	131
a. Método	132
b. Mecanismo predictivo	132
c. Guía de trabajo	133
6.3. IMPLICACIONES	133
6.4. LIMITACIONES E INVESTIGACIÓN FUTURA	134
6.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
<hr/>	
ANEXO A. DIAGRAMAS CONSIDERADOS	135

GLOSARIO

Conjunto de conceptos cuyas definiciones reflejan el uso que se les da en esta tesis. Como fuente de definiciones se ha considerado el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española (1992) y al Diccionario de Lingüística de Theodor Lewandowski (1986, CATEDRA).

CARACTERÍSTICA

Propiedad, cualidad, rasgo, atributo o cualquier otro elemento que sirve para distinguir algo.

CARACTERÍSTICA TÉCNICA

Característica definida u obtenida por referencia o interés en el aspecto técnico de algo.

COGNICIÓN

El acto o proceso de conocer.

CONOCER

Hacer visible lo que caracteriza algo mediante el empleo de facultades intelectuales propias y adquiridas. Conocer es construir una realidad.

CONSTRUIR

Hacer visible algo empleando herramientas, materiales y métodos en la disposición, por ejemplo, de objetos en una planta o palabras en una frase. Construir es hacer conocida (conocer) una realidad.

DIAGRAMA

Sistema de signos que permite generar representaciones icónicas con el fin de ayudar a conocer y construir realidades. Estas representaciones son diagramas-referente, que surgen de usar reglas de asociación destinadas a configurar en un determinado tipo de estructura gráfica, los elementos gráficos pertenecientes al diagrama.

DIAGRAMA-REFERENTE

Resultado de organizar un conjunto de elementos gráficos según una estructura gráfica. Por ejemplo, el diagrama de flujos de un proceso contable.

ELEMENTO GRÁFICO

Constructo del hacer humano con el cual se desea expresar algo. Puede ser, entre otros, una figura geométrica, una imagen, un garabato, un signo musical o el resultado de una grafía.

ESQUEMA

Un esquema representa una cosa atendiendo sólo a sus líneas o características más significativas. Es una representación gráfica y simbólica de cosas inmateriales. Se puede expresar a través de diagramas.

ESTRUCTURA

Distribución de las partes o componentes reales que soportan la organización de un sistema. La estructura es situacional respecto de un sitio determinado y un instante de tiempo.

ESTRUCTURA GRÁFICA

Tipo o categoría de ordenamiento de elementos gráficos. Por ejemplo, una estructura en árbol.

ESTRUCTURACIÓN

Proceso de influencia y reconstrucción mutua de estructuras.

FENOMENOLOGÍA

Enfoque y método para conocer y encontrar la esencia de las cosas, adquirida por percepción sensible y adscrita a lo empírico de una realidad, tal como se le presenta a un observador, producto de lo cual, se asume, los significados emanan de su conciencia.

GRAFO

Colección de puntos relacionados.

HOMOMORFISMO

Mapeo de los elementos de un conjunto hacia otro o hacia sí mismo.

ICONO

Signo que mantiene una relación de semejanza visual con algo.

INTERÉS

Lo que hace que algo llame la atención.

ISOMORFISMO

Convergencia estructural (ver estructura) entre organismos de diferente ascendencia.

LENGUAJE

Sistema consensuado de signos y reglas que se usa como medio para expresar o comunicar lo que se piensa y/o siente. Todo sistema estructurado de signos que cumplen una función de comunicación. Existe en función de un universo de discurso que le define y que a su vez define.

LENGUAJE NATURAL HUMANO

Lenguaje particular que se manifiesta en expresiones habladas y escritas usadas para comunicación entre personas. El caso más común es el lenguaje coloquial.

MODELO

Abstracción de algo. Arquetipo o esquema teórico que refleja y permite entender algo. Un modelo existe físicamente cuando se le representa, por ejemplo, mediante una o varias estructuras gráficas en uno o varios diagramas-referente.

ORGANIZACIÓN

Disposición, arreglo, orden de un conjunto de elementos según un conjunto de relaciones. La forma que adquieren estas relaciones distingue la organización como única o como una clase.

SEMIOLÓGIA

Estudio de los signos en la vida social.

SEMIOSIS

Proceso por el cual algo funciona como signo.

SEMIÓTICA

Teoría filosófica general sobre los signos en la vida social.

SIGNO (1)

Noción general usada en esta tesis. Objeto, fenómeno o acción material usado para representar o sustituir algo, sea de forma natural, convencional o intencionada.

SIGNO (2)

Idea particular. Coloquialmente es lo que se considera visible, pudiendo ser, entre otras cosas, palabras escritas, imágenes, textos, artefactos, gestos, posturas físicas.

SÍMBOLO

Elemento gráfico que mantiene una relación de semejanza normativa con algo.

SISTEMA

Conjunto de partes que se disponen según una organización para conseguir un objetivo determinado. Se manifiesta a lo largo de su vida mediante una o varias estructuras. Según su materialidad, es posible distinguir en sistemas mentales y sistemas reales.

SISTEMA MENTAL

Sistema de ideas o de elementos conceptuales. También llamado sistema abstracto o sistema conceptual.

SISTEMA REAL

Sistema cuyas partes o componentes existen en el mundo de las cosas físicas o materiales. Según su naturaleza, pueden clasificarse en sistemas reales naturales y sistemas reales artificiales.

SISTEMA REAL NATURAL

Sistema que existe en la naturaleza y que en su generación no ha existido participación humana directa o mediata. Su finalidad debe ser descubierta por considerarse intrínseca o interna.

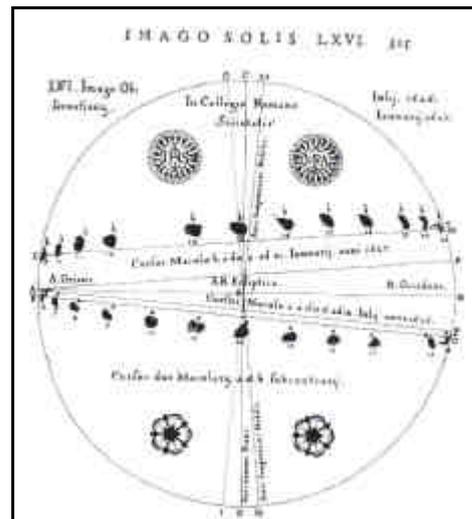
SISTEMA REAL ARTIFICIAL

Sistema socio-técnico complejo compuesto de componentes humanas y no humanas, percibidas como reales o existentes en el mundo material —un sistema real—. Su finalidad es asignada desde el exterior —un sistema no natural— resultado de la acción creadora del ser humano, tanto de forma inmediata por su mano, como de manera mediata a través de sus herramientas.

UNIVERSO DE DISCURSO

Contexto en el cual se desenvuelve una situación determinada y que se encuentra definida completamente según los términos dados y acordados por quienes participan en ella.

1. INTRODUCCIÓN



*Lo que observamos no es la naturaleza en sí misma,
sino la naturaleza expuesta a nuestra forma de interpretarla.*
— Werner Heisenberg
(*Physic and Philosophy: The revolution in Modern Science*, 1962)

"¡ No tengo palabras para decirlo!". Cuantas veces esta frase es escuchada o incluso pronunciada por nosotros cotidianamente. Por ejemplo, cuando se trata de explicar algo nuevo, nunca visto o asombroso, cuya descripción supera el vocabulario a mano; o, cuando se está en un país cuyo idioma no se conoce y no se puede expresar algo que se desea.

Esta simple frase desvela un problema que, según las circunstancias, puede resultar angustioso para la comunicación humana. Es el hecho de no poder comunicar algo porque no se tiene cómo hacerlo, restringiendo toda posibilidad de ampliar el conocimiento humano por falta de medios de expresión, los cuales, en muchas ocasiones, están mas cerca de lo que se cree.

Planteada esta situación, el problema radica en la imposibilidad comunicativa de construir una realidad con las palabras o constructos adecuados. Con esto, la tesis que se presenta es una propuesta para ayudar a resolver la problemática sugerida con esta frase. En otras palabras, en un sentido amplio, se trata de construir realidades y, en un sentido aplicado, construir sistemas artificiales reales dentro de la Ingeniería de Proyectos.

Este capítulo se organiza de la siguiente manera. La sección 1.1 presenta las motivaciones y justificaciones que han dado origen a la tesis. La sección 1.2 muestra los conceptos centrales que se manejan en la tesis. La sección 1.3 presenta el problema que efectivamente se trata en esta tesis. La sección 1.4 describe la propuesta de solución al problema. En la sección 1.5 se formula la tesis y sus objetivos. La sección 1.6 describe la organización del trabajo realizado.

Finalmente se presentan, la estructura del documento de tesis (sección 1.7) y, las referencias bibliográficas (sección 1.8) y las notas (sección 1.9) del capítulo.

1.1. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Un proyecto de ingeniería es una operación compleja dentro de la cual una tecnología emerge, considerada conceptualmente un sistema artificial real (Blanchard, 1995). Esta complejidad se debe en gran parte al proceso de interpretación de realidades, viéndose involucradas:

- la interpretación del proyectista de lo que debe ser la solución técnica a un conflicto, la cual habitualmente gira en torno a las *interioridades de la solución*; y,
- la interpretación de quien vive el conflicto, el usuario, la cual habitualmente gira en torno a las *exterioridades de la solución*.

Por tanto, el conflicto del proyectista es producir la empatía suficiente y necesaria entre lo deseado según el conocimiento de las externalidades y lo que se puede ofrecer desde el conocimiento de las interioridades (Estay y Blasco, 2000a). Esta situación añade mayor complejidad al ya de por sí complejo hacer de un proyecto.

En ingeniería, según Blasco (2000b), lo anterior se inicia y se desarrolla en el proceso de resolución mental, dentro del cual el hacer creador del proyectista se manifiesta de manera intensa. Visto así, se tiene que la construcción es un proceso cognoscitivo que inicia y permite la particularización y corporificación del sistema artificial real.

