



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – PLANEACION

**EXTENSIÓN OPTIMIZANTE A LA CRUZ MALTESA
DE LA METODOLOGÍA DE WILSON**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN INGENIERÍA

PRESENTA:
JUAN ANTONIO DEL VALLE FLORES

TUTOR PRINCIPAL
DR. MARCO ANTONIO MURRAY LASSO

MÉXICO, D. F., SEPTIEMBRE 2013

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Felipe de Jesús Lara Rosano

Secretario: Dr. José de Jesús Acosta Flores

Vocal: Dr. Marco Antonio Murray Lasso

1^{er}. Suplente: Dr. Javier Suárez Rocha

2^{do}. Suplente: Dr. Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero

Facultad de Ingeniería, UNAM.

TUTOR DE TESIS:

Dr. Marco Antonio Murray Lasso

I N D I C E

RESUMEN	5
ABSTRACT	5
OBJETIVOS DE ESTA TESIS DOCTORAL.	7
Parte I. MARCOS REFERENCIALES	9
CAPITULO 1 CRUZ MALTESA Y SU PROBLEMÁTICA	10
1.1 CONCEPTUALIZACIÓN	11
1.2 ESTRUCTURA Y CONSTRUCCIÓN DE LA CRUZ MALTESA.	12
1.3 PAPEL Y VIGENCIA DE LA CRUZ MALTESA.	14
1.4 LA PERTINENCIA DE MI PROPUESTA.	15
CAPITULO 2 MARCO GENERAL:	18
2.1 LA METODOLOGÍA	19
2.1.1 ETAPA 1: SITUACIÓN PROBLEMA NO ESTRUCTURADA	20
2.1.2 ETAPA 2: SITUACIÓN PROBLEMA EXPRESADA	20
2.1.2.1 La Visión Enriquecida.	22
2.1.3 ETAPA 3: NOMBRAMIENTO DE LOS SISTEMAS RELEVANTES. DEFINICIONES RAÍZ.	23
2.1.3.1 CATWOE	23
2.1.4 ETAPA 4: MODELOS CONCEPTUALES.	24
2.1.4.1 Modelación de Sistemas Formales	25
2.1.4.2 Monitorear un sistema.	25
2.1.5 ETAPA 5: COMPARAR MODELOS CONCEPTUALES CON REALIDAD.	26
2.1.5.2 Comparar historia con predicción del modelo	26
2.1.5.3 Comparación Global con la Realidad.	27
2.1.5.5 Recubrimiento del Modelo	27
2.1.6 ETAPA 6: CAMBIOS FACTIBLES Y DESEABLES.	28
2.1.7 ETAPA 7: IMPLEMENTAR LOS CAMBIOS.	28
2.2 EL ENFOQUE CULTURAL	29
2.2.1 ANALISIS DE LA INTERVENCION.	29
2.2.2 ANALISIS SOCIAL	30
2.2.3 ANALISIS POLITICO	30
2.3 DISCREPANCIAS AUTORALES QUE CONDICIONAN LA PROPUESTA DOCTORAL.	30
CAPITULO 3 ANALISIS DE REQUERIMIENTOS DE WILSON	33
3.1 LA METODOLOGIA.	33
3.1.1 EL MODELO DE CONSENSO DE TAREA PRIMARIA.	34
3.1.2 EL ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN.	35
3.1.3 LAS METODOLOGÍAS DEL ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.	36