Ante este hecho, y teniendo presente que la Ingeniería de Proyectos es una disciplina esencialmente aplicada y práctica, cabe preguntarse si existen medios a disposición del proyectista que le permitan enfrentar tal hacer creador, ayudándole a superar los problemas de interpretación que le permitan conocer un sistema artificial real a partir del punto de vista del usuario.

La práctica de proyectos muestra que esto se asume de diversas maneras (Sánchez et. al, 1996). No obstante, predomina la preocupación por las interioridades técnicas por sobre los intereses de los usuarios.

Una Teoría de Proyectos ha sido planteada por Gómez-Senent et. al (1996a, 1996) como una manera de aportar bases teóricas y conceptuales a la Ingeniería de Proyectos que fortalezcan lo práctico. Otros esfuerzos por concretar estas bases también se han manifestado (Santamaría et. al, 1996), no obstante se siguen buscando formalizaciones teóricas (Blasco, 2000b; Gómez-Senent, 1999).

Según estas teorizaciones, tiene sentido preguntarse si existen las bases para un marco teórico y/o conceptual que permita conocer el proceso de resolución mental para así finalmente proveer al proyectista de una herramienta que ayude a obtener sistemas artificiales reales teniendo en mente exterioridades e interioridades.

Conforme la Ingeniería de Proyectos es una disciplina generalista e interdisciplinaria, tiene sentido responder a las cuestiones expuestas con conocimiento tomado de otras ramas del saber humano.

Así, en esta tesis se propone hacer uso de la Teoría del Conocimiento para definir el marco teórico y conceptual que explique el proceso de resolución mental. En este sentido se toma el trabajo de Humberto Maturana que ofrece una explicación acerca del proceso cognoscitivo.

Varela (1996) considera el trabajo de Maturana una ciencia y tecnología cognoscitiva vinculada al ámbito lingüístico y parte del paradigma enactuado, todo lo cual es coherente al proceder implícito en el proceso de resolución mental de ingeniería.

Como parte de esta propuesta, a los diagramas de ingeniería se les usa en tanto son un medio para conocer los sistemas artificiales reales en ingeniería. Por este motivo, en primer término, son considerados lenguajes, contextualizándoles de esta manera dentro de los enunciados de Maturana y, en segundo término, son releídos semióticamente para aprovechar su potencial descriptivo en la representación de los intereses de los usuarios.

Por este camino se llega a plantear un resultado que es esencialmente una organización del conocimiento, la cual debe leerse desde dos perspectivas, una organización del conocimiento que permite integrar el proceso de resolución mental de un conflicto con diagramas y, una organización del conocimiento que sirve para conocer y construir sistemas artificiales reales.

Planteado así el resultado, se proveen dos aportaciones al campo de la Ingeniería de Proyectos:

- Una fundación teórica para la Teoría de Proyectos de Ingeniería, al proveer una explicación del proceso de resolución mental manifestado en los proyectos de ingeniería.
- Un instrumento de naturaleza aplicada que permite conocer un sistema artificial real al representar diagramáticamente sus características distintivas.

1.2. CONCEPTOS

En esta sección se introducen los conceptos fundamentales que subyacen y se usan en esta tesis: proyecto, resolución mental y diagramas.

1.2.1. PROYECTO

El concepto de proyecto se discute desde dos perspectivas: i) proyecto como composición de sistemas; y, ii) proyecto como proceso cognoscitivo.

a. Proyecto como composición de sistemas

Un proyecto puede concebirse como un sistema dentro del cual se intenta conseguir la solución a un conflicto (Blasco, 1998, 2000a, 2000b). Esta solución se consigue gracias a la concurrencia de dos sistemas en un proyecto (Estay y Blasco, 1998b, 1998b):

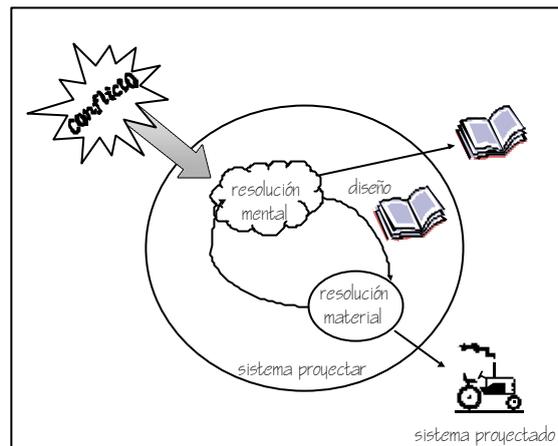
- el sistema proyectar orientado a encontrar la solución; y,
- el sistema proyectado, aquél que provee una solución al conflicto.

Como parte del proyectar, el proyectista realiza varias acciones, bajo la forma de operaciones, actividades y/o tareas. Estas acciones pueden ser mentales o corpóreas:

- las *acciones mentales* comprenden esencialmente operaciones cognitivas; y,
- las *acciones corpóreas* involucran actos físicos como escribir, martillar o pulsar un botón.

Figura 1. 1: Escenario simplificado de un proyecto

Estas acciones, según su uso y finalidad pueden considerarse parte de un proceso de resolución mental o de un proceso de resolución material (Figura 1.1; Blasco, 2000a; Estay y Blasco, 2000b).



- El proceso de resolución mental involucra acciones orientadas a encontrar soluciones y concretar una de ellas en el proyectado solución al conflicto.
- El proceso de resolución material involucra las acciones para construir físicamente él o los artefactos que componen al proyectado.

La relación entre ambos procesos es compleja y en ocasiones podría considerarse de frontera difusa. Pero lo que interesa es la resolución mental, pues allí es donde el proyectista expone el hacer creador que caracteriza la actividad proyectual.

Este hacer creador se manifiesta en un trabajo donde se ve involucrado una especificación de lo que hay que construir (por ejemplo, planos, especificaciones técnicas, y criterios) y una historia documentada de lo realizado.

b. Proyecto como proceso cognoscitivo

Un proyecto es un proceso de resolución de problemas que se manifiesta en dos aspectos:

- resolver las cuestiones relacionadas con el sistema solución (sistema proyectado); y,
- resolver las cuestiones relacionadas con el sistema que sostendrá la generación del sistema solución (sistema proyectar).

Estas cuestiones se resuelven principalmente en el proceso de resolución mental dentro del cual el proyectista usa toda su habilidad y conocimiento para operar cognoscitivamente en la resolución de un problema, ya sea para mantener la viabilidad del sistema proyectar como para construir el proyectado.

Dentro de este hacer cognoscitivo, para Barbier (1996), un proyecto es la imagen anticipatoria o predictiva de lo que debería hacerse o de futuros imaginados. En este proceder, la imagen predictiva se establece cuando se tienen imágenes mentales que anticipan las acciones a realizar (Denis, 1984).

En otras palabras, las imágenes mentales se organizan (Aguirre et. al, 1986), dando lugar a, por ejemplo:

- la imagen del plan de gestión ligado al sistema proyectar,
- la imagen de la solución al problema de resolver el conflicto; y,
- la imagen del proceso de construcción ligado al ciclo de vida del producto a entregar o servicio a proveer en el sistema proyectado.

No todas las imágenes predictivas se pueden representar. El proyectista selecciona aquellas que reúnen todo lo necesario para efectivamente construir el sistema proyectar y el sistema proyectado. Estas imágenes son las imágenes operatorias (Llaneza, 1996).

En este sentido, el proyectar y el proyectado son expresiones externas de lo que el proyectista pueda hacer en materia de imágenes mentales y en lo hábil que sea para identificar imágenes operatorias idóneas.

1.2.2. PROCESO DE RESOLUCIÓN MENTAL

Aunque la idea de resolución mental (Blasco, 1990, 2000a, 2000b) no es esencialmente explícita en la literatura, diversos estudios muestran la existencia de un proceso orientado a resolver problemas con un fin.

a. Noción de resolución mental

La resolución es un proceso humano que busca soluciones para algo. Siguiendo a Blasco (2000b), esta solución surge y se inicia en el proceso de resolución mental, cuya complejidad se muestra en la Figura 1.2.

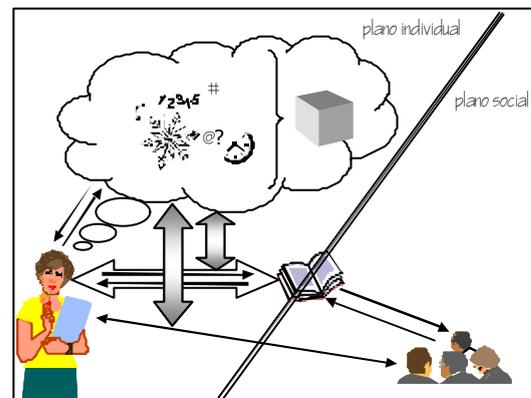


Figura 1. 2: Proceso de resolución mental

Dentro del proceso de resolución mental adquieren importancia el proyectista y el lenguaje.

Proyectista. La Figura 1.2 muestra el complejo escenario donde el proyectista opera. Igualmente, se intenta reflejar la dinámica asociada al diseño de soluciones, en esencia una actividad colaborativa e individual dentro de la cual la creatividad y la comunicación son relevantes (Bayazit, 1999, pp. 712-713).

Centrando al proyectista como eje de todo el proceso de resolución mental, se puede decir que:

- opera en un plano individual, donde intenta organizar ideas en el ámbito mental y escrito; y,
- opera en un plano social donde interactúa con otras personas, sean otros proyectistas o, clientes y expertos.

En este operar, por ejemplo, los documentos generados por el proyectista sirven para comunicarse con otras personas y para mostrarse a sí mismo sus ideas buscando aclararse y definir mejor las cosas.

Por supuesto hay otros documentos, cuya autoría no es suya, que usa para informarse, como serían a modo ilustrativo bases de datos, normas, patrones y, casos previos.

De su relación con los documentos y con las personas, las construcciones mentales del plano individual se ven retroalimentadas.

Lenguaje. Los proyectos son operaciones orientadas a la consecución de un elemento útil a la sociedad. Como tal se componen de personas conformando una sociedad particular: el equipo de proyecto. Con esto, el sistema proyecto existe gracias a personas que se comunican empleando un lenguaje.

En tal sentido, el lenguaje de la resolución mental corresponde al lenguaje del proyecto y por ello el proyecto existe por existencia y mediación de palabras. Según lo anterior, el lenguaje en el proceso de resolución mental sirve para representar internamente algo a sí mismo y/o, para representar externamente algo para sí y/o para otros.

b. La resolución mental en la literatura

Como se ha dicho, la resolución mental no es explícita en la literatura, no obstante, existen trabajos que realizan aportaciones teóricas desde dos puntos de vista:

- formalización de pasos a seguir; e,
- intencionalidad perseguida.

Formalización de pasos. En este grupo de trabajos se consideran aquellos preocupados por definir y/o identificar el camino que se sigue en la resolución mental. Así se tiene a:

- Blasco (1990), donde se propone un método para definir las características de las componentes de un producto a partir de los requisitos, del servicio y la función, pasando luego por sus funcionalidades y unidades fácticas;
- Hubka y Eder (1992, pp. 30-31), donde se sugiere una estratificación cognoscitiva de un producto sobre la base de niveles de abstracción desde el propósito hasta el componente mediante una particularización y descomposición técnica; y,
- Willemse (1997, cap. 3), donde se plantean algunas sugerencias sobre la forma de ordenar el diseño del producto en niveles de detalle de un producto siguiendo una estructura de descomposición en árbol.

Intencionalidad. En este grupo de estudios se consideran aquellos que intentan identificar el fin teleológico de una resolución mental, aquí planteada como la intención que da fuerza al proceso resolutorio. Así se tienen intenciones de:

- buscar soluciones técnicas (Pahl y Bietz, 1984);
- transformar la estructura de funciones de un sistema técnico en partes (Fernández, 1995; Hubka y Eder, 1988, 1992, 1996);
- componer un producto abstracto sobre la base de atributos (Xue et. al, 1992; Taura y Yoshikawa, 1992); o,
- establecer una composición sistémica (Aguinaga, 1995; Blasco, 1966; Roqueta, 1991).

1.2.3. DIAGRAMAS

Los diagramas son herramientas cognoscitivas¹ (Hart, 2000; Victor, 1995) que proveen economía conceptual y una alta expresividad semántica (Nova y Chianotti, 1990). Además, son conjuntos de signos usados en la representación de una realidad, disponiendo una serie de elementos gráficos, según un tipo de estructura gráfica, dando lugar a diagramas-referente.

Según Larkin y Simon (1987, p. 89) las razones por las cuales los diagrama-referente ven potenciado su uso por sobre las descripciones verbales se debe a que:

- agrupan conjuntamente toda la información de algo;
- agrupan la información, la localizan, sobre un elemento simple, comúnmente un elemento gráfico; y,
- apoyan y facilitan el trabajo perceptivo y conceptual de las personas.

a. Diagramas e ingeniería

En ingeniería, de antaño la diagramación es conocida. Los diagramas acompañan al ser humano desde los primeros albores de su existencia, al esquematizar cacerías, las construcciones romanas o los ingenios de DaVinci (Webby, 1998), todos, de una u otra manera, proyectos del ser humano, cuya complejidad, se ha pensado, requiere expresiones alternativas a las *palabras* habladas.

Vinculados inicialmente a las formulaciones numéricas, durante la Revolución Industrial los diagramas adquieren mayor presencia en la creación de ingeniería, acompañando a expresiones cuantitativas en representaciones geométricas. Con el tiempo, se han independizado del aspecto cuantitativo, empleándose en la actualidad para describir abstracciones de índole cualitativas (Deforge, 1981). Gracias a este uso más extenso, han llegado a ser objeto de estudios particulares (Larkin y Simon, 1987, Anderson et. al, 2000).

b. Diagramas y su uso

Hoy en día los diagramas se usan ampliamente en el hacer ingenieril para expresar gran cantidad de situaciones.

Se pueden encontrar con facilidad trabajos centrados en el diseño de productos, donde los diagramas destacan en las primeras fases del diseño, donde las cuantificaciones aún no se concretan y se busca definir el problema (Zanker y Lindemann, 1998). Aquí se trabaja en un espacio de resolución mental el cual, según Gross (1994), involucra trabajar con grados altos de abstracción y poco detalle, cuya clarificación dará paso luego a detalles más concretos finos y numéricos.

Tales trabajos sugieren la existencia de una serie de dimensiones de abstracción, detalle y funcionalidad, cuya relación configura una cadena de niveles de detalle, particularización y corporificación. Esta cadena permite especificar el conocimiento sobre un producto en construcción, en el caso de este trabajo, de un sistema artificial real.

¹ Dispositivos mentales o computacionales que soportan, guía n y/o extienden el proceso de pensamiento de las personas.

Entre estos trabajos se puede mencionar a: Anderl (1995, p. 15ⁱ), Andreasen (Grothe-Møller, 1998 ⁱⁱ), David (1987, p. 62 ⁱⁱⁱ), Eder (1987, p. 35 ^{iv}), Hubka y Eder (1988, p. 106 ^v), Simos (1998 ^{vi}) y, Tichem et. al (1997, p. 47 ^{vii}).

Sin embargo, comprender con claridad su rol y efectividad es un tema de investigación en la actualidad (Anderson et. al, 2000; Kim et. al, 2000; Larkin y Simon, 1987; Stewart, 1976).

c. Diagramas y proyecto

Aprovechando las ideas anteriormente expuestas, los diagramas como parte del proceso de resolución mental aparecen considerados soporte de las representaciones externas e internas^{viii} de las personas. El proyectista imagina las soluciones a las cuestiones del proyectar y del proyectado mediante estas representaciones, las cuales son en esencia imágenes anticipatorias de lo que habría que hacer.

Pero lo importante por ahora es señalar que ayudan al proyectista a expresar diagramáticamente, como parte del proceso de resolución mental, las imágenes operatorias, sean para ser usadas como representaciones internas y/o externas. (Figura 1.3).

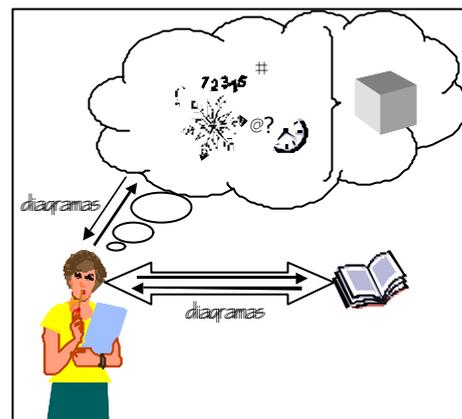


Figura 1. 3: Los diagramas en el proceso de resolución mental

Conforme los diagramas representen las imágenes operatorias, han de facilitar la acción efectiva, es decir, deben posibilitar que diseñadores, gestores de proyectos y/o ingenieros de obra, por ejemplo, ejecuten las acciones que de ellos se espera con la menor posibilidad de error, incomprensión o ambigüedad respecto de los diagramas-referente que reciben.

Por este motivo, conseguir una acción efectiva requiere que los elementos visuales involucrados no deben inducir a confusión en receptores (Arnheim, 1969; Ursyn, 1998). En este caso, Gurr (1999) sugiere que las representaciones diagramáticas deben ser completas, vale decir que expresen todo lo necesario dentro de determinados códigos que usa un receptor y que conoce un emisor.

1.3. LA PROBLEMÁTICA A ESTUDIAR

Los diagramas expresan las imágenes operatorias emanadas de los proyectistas. No obstante hay que recordar que el proyectado es un elemento que va a parar al mundo real, ya fuera del sistema proyecto, por lo cual y evidentemente, ha de ser coherente en él.

En este sentido, cabe preguntarse si acaso el proyectista tiene conocimiento cierto de aquél mundo, en particular cuando tiene a la mano diagramas.

1.3.1. PROBLEMAS EN LA RESOLUCIÓN MENTAL

A partir de la noción del proceso de resolución mental, de las revisiones literarias realizadas y de la práctica de proyectos, se pueden detectar dos tipos de problemas que se relacionan:

- problemas del conocer, o lo que dificulta conocer mejor los sistemas artificiales reales; y,
- problemas del hacer, lo que dificulta la operación del proyecto.

a. Problemas del conocer

La complejidad y la interpretación. La resolución de un problema, en particular dentro de un proyecto de ingeniería, está sujeta a los avatares y vicisitudes de la complejidad que envuelven las acciones mentales y corpóreas usadas tanto en el sistema proyectar, como en la construcción del sistema proyectado (Blasco, 2000a).

El proyectista es una persona enfrentada a una *complejidad* donde debe, entre otras cosas, estar al tanto de los avances tecnológicos, superar sus limitantes mentales y físicas humanas y, eliminar las constricciones comunicacionales ontológicas y fisiológicas.

Además, el proyectista se enfrenta al problema de *interpretar la realidad* de los usuarios, quienes la perciben en sus palabras. A esto debe añadirse el hecho que el proyectista se comunica con otros, produciéndose otras interpretaciones, aunque de índole técnica.

Estas limitaciones humanas, provocan la necesidad de apoyarse en diversos medios e instrumentos que le permitan superar la incertidumbre del hacer creador (Ashby, 1977).

El conocer requiere ayudas. Aunque la humanidad tenga la meteorología para saber como estará el tiempo mañana, lo único claro es que los desaciertos son diarios, salvo que en el verano la probabilidad de mayores días cálidos es evidente.

En proyectos, *buscar soluciones es incierto y se necesitan ayudas* para conocer mejor. La bombilla creativa que se prende depende esencialmente de actos mentales individuales de personas concretas, no obstante el apoyo en herramientas es una ayuda valiosa, para cosas tan simples como anotar ideas o, en algo más complejo como recurrir al *brainstorming* para abrir la mente a nuevas posibilidades.