Parte II MI PROPUESTA DOCTORAL 40

CAPITULO 4 LA PROPUESTA UNA CRUZ MALTESA EFICIENTISTA 41

4.1 RELACIONES CONCEPTUALES A CUMPLIR. 42

4.2 EL PSEUDOMODELO EFICIENTISTA A INCRUSTAR EN LA CRUZ MALTESA. 43

4.3 EJEMPLO DE CRUZ MALTESA. 44

CAPITULO 5 EL MODELO OPTIMIZADOR 48

5.1 EL DISEÑO DE UN MODELO DE OPTIMIZACION. 48

5.2 ESTADO DEL ARTE DE LOS ALGORITMOS PARA EL PROBLEMA DE COBERTURA. 50

5.2.1 ENFOQUES DE SOLUCIÓN. 50

5.2.1.1 Reformulación de la descripción lineal del problema. 51

5.2.1.2 Heurísticos para problemas de cobertura. 51

5.2.1.3 Enfoques de solución exactos para problemas de cobertura. 52

5.2.1.4 Al Futuro. 53

5.3 UNA BREVE APLICACION PRELIMINAR. 53

Parte III. APLICACION: LA REVISION DE UN PLAN DE ESTUDIOS. 61

CAPITULO 6 VISION GLOBAL DE UNA APLICACIÓN 63

6.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA. 63

6.2 LA PROPUESTA DE UN ENFOQUE SISTÉMICO SUAVE EN EL PROBLEMA. 64

6.3 LA EXTENSIÓN DEL MODELO SSM: COMBINAR SISTEMAS SUAVES Y DUROS. 64

6.4 EL DISEÑO DE LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL. 65

6.4.1. DESARROLLO DEL SOFTWARE BÁSICO 66

6.4.2. MODELO CONCEPTUAL DE TAREA PRIMARIA CONSENSUADO 66

6.4.3. DISEÑAR LA CRUZ MALTESA. 66

6.4.4. APLICAR LA OPTIMIZACIÓN. 66

6.4.5. CONSULTAR LOS RESULTADOS. 66

CAPITULO 7 APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOS SISTEMAS SUAVES 69

7.1 INVESTIGACIÓN CULTURAL. 69

7.1.1 ANÁLISIS DE LA INTERVENCIÓN. 69

7.1.2 ANÁLISIS SOCIAL 70

7.1.2.1 Normas. 70

7.1.2.2 Valores. 70

7.1.3 ANÁLISIS POLÍTICO. 71

7.2 INVESTIGACION LOGICA. 71

7.2.1 SITUACION PROBLEMA. 71

7.2.2 EXPRESIÓN DEL PROBLEMA 75

7.2.3 DEFINICIONES RAIZ. 76

7.2.4 MODELO CONCEPTUAL DEL PLAN DE ESTUDIOS 80

CAPITULO 8 EL SISTEMA DE INFORMACION DE LA CRUZ MALTESA 84

8.1 ETAPA DE COMPARACION DE LA SSM UTILIZANDO CRUZ MALTESA. 86

8.2 MODULO: CRUZ MALTESA AUTOMATIZADA. 87

8.2.1 CAPTURA DE LA INFORMACION PARA LA FORMA DE LA CRUZ MALTESA.	89
8.2.2 HERRAMIENTAS PARA ENLAZAR.	90
8.3 MODULO DE COBERTURA ÓPTIMA	92
8.3.1 PREPARACION DE LA OPTIMIZACIÓN: CREAR UN ARCHIVO MPS.	94
8.3.1.1 Formato del archivo LINDO-MPS.	94
8.3.1.2 La Interfaz de Programación Matemática.	95
8.3.1.3 La Optimización: procesar el archivo MPS.	96
8.4 MODULO INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	96
8.4.1 PROCEDIMIENTOS DE PROCESO A LA INFORMACIÓN A CONSERVAR.	98
8.4.2 PROCEDIMIENTOS DE PROCESO A LA INFORMACIÓN A ELIMINAR.	99
8.5 ALGUNOS OTROS RESULTADOS DERIVADOS.	99
8.5.1 ASIGNATURAS A ELIMINAR.	99
8.5.2 TEMAS A ELIMINAR.	100
8.6 OPERACIONES INTERNAS DEL SISTEMA DE INFORMACION.	101
8.6.1 ANÁLISIS DE LA ÚLTIMA OPTIMIZACIÓN.	101
8.6.2 LA CONVERSIÓN DEL ARCHIVO TXT DE RESULTADOS EN UNA BASE DATOS.	102