Lo que es claro, es que el uso de ayudas no garantiza que surja una solución ni tampoco que se tenga alguna en un plazo previsto según lo prevea la gestión del proyecto, no obstante es bueno tenerlas a la mano (Kerzner, 2000).

b. Problemas del hacer

Falta formalización y preparación para enfrentar el proceso de conocer / construir. Existe desconexión entre resolución mental y diagramas. Esto se puede deber principalmente a la ausencia *de un método que oriente el proceder* del hacer creador. En esencia es la ausencia de un método que permita centrar el hacer en aspectos que interesan, por ejemplo, de un sistema artificial real (Connolly, 2000).

El proceso es débil en su intención. Según se aprecia del esfuerzo de los autores revisados, sus intentos apuntan a tener un proceso claro y más definido. Con esto se desea destacar que se busca resolver un conflicto con acciones de ingeniería, con intención de robustecer y optimizar, tanto la resolución del conflicto como los recursos involucrados, para evitar o aminorar complicaciones del propio hacer que puedan afectar la viabilidad del sistema solución.

Es destacable la falta de una *actitud predictiva* que permita saber lo que se desea antes de hacerlo, especialmente cuando lo que se desea es satisfacer intereses de los usuarios, expresados habitualmente con palabras fuera del ámbito técnico y, de cuyas cualidades se deben derivar las interioridades de los sistemas artificiales reales (Giere, 1997).

El uso de diagramas en la resolución mental no está institucionalizado. Por diversas razones el uso de diagramas es ad-hoc e incluso eventual o, al menos no es sistematizado por dos razones:

- el conocimiento y asimilación de diagramas se realiza durante la experiencia profesional y/o,
- los diagramas se usan sin explotar al máximo su potencial de representación frente a descripciones numéricas y/o narrativas.

Las razones de este problema son diversas, sin embargo, queda claro que uno de ellos es la ausencia de una *guía que oriente sobre el uso de los diagramas* como herramientas cognoscitivas a la mano de los proyectistas usadas según se requieran (Anderson et. al, 2000).

1.3.2. EL PROBLEMA A TRATAR

Según lo anterior, falta un elemento que facilite el hacer, no obstante es necesario comprender mejor la manera en que un sistema artificial real se hace conocido a un proyectista. Esto requiere comprender mejor el mecanismo mediante el cual el mundo del usuario, o las palabras del mundo del usuario, son llevadas al mundo del proyecto, o a las palabras de un proyecto, asumiendo de partida la naturaleza incierta que esto conlleva al intentar ofrecer un sistema con la completitud que requiere el sistema deseado (Arnheim, 1969, p. 13).

Ahora bien, considerando los diagramas como un medio para ayudar al conocer, se puede decir que falta una perspectiva integradora que ayude *al conocer* de los sistemas artificiales reales, la cual permita contextualizar los diagramas en los pasos de resolución y usarles intencionadamente en la representación de lo que le interesa. Intención que, en *el hacer*, requiere evitar confusiones sobre el uso de los diagramas para ayudar efectivamente a construir un sistema artificial real.

1.3.3. LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Tomando en consideración el problema recién expuesto, la pregunta que motiva, origina y da sentido al esfuerzo de investigación de esta tesis es:

" *¿cómo se puede ampliar o profundizar el conocimiento sobre la construcción de sistemas artificiales reales en ingeniería?* "

1.4. LA PROPUESTA

La propuesta con la cual se pretende responder a la pregunta de investigación se sustenta en:

- las aportaciones de Maturana por su relevancia y actualidad para explicar el proceso de construcción de una realidad; y,
- en conceptos de semiótica por considerarse una vía válida de estudiar el significado que las personas dan a las cosas y, en particular a los diagramas (Anderson et. al, 2000; Blasco, 2000b).

Todo esto se usa para:

- aclarar cómo se conoce cuando hay diagramas de por medio, lo cual permite *integrarles* en el proceso de resolución mental; y,
- comprender los intereses de los usuarios como un conjunto de características y releer el significado de los diagramas para *vincularles* a tales características.

A continuación se presentan las bases de la propuesta, para luego discutir los dos puntos recién señalados.

1.4.1. BASES TEÓRICAS

Se ha planteado que el proyectista desea ofrecer un sistema artificial real que responda a los deseos de un usuario. El proceso de resolución mental es el medio inicial donde el paso de la interpretación del usuario, donde prima el punto de vista de las exterioridades, lleva a la interpretación del proyectista, donde prima el punto de vista de las interioridades, para que proceda a operar la resolución material (Figura 1.4).

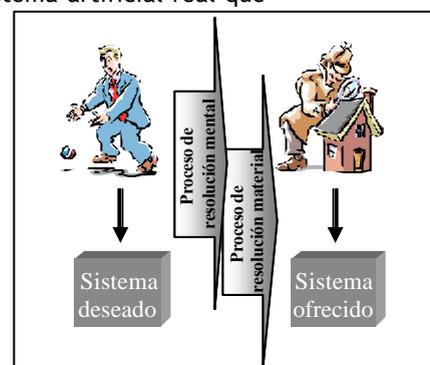


Figura 1. 4: El conflicto del proyectista

Observando el proceso de resolución mental, se puede decir que tanto usuario como proyectista son observadores de sus realidades y, como tales, y según Maturana (Maturana, 1993), esas realidades existen conforme exista un lenguaje que permita hacerlas surgir, explicarlas y, con la particularidad, que esa realidad se hace patente conforme sea posible expresar cualidades de ella.

Ante esta situación surgen dos preguntas, aplicables al proyectista y al usuario:

- ¿cuál es el lenguaje que se usa? y,
- ¿cuáles son las características en cada sistema?

Las cuales llevan a una tercera: ¿cómo se pasa de un lenguaje al otro?

Según como se mire, la realidad de un usuario termina cuando logra explicarlo en sus palabras, mientras la realidad de un proyectista en un proyecto surge cuando conoce un conflicto y concreta una solución técnicamente.

Figura 1.5: La construcción de realidades

En cierta medida, usuario y proyectista siguen un proceso de particularización y corporificación con la diferencia que esta última cambia en su nivel de materialidad física y corpórea (Figura 1.5). En este sentido, el sistema artificial real se conoce y construye en este continuo de corporificaciones y particularizaciones que involucra al usuario y al proyectista (Blasco, 2000b).

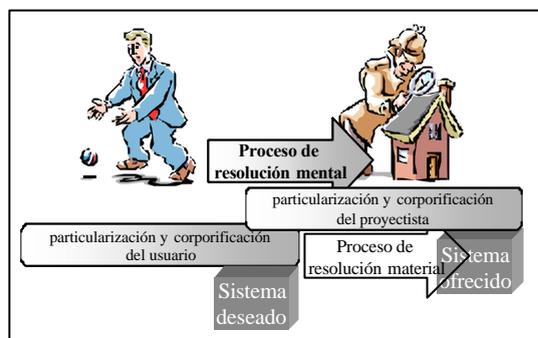


Figura 1.6: De lo no conocido a lo conocido técnicamente

Visto así, para el proyectista, la perspectiva del usuario es una realidad desconocida, tanto por lenguaje, como por intereses. Por lo tanto, en el proceso de resolución mental se debe ser capaz de pasar del universo del usuario al universo más conocido del proyectista (Figura 1.6).

Esto requiere que lo que desea expresar un usuario, el significado de sus palabras, sea clarificado, particularizado y corporificado en características más precisas. Similarmente, estas características han de ser detalladas, particularizadas y corporificadas dentro del proyecto en el lenguaje técnico—en palabras del proyectista— en particular mediante el uso de diagramas (Figura 1.7).

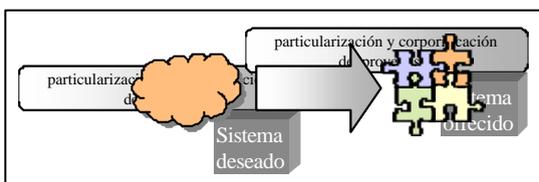


Figura 1. 7: De características del usuario a las características técnicas

Esto lleva a que en el proceso de resolución mental los diagramas se encuentren integrados de tal manera que permitan y ayuden en el proceso de conocimiento y construcción del sistema artificial real. No obstante esto requiere aclarar la forma de integrar los diagramas e, igualmente, vincularles a las características que interesan de un sistema artificial real, las cuales a su vez deben identificarse desde el punto de vista del usuario y del proyectista (Figura 1.8).

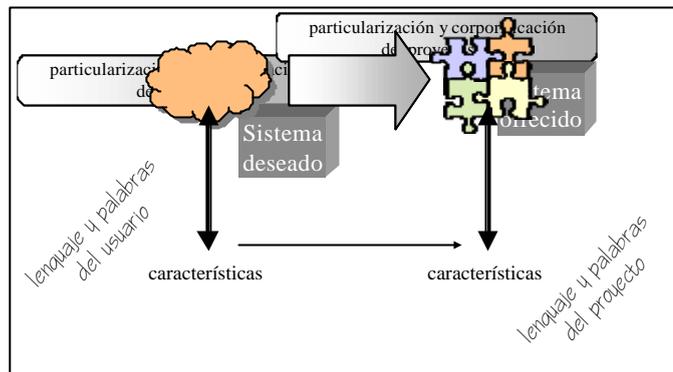
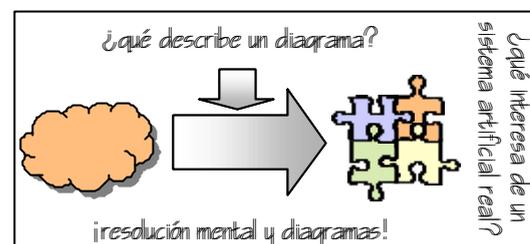


Figura 1. 8: La propuesta de proceso de resolución mental



1.4.2. INTEGRAR DIAGRAMAS EN EL PROCESO DE RESOLUCIÓN MENTAL

En Teoría de Sistemas, los sistemas poseen una organización, la cual se erige convenientemente en estructuras adecuadas a momentos y sitios particulares. Asumiendo que la organización del sistema artificial real está dado por el conjunto de características del usuario y la estructura estará dada por la corporificación en características técnicas, queda por aclarar el paso de la organización a la estructura.

Según Estivals (1998), LeMoigne (1977) y Martzloff (1975), el paso de la organización a la estructura es posible en la medida que se empleen descripciones simbólico-gráficas, en general, herramientas cognoscitivas.

Las herramientas cognoscitivas permiten, entre otras cosas², el registro de lo imaginado acerca de componentes y cualidades de un sistema, y también como un registro para entender lo que pasa y/o se desea que pase. En este último sentido, son eslabones que conectan estadios de resolución mental entre personas (Estay, 2000; Estay y Blasco, 2000a, 2000b), al registrar lo imaginado, que luego sirve para otra cosa (Poster, 1990).

Siendo los diagramas herramientas cognoscitivas y considerados descripciones simbólico-gráficas los diagramas-referente, los diagramas en general se vinculan formalmente al proceso de resolución mental.

²Las herramientas cognoscitivas agrupan todo un conjunto de elementos que asisten al proyectista a recordar, ver, comunicar, registrar, lo que desea o le interesa expresar (Victor, 1995).

Con estas ideas, el proceso de resolución mental se constituye por un continuo, o una cadena, de resoluciones, donde cada resolución se expresa diagramáticamente (Figura 1.9).

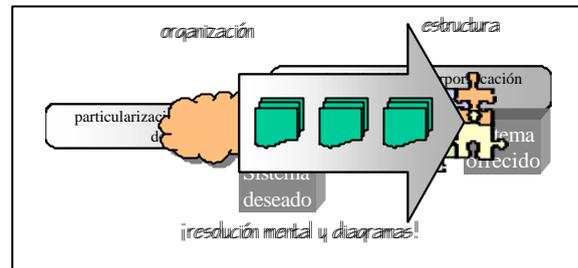


Figura 1. 9: Los diagramas en el proyecto

Por tanto, como parte del proceso de resolución mental, los diagramas pueden considerarse mediadores en la consecución de la estructura que mejor responda a una organización.

Este proceso, según destaca Maturana puede verse como una operación de distinción, dentro de la cual tienen cabida los diagramas, al ser el medio lingüístico con el cual los proyectistas comunican sus palabras.

1.4.3. VINCULAR CARACTERÍSTICAS Y DIAGRAMAS

La propuesta plantea que hay intereses y características a diagramar. Esto requiere identificar lo que interesa y lo que pueden describir los diagramas.

a. Lo que interesa de un sistema artificial real

De un sistema interesan sus cualidades y componentes estructurales. Los sistemas existen en la realidad a través de estructuras (Estay 1998). En el caso de esta tesis, se busca construir la estructura conceptual de un sistema artificial real, identificando y diagramando las características que les permiten emerger en un proyecto.

Esta emergencia es parte de un proceso de construcción que se inicia desde la aparente organización de un sistema (Limone y Cademartori, 1998, p. 26; Maturana, 1984, 1993, p. 237; Maturana y Varela, 1980, p 137) y concluye cuando se obtiene la llamada estructura del sistema (Maturana, 1984, 1993, p. 238; Maturana y Varela, 1980, p. 138). Aquí la estructura debe entenderse como una construcción mental que se extiende luego hacia una construcción material y corpórea.

El paso de la organización a la estructura es un continuo de resoluciones que busca definir, aclarar y construir y, por tanto, conocer, las cualidades y componentes de un sistema (LeMoigne, 1977). Tales resoluciones involucran operaciones³ que permiten, entre otras, ir explicando, particularizando y/o descubriendo las cosas.

De esta manera, en el mencionado proceso, lo que se hace es definir y aclarar mentalmente y/o físicamente las cualidades (por ejemplo, mecanismos de homeostasis y retroalimentación) y componentes (partes y sus relaciones) estructurales que responden a la organización.

³ Por ejemplo, operaciones cognoscitivas, donde pueden incluirse un conjunto variopinto de actos mentales que se activan conforme lo requiera un acto de decisión (Senge, 1995).

En síntesis, se trata de definir y aclarar tales cualidades y componentes, en general características, que son las que interesan de un sistema artificial real y que efectivamente permiten que exista como tal ante una persona.

¿Qué interesa de un sistema artificial real? Para saber lo que interesa de un sistema artificial real, se puede recurrir a la psicología evolutiva y mostrar así de qué manera las personas van estableciendo relaciones con las cosas que le rodean y que persisten en la medida que hay algo de interés (Papalia, 1993; Beals y Hoijer, 1969; Bijker et. al, 1990).

Este tipo de aproximación muestra que existe un conjunto de motivaciones por conocer las cosas. Estas motivaciones definen dimensiones de interés, las cuales pueden ser descritas sobre la base de un conjunto de características representativas, pudiendo incluir en esta categoría propiedades, rasgos y/o cualidades.

En particular, para el caso de sistemas artificiales reales, según Blasco (1998), ellas pueden extraerse del estudio de los sistemas técnicos, lo que permite hablar de identificar características técnicas.

Debe aclararse que las características en general surgen de un proceso interpretativo que requiere comprender el significado de los intereses y de las mismas características.

En consecuencia, la respuesta a la pregunta, es la lista de características técnicas que definen estructuralmente el sistema artificial real en el proyecto y que reflejan el dominio de intereses de las personas respecto de su relación con el sistema artificial real. Donde, intereses y características finalmente surgen a partir de una cierta cantidad de datos básicos que proveen la información básica que ayuda a reconocerles (Figura 1.10).

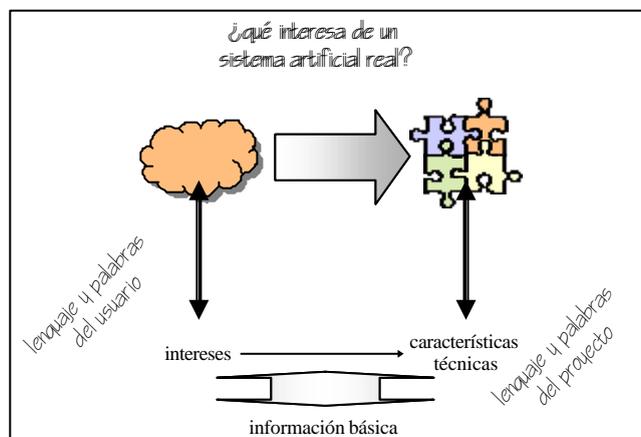


Figura 1. 10: Lo que interesa de un sistema artificial real

b. Lo que describen los diagramas

Los diagramas sustentan las resoluciones mentales. Aparte de algunas definiciones (Britannica, 2000; RAE, 1992), los diagramas sirven para mostrar en poco espacio gran cantidad de información relacionada con algún tema, mostrando un todo y su complejidad.

Desde otro punto de vista, si se les consideran formalmente lenguajes de signos que permiten la comunicación humana son analizables semióticamente.

¿Qué describe un diagrama? Lo que puede describir un diagrama es un tema que ha intentado ser estudiado de diversas maneras (Blackwell y Engelhardt, 2000; Rieu, 1995).

No obstante, se han encontrado dificultades en sus estudios, principalmente por dos razones:

- los diagramas comprenden varios aspectos que son interpretables (Blackwell y Engelhardt, 1998); y,
- hay gran variedad de diagramas y se sabe poco de ellos (Brandt, 2000).

Sin embargo, en Brandt (2000) se destaca que es posible enfrentar estas dificultades buscando una lista finita del potencial descriptivo, explicatorio o representativo del universo de diagramas. Por tanto, ante la variedad de diagramas, se ha planteado en esta investigación que la lista puede extraerse:

- del universo específico de diagramas de ingeniería, por ser la disciplina donde los sistemas artificiales reales en mayor medida se producen (Hart, 2000; Victor, 1995); y,
- analizar y extraer el potencial descriptivo desde la semiótica, tal como ha sido planteado en Brandt (1997) y en Blasco (2000b).

En consecuencia, la respuesta a la pregunta, se reduce a la lista finita de lo representable por un conjunto de diagramas usados en ingeniería, lo cual se corresponde con el hecho de representar hechos o datos que aportan determinada información de la realidad (Figura 1.11).

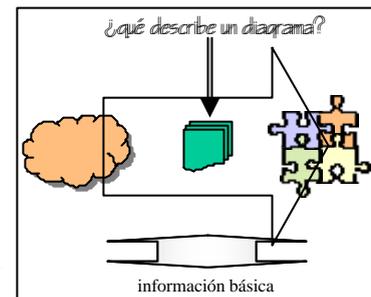


Figura 1. 11: Lo que describe un diagrama

Debe aclararse que esta información en general surge de un proceso interpretativo que requiere comprender el significado de los diagramas en su uso y naturaleza. Además, si bien interesa representar aspectos que interesan a los usuarios, se trabajará bajo códigos de ingeniería, pensando que los diagramas serán leídos y tratados por proyectistas.

1.5. LA TESIS Y SUS OBJETIVOS

Según se desprende de los desarrollos previos, la pregunta de investigación puede responderse con la tesis de esta disertación doctoral:

" los sistemas artificiales reales pueden ser conocidos a través de una cantidad limitada de características descritas mediante una tipología de diagramas. "

Planteada así la tesis, el objetivo principal de la investigación es:

" profundizar en la forma de conocer los sistemas artificiales reales en ingeniería. "

Conseguir el objetivo requiere satisfacer tres objetivos primarios.

i. Integrar los diagramas en el proceso de resolución mental. Con este objetivo se generan las bases teóricas que permiten ver el proceso de resolución mental como un proceso cognoscitivo dentro del cual los diagramas tienen sentido.

ii. Encontrar la relación entre características y diagramas. Con este objetivo se genera un instrumento de trabajo tal que permita:

1. identificar las características que interesan de un sistema artificial real;
2. establecer una tipología de diagramas de base semiótica; y,
3. vincular características con diagramas.

iii. Analizar el resultado obtenido. Aquí interesa mostrar la coherencia del resultado obtenido en el caso particular de un sistema artificial real.