PARTE IV FINAL 104

CAPITULO 9 CONCLUSIONES	104
9.1 EL RESUMEN DE HECHOS DE LA INVESTIGACIÓN	104
9.2 LAS APORTACIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACION	105
9.3 LAS REFLEXIONES EN LA INVESTIGACIÓN	105
9.4 LAS CONTRIBUCIONES AL CONOCIMIENTO.	106
9.5 LAS LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.	107
9.6 LAS REFLEXIONES METODOLÓGICAS.	107
9.7 LA PROPUESTA PARA TRABAJOS FUTUROS.	108

REFERENCIAS AL CAPITULO 1	16
REFERENCIAS AL CAPITULO 2.	31
REFERENCIAS AL CAPITULO 3.	37
REFERENCIAS AL CAPITULO 4.	47
REFERENCIAS AL CAPITULO 5.	59
REFERENCIAS AL CAPITULO 6.	67
REFERENCIAS AL CAPITULO 7.	82
REFERENCIAS AL CAPITULO 8.	102

INDICE DE SIGLAS AL CAPITULO 1	17
INDICE DE SIGLAS AL CAPITULO 2	32
INDICE DE SIGLAS AL CAPITULO 3	39
INDICE DE SIGLAS AL CAPITULO 4	47
INDICE DE SIGLAS AL CAPITULO 5	60
INDICE DE SIGLAS AL CAPITULO 6	67
INDICE DE SIGLAS AL CAPITULO 7	82
INDICE DE SIGLAS AL CAPITULO 8	102

RESUMEN

Inicio mi investigación doctoral explorando problemáticas en diferentes contextos y en esa tarea descubro, en principio, la potencialidad de la Metodología de Sistemas Suaves del autor contemporáneo Peter Checkland, para intervenir en situaciones propias de la Planeación. Asimismo descubro también los trabajos de otro autor, Brian Wilson, cofundador también de la SSM, pero cuyo enfoque estriba en proponer formas de “cómo hacerlo”; siendo una de esas formas precisamente el mecanismo de la Cruz Maltesa, elemento fundamental en el campo del análisis de requerimientos. Como consecuencia de mi formación como ingeniero, típico practicante de los sistemas duros, me propuse identificar una forma en que la Cruz Maltesa aportara un diagnóstico “formal” y que no solo “sugiriera”, esto mediante la aplicación de una de las metodologías de los sistemas duros (la optimización binaria en el problema de cubrimiento), a los sistemas suaves. Concretamente, este mecanismo de chequeo de requerimientos, la Cruz Maltesa, se ejercita relacionando elementos de cuatro matrices, una en cada cuadrante; pero el análisis clave de requerimientos necesita la relación de solo dos de estas matrices, esto es, aquella matriz que manifiesta las necesidades conceptuales y aquella matriz que describe la situación presente en términos de procedimientos. Así mi propuesta simple es una optimización entre ambas matrices; para ello, lo que yo propongo es adicionar una herramienta de optimización a la Cruz Maltesa para la selección de los procedimientos de procesos a la información, todo ello en el marco del enfoque de la metodología de los sistemas suaves. El beneficio que se alcanza con esta extensión, es potenciar el manejo de este mecanismo multimatricial en el sentido de abordar problemas con sistemas mayores. La implementación de mi tesis redundaría en que la Cruz Maltesa tenga en el futuro un uso mayor entre la comunidad practicante de los sistemas suaves y de la planeación en general.

ABSTRACT

I start my doctoral research exploring issues in different contexts and in doing I find, in principle, the potentiality of the soft systems methodology of the contemporary author Peter Checkland, to intervene in planning situations. I also discover the works of another author, Brian Wilson, co-founder of the soft systems methodology, but whose focus is to propose ways of "how-to do it"; being one of those forms precisely the mechanism of the Maltese Cross, a fundamental element in the field of the analysis of requirements. As a result of my training as an engineer, typical practitioner of hard systems, I decided to identify a way in which the Maltese Cross brings a "formal" diagnosis and that not only "suggested", this by applying one of the methodologies of hard systems (binary optimization on the problem of set covering), to the soft systems. In particular, this mechanism of checking of requirements, Maltese Cross, is exercised relating elements of four arrays, one in each quadrant; but the key requirements analysis needs the relationship of just two of these matrices, i.e. that array that expresses the conceptual needs and that matrix which describes the actual situation in terms of procedures. So my simple proposal is an optimization between both arrays; so, what I propose is add a tool to the Maltese Cross for the selection of procedures for processes to information, all within the framework of the approach of soft systems Methodology. The benefit that can be achieved with this extension, is to promote the management of this multimatricial mechanism in the sense of addressing problems with plus size systems. The implementation of my thesis would be that the Maltese Cross has greater use in the future between the soft systems and planning practitioner community in general.