1.6. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El proceso de investigación depende de los datos que se obtengan de los diagramas y de su interpretación, tratando de encontrar la relación más completa y fidedigna entre características y diagramas dentro del esperado rol semiótico de los diagramas en el proceso de resolución mental.

Para conseguir lo anterior, se han ejecutado un conjunto de actividades usando una serie de consideraciones metodológicas, cuyo detalle se muestra en el capítulo 2.

1.6.1. ACTIVIDADES REALIZADAS

En el plan de trabajo se considera la ejecución de cinco actividades, cada una de las cuales aporta valor a la tesis en razón de sus propios resultados y sus consideraciones metodológicas particulares (Figura 1.12).

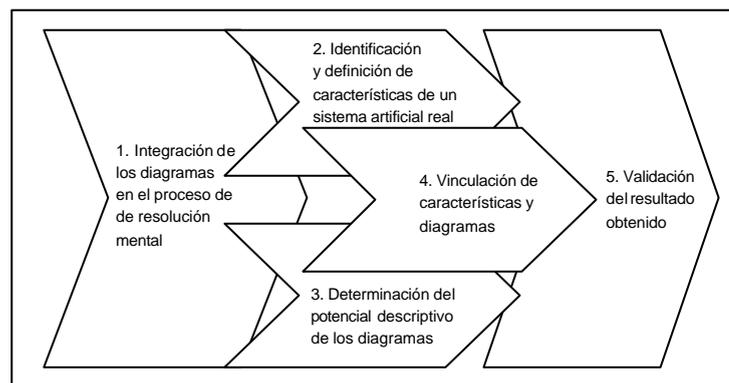


Figura 1.12: El valor de las actividades al proceso de investigación

En la primera actividad, **Actividad 1 Integración de los diagramas en el proceso de resolución mental**, se introducen elementos de la epistemología del conocer de Humberto Maturana y, la noción de signo y cadena semiótica tomados de la semiótica de Peirce. Gracias al uso del lenguaje que Maturana sugiere se introducen los diagramas como lenguajes de signos en el proceso epistemológico del conocer consiguiéndose una especificación del proceso de resolución mental como una sucesión de diagramas-referente.

La segunda actividad, **Actividad 2 Identificación y definición de características de un sistema artificial real**, se orienta a producir la lista de características técnicas de un sistema artificial real. La determinación de estas características involucra un análisis de las preocupaciones de las personas por las cosas. El resultado es la lista de características que interesan desde la perspectiva técnica de ingeniería.

En la tercera actividad, **Actividad 3 Determinación del potencial descriptivo de los diagramas**, se analiza semióticamente un conjunto de diagramas produciendo la lista de lo que ellos representan.

La cuarta actividad, **Actividad 4 Vinculación de características y diagramas**, se busca la fusión de las dos listas obtenidas previamente para dar lugar al conjunto de relaciones entre características y diagramas.

Por último, la **Actividad 5 Análisis del resultado obtenido**, es el examen de éste en su aplicación al caso específico del sistema artificial real sistema de información.

1.6.2. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

En el ámbito metodológico se han considerado una serie de instrumentos de investigación, empleados a lo largo de las actividades, cada una de las cuales en particular requirió una metodología particular. Además, se definió una secuencia metodológica de ejecución de las actividades.

Instrumentos metodológicos. Corresponden a las herramientas teóricas, conceptuales y de análisis empleadas y clasificadas como: paradigmas de investigación, tipo de datos, método de investigación, técnica de captura de datos y modo de análisis.

En el paradigma de investigación se incluyen elementos post-positivistas, sistémicos y post-racionalistas para, respectivamente, ejecutar el proceso de investigación, pensar en sistemas y, asumir la realidad que el investigador altera y es alterado por la investigación. A ella se ha sumado un método de investigación y una técnica de captura de datos de análisis de documentos y tratamiento de datos cualitativos.

Tales datos se tratan bajo una perspectiva hermenéutica. Esto permite reconocer que el proceso de investigación se hace y se rehace, se construye, conforme la tesis avanza.

Estos instrumentos permiten mantener una línea de pensamiento y actitud investigadora coherente con un trabajo intensivo en análisis de documentos e intensivo en interpretación semiótica de las unidades de análisis 'característica' y 'diagrama'.

Epistemología de la tesis. Se presenta un modelo que sintetiza y resume la epistemología en uso, destacando las relaciones causales entre conceptos empleados según determinados autores o temas de referencia.

Descripción metodológica de las actividades. Cada actividad fue trabajada siguiendo metodologías particulares con tal de garantizar la verificación de la investigación. Dentro de cada metodología subyacen los diversos instrumentos de investigación recién mencionados.

Relación entre las actividades. Entre actividades se ha planteado una estructura metodológica de relaciones que permite un enriquecimiento y mejora del trabajo. Esta estructura se basa en ejecutar las actividades en espiral.

1.7. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO DE TESIS

El documento de la tesis consta de 6 capítulos y un anexo. Luego de este capítulo, en el capítulo 2 se presenta la organización del trabajo realizado, identificando las actividades y sus relaciones y, las consideraciones metodológicas del proceso de investigación seguido. Además, se presentan los criterios que han permitido verificar el proceso de investigación.

En el capítulo 3 se introduce la Teoría del Conocimiento empleada, la semiótica y la epistemología del conocer, para integrar y contextualizar los diagramas semióticamente bajo un planteamiento lingüístico del proceso de resolución mental.

En el capítulo 4 se describe el instrumento para el proyectista. Se muestran los pasos seguidos en la identificación de características, el análisis semiótico aplicado sobre el conjunto de diagramas de ingeniería seleccionado y, la relación entre características y diagramas.

En el capítulo 5 se muestra la aplicación del resultado, como caso general, al caso particular del sistema artificial real sistema de información.

En el capítulo 6 se finaliza el documento de tesis, señalando las conclusiones, aportaciones, implicancias y líneas futuras de acción.

El Anexo muestra los diagramas de ingeniería considerados en la investigación.

1.8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguinaga, J. M. (1995). *Aspectos sistémicos del Proyecto de Ingeniería*. Fundación General UPM. Madrid-España: Publicaciones ETSII de Madrid. 50 pp.
- Aguirre, Ángel; Álvarez A., José Ma., y, Escorza, José. (1986). *Conceptos fundamentales de Psicología*. PPU. 229 pp.
- Anderl, R. (1997). Trends in Product Modeling. En *Proceedings 11th International Conference On Engineering Design ICED 97*, pp. 113-120.
- Anderson, Michael; Cheng, Peter; y, Haarslev, Volker. (2000). *Theory and Application of Diagrams*. Lecture Notes in Artificial Intelligence 1889. Subseries of Lecture Notes in Computer Science. SPRINGER. 504 pp. Septiembre.
- Arnheim, Rudolf. (1969). *Visual thinking*. California-USA:University of California Press. 345 pp.
- Ashby, W. Ross. (1977). *Introducción a la cibernética*. Buenos Aires : Ediciones Nueva Visión. 391 pp.
- Barbier, Jean-Marie. (1996). *Elaboração de projectos de acção e planificação*. Porto-Portugal:Porto Editora. 191 pp.
- Bayazit, Nigan. (1999). Engineering Design and Design Education: Why and How? En Saõlamer, G.; Melezinek, A.; y, Incecik, S. (1998). En *Proceedings Pädagogische probleme in der ingenieurausbildung referate des.27 Internationalen Symposiums "Ingenieurpädagogik '98"*. Alsbach/Bergstrasse:Leuchtturm-Verlag. pp. 708-714.
- Beals, Ralph; y, Hoijer, Harry. (1969). *An Introduction to Anthropology*. The MacMillan Company. 788 pp.