OBJETIVOS DE ESTA TESIS DOCTORAL

El mecanismo de diagnóstico denominado Cruz Maltesa fue publicado en 1980 por Brian Wilson, con un carácter de autosuficiencia. Posteriormente el autor presentó este mecanismo, como una utilidad, formando parte de su Análisis de Requerimientos, descrito en el Capítulo 6 de su clásico libro *Sistemas: Conceptos, Metodología y Aplicaciones*, publicado en 1984.

El objetivo de esta tesis es proponer la forma en que esta metodología denominada Cruz Maltesa tenga un uso mayor en la comunidad practicante de los sistemas suaves. Eso lo propongo adicionándole una herramienta de optimización a la Cruz Maltesa para la selección de los procedimientos de procesos a la información; todo ello en el marco del enfoque de sistemas suaves, pero conjuntando herramientas del enfoque de sistemas duros. El beneficio que se alcanza con esta extensión, es potenciar el manejo de este mecanismo multimatricial en el sentido de abordar problemas con sistemas mayores.

El análisis de requerimientos juega un papel crítico en la planeación de los sistemas. Se trata de un proceso para identificar necesidades y con ello determinar qué considerar en el diseño de un sistema. Este análisis de requerimientos de Wilson, constituye en sí, una aplicación de la Metodología de los Sistemas Suaves, SSM.

La SSM se ha desarrollado como resultado de la teoría y experiencia práctica del Dr. Peter Checkland en la Universidad de Lancaster. Brian Wilson, exprofesor de la misma Universidad, construyó en los años setentas, aplicaciones a esta metodología sobre tipos particulares de problemas de nuestro tiempo: Análisis de Requerimientos de

Información, Exploración de Roles, Resolución de Hechos y Reorganización.

La tesis se desarrolla conforme los resultados de mi investigación doctoral.

Globalmente pretendo mostrar el contexto del objeto en que se centra, la propuesta de mi tesis y termino con la factibilidad de su implantación.

Así entonces, el documento de mi tesis doctoral lo he dividido en cuatro partes:

La primera, compuesta de tres capítulos que describen conceptualmente a los suprasistemas del objeto bajo estudio, así como una descripción del mismo y de sus elementos que la conforman.

Una segunda parte, comprendiendo dos capítulos que se abocan a presentar la propuesta doctoral que consiste en los argumentos conceptuales que ayudarían a tener en la Metodología de los Sistemas Suaves una Cruz Maltesa más útil a la comunidad que puede aplicar este mecanismo. Además de un modelo de programación matemática que utiliza al problema clásico de cobertura.

Una tercer parte, cuyo contenido demuestra la aplicabilidad de mi propuesta a un caso real: la Revisión de un Plan de Estudios de una Carrera Profesional, donde pruebo la viabilidad práctica de mi propuesta doctoral, a través de diseñar una Cruz Maltesa automatizada con base de datos, contemplo una segunda forma con un software optimizador y su correspondiente software controlador; incluyo una tercer forma con la interpretación de los resultados, en términos de identificar la redundancia e insuficiencia de procedimientos del sistema;

Finalmente el documento de la tesis termina con una cuarta parte con las conclusiones y consideraciones finales de esta tesis: hechos, aportaciones, reflexiones, contribuciones, limitaciones y propuestas de la investigación.

Parte I. MARCOS REFERENCIALES

En esta Parte I, comienzo por describir a los marcos de referencia que, en sus diferentes niveles de detalle, albergan al objeto de la propuesta doctoral, la Cruz Maltesa. En este sentido, después de una introducción, describo el marco sistémico más general y conceptual: la Metodología de Sistemas Suaves, misma que ha venido difundiendo su autor, el Dr. Peter Checkland, desde hace poco más de treinta años. Posteriormente abordo el otro marco de referencia, el Análisis de Requerimientos diseñado por el Dr. Brian Wilson, del cual forma parte el mecanismo visual de diagnóstico sistémico llamado Cruz Maltesa, objeto de mi propuesta. Finalmente caracterizo al objetivo de la tesis: la Cruz Maltesa, la cual muestro a detalle, conceptual y constructivamente en su estado original.

Los capítulos y sus nombres en esta Parte I son los siguientes:

Capítulo 1. Cruz Maltesa y su Problemática.

Capítulo 2. Marco general: la Metodología de los Sistemas Suaves.

Capítulo 3. Análisis de Requerimientos de Wilson.

CAPITULO 1 CRUZ MALTESA Y SU PROBLEMÁTICA

En esta introducción de la tesis se muestra el concepto del mecanismo gráfico de planeación llamado por su autor Cruz Maltaesa (MC) de la herramienta y se pone de manifiesto la problemática metodológica de uso.

La MC es un mecanismo de visión completa de los requerimientos de un sistema, compuesta de cuatro matrices relacionadas. Sus marcos de referencia en orden de proximidad son el Análisis de Requerimientos (RA) y la Metodología de Sistemas Suaves (SSM). La SSM es un enfoque particular de sistemas, el RA es una aplicación destacada de la SSM.

El primer antecedente del mecanismo conceptual y práctico de la Cruz Maltaesa es publicado por primera vez en un artículo del Dr. Brian Wilson en el Journal of Applied Systems Analysis (1980). La técnica fue visualizada al realizar un estudio relacionado con la racionalización y planeación de sistemas de información (manuales y basados en computadora) para soportar las áreas del mantenimiento de aviones en la fusión de varias empresas de aviación para constituir lo que ahora es la compañía British Airways.

La SSM constituye el marco metodológico aprovechado por Wilson para escribir una serie de submetodologías especializadas y publicar su útil libro "Sistemas: Conceptos, Metodología y Aplicaciones" publicado en 1984 y editado nuevamente en 1990. Un hecho importante es que la MC aparece antes de que fuera publicado el libro clásico del Dr. Peter Checkland "Pensamiento de Sistemas Práctica de Sistemas" (Checkland, 1981), aunque todas ellas se originan en el mismo Departamento de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Lancaster.

Así en 1984 un conjunto de aplicaciones de Wilson enmarcadas en la SSM irrumpen en los campos de: análisis de requerimientos de información, exploración de roles y estudios de reorganización (Wilson 1984-1990) y con ellas reaparece la MC como una herramienta.

La MC resultó ser una herramienta muy novedosa para la comunidad practicante del enfoque de sistemas. Sin embargo poco a poco fueron identificadas deficiencias prácticas en la misma, principiando por el tamaño de los problemas que puede enfrentar, ya que se supedita a la capacidad física del analista para vincular visualmente los distintos elementos de las cuatro matrices de la MC.

El principal uso que se le ha dado a la MC, al igual que la RA y la SSM, ha sido para analizar sistemas de información, quizás por el hecho de que tiene interconstruido un mecanismo para auditar sistemas de información, sin embargo dado que ese uso no es el énfasis principal de esta tesis, asumiremos que además de analizar sistemas de información, su utilidad es aplicable a cualquier situación problema de requerimientos. En este sentido esta tesis propone el uso de un indicador de mérito, entendido como costo, al seleccionar entre cada uno de los procedimientos alternativos para su contribución al cumplimiento de las actividades del modelo conceptual.