- Beer, Stafford. (1976). *The Brain of the Firm*. EEUU:Penguin Press. 405 pp.
- Bijker, Wiebe E.; Hughes, Thomas P.; y Pinch, Trevor (eds.) (1990). *The Social Construction of Technology Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press. 405 pp.
- Blackwell, Alan; y, Engelhardt, Yuri. (1998). A taxonomy of diagram taxonomies. En *Proceedings of Thinking with Diagrams 98: Is there a science of diagrams?*, pp. 60-70.
- Blackwell, Alan; y, Engelhardt, Yuri. (2000). A meta-Taxonomy for Diagram Research. En Anderson, Michael; Meyer, Bernd; y, Oliver, Patrick (eds.) (2000). *Diagrammatic Representation and Reasoning*. Springer-Verlag. 600 pp.
- Blanchard, Benjamin. (1995). *Ingeniería de Sistemas*. Isdefe113 pp.
- Blasco, Jaume. (1966). *De Omni re Scibile*. Departament de Projectes d'Enginyeria. Universitat Politècnica de Catalunya. No publicado. 326 pp.
- Blasco, Jaume. (1990). El Proceso de Invención (Ponencia N 4). En *Actas VI Congreso Nacional de Proyectos de Ingeniería*. Almagro-España, 26-29 Junio. 700 pp. pp. 283-295.
- Blasco, Jaume. (1998). *Introducción al proyecto*. Departament de Projectes d'Enginyeria. Universitat Politècnica de Catalunya. CD-ROM.
- Blasco, Jaume. (2000a). *Los artefactos y sus proyectos*. POLITEXT Àrea d'Enginyeria Mecànica. Barcelona-España:Edicions UPC. 399 pp.
- Blasco, Jaume. (2000b). Los proyectos, el proyectar y el proyectado. *Departament de Projectes d'Enginyeria. Universitat Politècnica de Catalunya*. <http://bscw.ulpgc.es> . Leído el 21/10/2000. 166 pp.
- Brandt, Per Aage. (1997). The Schematism of Diagrams. En *Proceedings of Colloque C/SL 97. L'image dans le langage et dans les non-langages*. Center for semiotic research. University of Aarhus. <http://www.hum.au.dk/semiotics/docs/epub/urb97/urb97.htm>. Leído el 20/9/2000. 5 pp.
- Brandt, Per Aage. (2000). The Schematism of Diagrams. Center for semiotic research. University of Aarhus. <http://www.hum.au.dk/semiotics/docs/publications/paab/diagramas/diagramas.htm>. Leído el 17/5/2000. 7 pp.
- Britannica. (2000). Britannica Encyclopedia. <http://www.britannica.com>.
- Connolly, John. (2000). Diagrams as Components of Multimedia Discourse: A Semiotic Approach. En *Anderson et. al (2000)*, pp. 479- 482.
- Converse B. Frederic. (1906). *The Americana. A Universal Reference Library*. Scientific American Compiling Dep't.
- David, B. T. (1987). Multi-Expert Systems for CAD. En Hagen, P. J. W.; y, Tomiyama, T. (eds.) (1987). *Intelligent CAD Systems I. Theoretical and Methodological Aspects*. Springer-Verlag. 360 pp. pp. 57-67.
- Deforge, Yves. (1981). *Le Graphique Technique.Son histoire et son enseignement*. Collection lillieux. Paris-Francia:Champ Vallon. 225 pp.
- Denis, Michael. (1984). *Las imágenes mentales*. Madrid-España:Siglo XXI. 247 pp.
- Eder, Ernst. (1987). Structures as models in the design and development of a systems. En Yoshikawa, H.; y Warman, E. A. (eds.) (1987). *Design Theory for CAD*. Elsevier Science Publishers. 463 pp. pp. 33-55.
- Estay, Christian. (1998). White paper 02. Curso de doctorado "Visión del Proyecto como un Sistema Artificial". *Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universitat Politècnica de Catalunya*. Barcelona, España. Enero. 12 pp. <http://www.terra.es/personal4/cestay/papers.htm>.
- Estay, Christian. (2000). A methodological position about the use of diagrams in projects. En *Proceedings of Symposium on Industrial Systems (IS 2000) - International ICSC Congress on Intelligent Systems & Applications (ISA 2000)*. Wollongong, Australia. Diciembre. 12-15.
- Estay, Christian; y, Blasco, Jaume. (1998a). Aclaraciones respecto del uso de Sistemas en el área de Proyectos. Working paper PE-98-00. *Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universitat Politècnica de Catalunya*. Barcelona, España. Mayo. 40 pp. <http://www.terra.es/personal4/cestay/papers.htm>.
- Estay, Christian; y, Blasco, Jaume. (1998b). El Proyecto de Sistemas. En *electronic Proceedings IV International Congress of Project Engineering*. Córdoba-España:Universidad de Córdoba. Octubre 7-9. pp. 175-184.
- Estay, Christian; y, Blasco, Jaume. (2000a). El universo de proyectos: una epistemología sistémica para proyectos. En *electronic Proceedings V International Congress of Project Engineering*. Lérida, España. 4-6 Octubre.
- Estay, Christian; y, Blasco, Jaume. (2000b). Un planteamiento semiótico-sistémico en proyectos: la trayectoria de diagramas. En *electronic Proceedings V International Congress of Project Engineering*. Lérida, España. 4-6 Octubre.
- Estivals, Robert. (1998). Théorie Cognoscitive de la Schématisation Le Reseau. *Schéma et Schématisation*, 48:7-54. 2n. Trimestre.
- Fernández González, Luís. (1995). Una epistemología para la tecnología. En *Actas III Congreso Nacional de Ingeniería. 2ª Parte - Desarrollo del Congreso, Volumen I Comunicaciones*. Madrid, España. 1243 pp. pp. 267-271.

- Giere, Ronald N. (1997). *Understanding scientific reasoning*. Fort Worth:Harcourt Brace College. 309 p.
- Gómez-Senennt, Eliseo. (1998). *La Ciencia de la Creación de lo Artificial*. Colección Ciencia e Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. 193 pp.
- Gómez-Senennt, Eliseo; Chiner, Mercedes; Capuz R., Salvador; Aragones, Pablo; y, Santamaría, José Luis. (1996a). Teoría de las Dimensiones del Proyecto. En *Proceedings III International Congress of Project Engineering*. Barcelona, Terrasa. Departament de Projectes de l'Enginyeria. Universitat Politècnica de Catalunya. Septiembre 12-14. pp. 104-113.
- Gómez-Senennt, Eliseo; Chiner, Mercedes; Capuz R., Salvador; Aragones, Pablo; y, Santamaría, José Luis. (1996b). ¿Es el proyecto un Sistema? En *Proceedings III International Congress of Project Engineering*. Barcelona, Terrasa. Departament de Projectes de l'Enginyeria. Universitat Politècnica de Catalunya. Septiembre 12-14. pp. 131-140.
- Gooding, David (coord.) (1998). Discussion Paper: History of Science. En Twd (1998). <http://www.mrc-cbu.cam.ac.uk/projects/twd/discussion-papers/history.html>. Última actualización Diciembre 12.
- Gross, Mark D. (1994). Recognizing and Interpreting Diagrams in Design. En *Proceedings of the workshop on Advanced Visual Interfaces*. Bari Italia. Junio 1-4. pp. 88-94.
- Grothe-Møller, Throkild (1998). PDM as basis for Lifecycle Modelling. En *SWEDCALs (1998)*. Stockholm. Febrero 10-11.
- Gurr, C. A. (1999). Effective Diagrammatic Communication: Syntactic, Semantic and Pragmatic Issues. *Journal of Visual Languages and Computing*, 10:317-342.
- Hart, Ian. (2000). Introduction to a Research Project, Educational Technological Resources. *Centre for Media Resources, University of Hong Kong*. http://media.hku.hk/cmr/edtech/Cognoscitive_Tools.html . 2 pp. Leído el 14/03/1998.
- Hubka, Vladimir; y, Eder, W. Ernst. (1988). *Theory of Technical System. A Total Concept Theory for Engineering Design*. Spinger-Verlag. 275 pp.
- Hubka, Vladimir; y, Eder, W. Ernst. (1992). *Engineering Design. General Procedural Model of Engineering Design*, Edición Eurista, 133 pp.
- Hubka, Vladimir; y, Eder, W. Ernst. (1996). *Design Science*. UK:Springer. 251 pp.
- Kerzner Harold (2000). *Applied project management best practices on implementation*. New York-USA:WILEY. 534 pp.
- Kim, Jinwoo; Hahn, Jungpil, Hahn; y, Hahn, Hyoungmee. (2000). How Do We Understand a System with (So) Many Diagrams? Cognoscitive Integration Processes in Diagrammatic Reasoning. *Information Systems Research*, 11(3):284-303.
- Larkin, Jill H.; y, Simon, Herbert A. (1987). Why a Diagram is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words. *Cognoscitive Science*, 11(1):65-99.
- LeMoigne, Jean Louis. (1977). *La Théorie du système général. Théorie de la modélisation*. France:Presses Universitaires de France. 258 pp.
- Limone, Aquiles; y, Cademártori R., David. (1998). *La Empresa. Una Red de Transformaciones*. Valparaíso Chile:Editorial Jurídica. 119 pp.
- Llaneza, Javier M. (1996). Desarrollo cognoscitivo y Psicología Ergonómica. Elementos comunes. Boletín FH Factores Humanos, 11. *Telefónica Investigación y Desarrollo*. Agosto. <http://www.tid.es/presencia/boletin/bolet11/art002.htm>.
- Martzloff, Charles. (1975). *Découvrir les systèmes*. Paris-Francia:Les éditions d'organisation. 252 pp.
- Maturana, Humberto. (1984). Fenomenología del Conocer. En *Del Universo al Multiverso*. Santiago-Chile:Editorial Universitaria.
- Maturana, Humberto. (1993). *Desde la Biología a la Sicología*. Santiago-Chile:SYNTHESIS Editorial. 241 pp.
- Maturana, Humberto; y, Varela, Francisco. (1980). *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 42. Holland:Reidel Publishing Co. 141 pp.
- Mélèsse, Jacques. (1979a). *L'Analyse Modulaire des Systemes de gestion*. 2ª edición. Paris-Francia:Editions Hommes et Techniques. 235 pp.
- Mélèsse, Jacques. (1979b). *Approches systémiqes des organisations*. Paris-Francia:Les éditions d'organisation. 157 pp.
- Nova, A.; y, Chianotti, E. (1990). Como evitar la proliferación descontrolada de métodos. *Departamento de Computación y Tecnología de la Información, Universidad Simón Bolívar*. Bolivia.Papalia, Diane. (1993). *Psicología del desarrollo: de la infancia a la adolescencia*. McGraw-Hill. 672 pp.
- Pahl, G.; y, Bietz, W. (1984). *Engineering Design a systematic approach*. Springer Verlag. 397 pp.
- Petre, Marian; y, Blackwell, Alan F. (1999). Mental imagery in program design and visual programming. *International Journal Human-Computer Studies*, 51:7-30.
- Poster, Mark. (1990). *The Mode of Information. Poststructuralism and Social Context*. Oxford-UK:Cambridge Polity Press, Basil Blackwell 179 pp.