Es evidente el distanciamiento metodológico de los autores señalados. En ese primer libro del tema de sistemas suaves, Checkland hace alusión a la MC, mientras que en su libro publicado en 1990 la rechaza "por inconsistente". Existe una explicación al hecho de que Checkland se deslinda en 1990 de la MC y está basada en motivaciones conceptuales. Una explicación detallada se da en el artículo de Checkland y Tsouvalis (1996), donde se

argumenta acerca del cambio de opinión acerca del uso del CPTM, relacionado con la unicidad del Modelo Conceptual.

Wilson en contraparte, publica en el año 2001 su libro *Soft Systems Methodology: Conceptual Model Building and Its Contribution*, cuya escritura según comenta él, fue motivada principalmente por ese cambio de Checkland. Wilson argumenta que no se justifica realizar una transformación tan profunda en la SSM por el solo hecho de que constantemente reciba manifestaciones de practicantes, acerca de las dificultades metodológicas para conformar al CPTM, esto es, para construir un solo modelo conceptual.

En este sentido, dado que la discusión de estas diferencias autorales no son el objetivo de la investigación de esta tesis doctoral, declaro categóricamente que este trabajo se apega a las consideraciones del Dr. Brian Wilson, quien bajo su perspectiva sigue los lineamientos de la SSM de Checkland.

1.1 CONCEPTUALIZACIÓN

Puesto que las organizaciones existen en un medio cambiante y ellas mismas están cambiando continuamente, los sistemas necesitan ser examinados continuamente. Dado este entorno cambiante, se necesita desarrollar nuevos sistemas, alineados a aquellos que ya existen. Este desarrollo deberá ser entendido en forma tal que, los métodos de procesamiento a la información representen un uso coherente y eficiente de los recursos. El enfoque que he desarrollado a través de la aplicación de las ideas de sistemas, es particularmente apropiado para la evaluación en cuestión.

El enfoque descrito aquí supone que se es sensible para derivar necesidades de información, sobre la base de un CPTM, independiente de la estructura de la organización. En términos esenciales, el enfoque consiste de las siguientes etapas:

- 1) Al desarrollar una descripción de las actividades de la organización bajo revisión (un modelo de tarea primaria) y dependiendo de la escala del estudio, puede ser necesario derivar varios modelos de actividad a distintos niveles de resolución con objeto de describir completamente las necesidades de información.
- 2) Derivar las categorías de información requeridas para soportar las actividades en los modelos y las actividades particulares de las cuales la información puede ser obtenida.
- 3) Para una estructura de organización particular, definir las reglas de dirección en términos de actividades para el que un cumplidor de la regla existente tenga responsabilidad de toma de decisiones. (Si la estructura de la organización no es una restricción, un enfoque ha sido también desarrollado y posibilita que estas reglas estén definidas sobre la base de la descripción desarrollada en el punto 1).

Se usan estas definiciones de reglas para convertir los flujos de información de "actividad a actividad" en los flujos de información de "regla a regla", esto es, definir las necesidades de información particulares de un gerente basado en el análisis de las actividades de las que es responsable.

- 4) Definir las necesidades del sistema de información para enfrentar las necesidades de desempeño de las actividades que cada sistema está soportando, tal que una red coherente puede ser desarrollada haciendo uso eficiente de los recursos de computación o mano de obra.

En suma, la etapa 1 define qué actividades deben seguirse para que funcione el sistema de dirección. La etapa 2 define las necesidades mínimas de información para soportar estas actividades. La etapa 3, define quien (en términos de reglas) es responsable de cada conjunto de actividades (esto es, la especificación del trabajo). La etapa 4 define al patrón de flujo mínimo de información, esto es, quien es responsable de abastecer tal información y a quien (el propósito habrá sido abastecido por la etapa 2). La etapa 5 define el conjunto de procedimientos de la información que represente un uso eficiente de los recursos. Esta es la etapa más grande, incluye el proceso de diseño. Sin embargo, el énfasis está puesto sobre el proceso de análisis, anterior al diseño, puesto que, a menos que esté dado, el resultado final será menos que satisfactorio. Sin embargo, hace excelente al diseño.