- RAE. (1992). *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española*. Madrid-España.
- Rieu, Alain-Marc. (1995). The epistemological and philosophical situation of the mind techno-science. *Stanford Humanities Review*, 4(2). <http://shr.stanford.edu:80/shreview/4-2/text/rieu.html>. 13 pp. Leído el 3/01/1998.
- Roqueta, Matías José M. (1991). El Proyecto de Sistemas Tecnológicos. En *Actas VII Congreso Nacional Ingeniería de Proyectos*. Zaragoza-España, Junio. 463 pp. pp. 51-59.
- Sánchez, M. A.; Ferrero, G.; Gómez-Senent, E.; y, González, Ma. C. (1996). Una metodología para seleccionar las técnicas específicas aplicables al proyecto. En *Proceedings III International Congress of Project Engineering*. Barcelona, Terrasa. Departament de Projectes de l'Enginyeria. Universitat Politècnica de Catalunya. Septiembre 12-14. pp. 166-173.
- Santamaría, José Luis; Gómez-Senent, Eliseo; y, Chiner, Mercedes (1996). Tendencias y enunciados para una teoría del proyecto. En *Proceedings III International Congress of Project Engineering*. Barcelona, Terrasa. Departament de Projectes de l'Enginyeria. Universitat Politècnica de Catalunya. Septiembre 12-14. pp. 114-123.
- Scaife, Mike; y, Rogers, Yvonne. (1996). External cognition: how do graphical representations work? *International Journal Human-Computer Studies*, 45:185-213.
- Senge, Peter. (1995). *La Quinta Disciplina: cómo impulsar el aprendizaje en la organización inteligente*. Barcelona-España:Granica. 490 pp.
- Simos, Mark. (1998). WISR 7 Working Group Report: Domain Model Representations Strategies: Towards a Comparative Framework. <http://www.umcs.maine.edu/~ftp/wisr/wisr7/dawg-nps/dawg-nps.html>. Leído el 8/12/1998.
- Stewart, Ann Harleman. (1976). *Graphic Representation of Models in Linguistic Theory*. Indiana University Pres. 195 pp.
- Taura, Toshiharu; y, Yoshikawa, Hiroyuki. (1991). A Metric for Intelligent CAD. En Brown, David C., Waldrom, Manjula B.; y, Yoshikawa, Hiroyuki (eds.) (1991). *Proceedings of IFIP WG 5.2*. Elsevier Science Publishers (North Holland). Columbus OH, USA, 30 Septiembre - 3 Octubre. pp. 133-157.
- Thomas, Nigel J. T. (1999). Are Theories of Imaginary Theories of Imagination? An Active Perception Approach to Conscious Mental Content. *Cognoscitve Science*, 23(2)_207-245.
- Thomas, Nigel J. T. (2000). Mental imagery. The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 1999 Edition). Edward N. Zalta (ed.) <http://plato.stanford.edu/archives/fall1999/entries/russell/>
- Tichem, Marcel; Storm, Ton; Andraesen, Mogens M; y, MacCallum, Ken J. (1997). Product structuring, an overview. En *Proceedings 11th International Conference On Engineering Design ICED 97*, pp. 45-50.
- Ursyn, Anna. (1998). Current topics in design. Learning visual over the WWW. *Department of Visual Arts. University of Northern Colorado*. <http://etip.unco.edu/COURSES/ART513/ART513.HTM>.
- Varela, Francisco. (1996). *Conocer*. Colección El Mamífero Parlante. Barcelona-Madrid:GEDISA. 120 pp.
- Victor, Lawrence. (1995). CTTT: Cognoscitive Tools, Techniques, Training & Technology. En *Proceedings Conference on Cognoscitive Technology*. City Polytechnic of Hong Kong, 24-27 Agosto. <http://www.worldtrans.org/whole/cognoscitivetools.html>. Leído el 23/03/1998.
- Webby, Richard. (1998). History of Science - Important Applications. En TwD (1998). <http://www.mrc-cbu.cam.ac.uk/projects/twd/updates/history.html>. Última actualización Diciembre 12.
- Willemse, Michael A. (1997). Interactive product design tools for flexible automated assembly. PhD Thesis. Departamento de Ingeniería Mecánica y Tecnología Marina. *Delft University of Technology*. Septiembre 19. ISBN 90-370-0162-9. http://www-op.wbmt.tudelft.nl/pt/Online/Disertation_Willemse/first.html. Leído el 14/03/1998.
- Xue, Deyi; Takeda, Hideaki; Kireyama, Takashi; Tomiyama, Tetsuo; y, Yoshikawa, Hiroyuki. (1991). An intelligent Integrated Interactive CAD - A Preliminary Report. En Brown, David C.; Waldrom, Manjula B.; y, Yoshikawa, Hiroyuki (eds.) (1991). *Proceedings of IFIP WG 5.2*. Elsevier Science Publishers (North Holland). Columbus OH, USA, 30 Septiembre - 3 Octubre. pp. 163-187.
- Zanker, W.; y, Lindemann, U. (1998). Weaknesses of Today's Development Processes. En *electronic Proceedings IV International Congress of Project Engineering*. Córdoba-España:Universidad de Córdoba. Octubre 7-9. pp. 312-319.
- Zhang, Jiajie. (1997). The Nature of External Representations in Problems Solving. *Cognoscitve Science*, 21(2):179-217.

1.9. NOTAS CITADAS

i

Anderl (1997) propone que un sistema debe ser construido siguiendo tres niveles de abstracción, cada uno generando un determinado modelo. De esta forma, de mayor a menor nivel de abstracción se tendrá:

- un Modelo de Actividades de la Aplicación, que describe procesos;
- un Modelo de Referencia de la Aplicación, que define el modelo del producto; y,
- un Modelo Interpretado de la Aplicación, que fija necesidades de recursos.

ii

Andreasen (Grothe-Møller, 1998) propone una teoría de diseño donde convergen cuatro dominios de conocimiento de un producto:

- dominio del proceso, que describe la interacción entre el producto, el operador y los alrededores;
- dominio de la función, que describe la funcionalidad pretendida en el producto;
- dominio de los órganos, que describe las soluciones materiales diseñadas para las funciones pretendidas; y,
- dominio de las partes, que describe la descripción de los componentes físicos y las estructuras de ensamblaje.

iii

David (1987) presenta un espacio de diseño dentro del cual la evolución de un producto se rige por cuatro ejes:

- Eje morfológico, que muestra la evolución desde la función a la forma, de lo abstracto y cualitativo a lo concreto y cuantitativo, pasando por estadios de descripción lógico, topológico, geométrico y técnico;
- Eje de definición, que muestra la evolución de las especificaciones;
- Eje estructural, que muestra la evolución de la resolución según el método de resolución empleado, sea 'top-down' o 'bottom-up'; y,
- Eje de resolución, que muestra la evolución según el grado de detalle de representación del objeto, pasando por representaciones preliminares, esquemáticas y detalladas.

iv

Eder (1987) muestra un planteamiento más simple que el de Hubka y Eder (1988, presentado en la siguiente nota), sugiriendo la existencia de un espectro morfológico dentro del cual los productos se definen. Tal espectro es un desglose sistémico de la estructura del producto, pudiendo definirse tres niveles morfológicos que, de menor a mayor nivel de detalle, son:

- un nivel de conceptos funcionales, analizando sus efectos exteriores y destacando las entradas, salidas y características de un sistema;
- un nivel de conceptos estructurales, que muestra los elementos y las relaciones que el sistema contiene; y,
- un nivel de conceptos jerárquicos, que busca presentar la complejidad sistémica.

v

Hubka y Eder (1988) proponen varios niveles de concretización de un producto. Tales niveles, de menor a mayor nivel de detalle, son:

- nivel del sistema máquina (sm), donde se describen modos mecánicos de acción;
- 'phylum' (Phyl'ium: "Leaf -insect", Converse, 1906) del sm, donde se describen transformaciones;
- clase de sm, donde se describen la estructura de funciones y los principios tecnológicos empleados;
- familia de sm, donde se describen estructuras de funciones y de componentes;
- 'genus' (género, origen de una familia, linaje, estirpe, RAE, 1992) de sm, donde se describen dimensiones, componentes compartidos, u otras características más específicas y concretas y
- especie o tamaño de serie, donde se hacen descripciones detalladas.

vi

En Simos (1998) se presentan varios dominios de representación que se pueden dar en los modelos de las cosas que se construyen. Tales dominios se corresponden, de una u otra manera, con los mencionados por los diversos autores citados en las otras notas, sin embargo, el dominio del tiempo es particular en este estudio. Este dominio del tiempo, habla de representar la existencia de un sistema durante su ciclo de vida.

vii

Tichem et. al (1997) proponen que el diseño de un producto debe estructurarse sobre la base de:

- una descomposición orientada a la función;
- una configuración del diseño compuesta de un conjunto de elementos predefinidos combinados en formas predefinidas;
- unas necesidades sobre la base del ciclo de vida del producto; y,
- un diseño de las familias de productos o subproductos.

^{viii} Según Zhang (1997, p. 180), las representaciones externas "are defined as the knowledge and structure in the environment, as physical symbols, objects, or dimensions (e.g. written symbols, beads of abacuses, dimensions of a graph, etc.), and as external rules, constraints, or relations embedded in physical configurations (e.g., spatial relations of written digits, visual and spatial layout of diagrams, physical constraints in abacuses, etc.)". En particular, para Gooding (1998), los diagramas son esencialmente representaciones externas usadas para asistir al pensamiento. Para un mayor detalle sobre el tema, en Scaife y Rogers (1996) se discute una agenda de investigación para el tema de representación externa gráfica.

Las representaciones internas tienen que ver con la imagería mental (Gooding, 1998). Imagería mental según el Stanford Encyclopædia of Philosophy es la "experience that resembles perceptual experience, but which occurs in the absence of the appropriate stimuli for the relevant perception" (Thomas, 2000). Por su parte, para Larkin y Simon (1987) la imagería mental tiene que ver con "the uses of diagrams and other pictorial representation that are not stored on paper, but are held in human memory" (ibid, p. 97). Para mayor completitud del tema se puede consultar Thomas (1999) donde se presentan diversas teorías sobre este tema, Arnheim (1969, p.98) para un análisis del pensamiento visual o, Petre y Blackwell (1999), donde se estudia la imagería mental en el caso de programadores enfrentados a lenguajes de programación visual.