Un escenario es que un estudio de esta clase sea emprendido en una situación de un nuevo proyecto; sin embargo es típico estudiar sistemas en operación, esto es, sistemas donde ya existan procedimientos de proceso a la información, junto con sus interacciones, tal que puedan tomarse decisiones completamente informadas acerca de los procedimientos a guardar, a crear o a desarrollar o bien que se discontinúen. Es para este particular proceso de decisiones por que la MC fue creada.

1.2 ESTRUCTURA Y CONSTRUCCIÓN DE LA CRUZ MALTESA.

En esencia, la Cruz Maltesa es una representación gráfica que coordina a un conjunto de cuatro matrices. En el fondo su objetivo es comparar lo conceptual con la realidad. La mitad superior contiene las actividades tomadas de un modelo conceptual, mientras que la mitad inferior contiene una declaración de las actividades vigentes.

Así si estas actividades tanto superiores como inferiores se visualizan como procedimientos de procesamiento a la información, conceptuales como existentes, junto con la indicación de los flujos de información de actividad a actividad, estamos hablando de esta herramienta sintetizadora denominada por su forma gráfica Cruz Maltesa.

La Figura 1.1.1 ilustra la estructura de la Cruz Maltesa. El eje norte es un listado del conjunto de actividades que constituyen el sistema relevante de tareas primarias para la organización bajo estudio o de un área de ésta en particular.

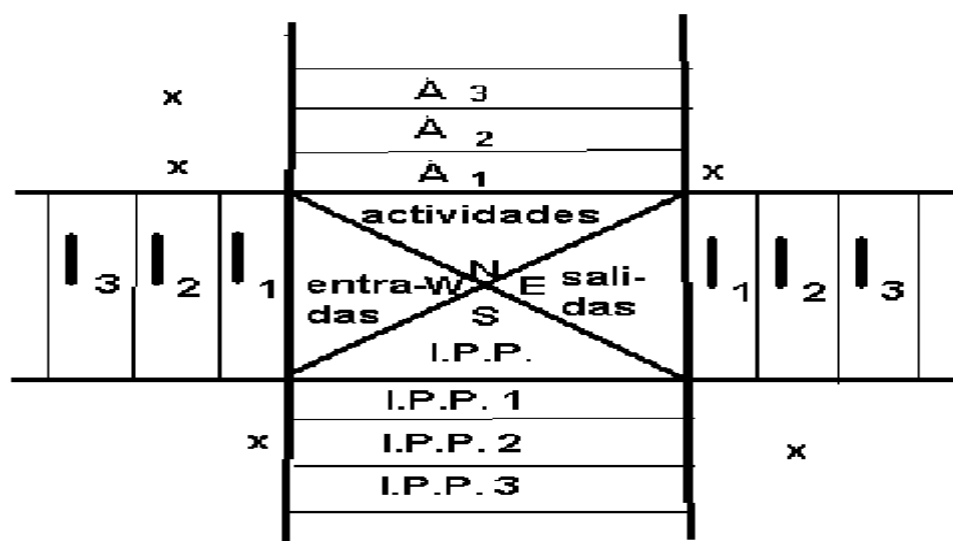


Figura 1.1.1 Estructura de la Cruz Maltesa.

Los ejes este y oeste son reflexiones de espejo uno del otro y contienen a las categorías de información consideradas esenciales para el soporte de las actividades, a este nivel de resolución. El eje oeste (representa a las entradas) es la imagen espejo del eje este (representando las salidas).

El eje sur es un listado de los procedimientos de procesamiento a la información y representa el estado existente de la red de procesamiento a la información anterior a la revisión.

Refiriéndonos a la Figura 1.1.1, la x en la matriz SW indica que el dato perteneciente a la categoría de información I1 es usado por IPP2 para producir una salida procesada en la categoría de información I2 (SE de la matriz).

En la matriz NW, se muestra que esta categoría de información I2 es requerida como entrada para las actividades A1 y A3.

La x en la matriz NE muestra que la información con categoría I1 es producida emprendiendo la actividad A1 y por lo tanto esta actividad tiene la posibilidad de actualizar la categoría y así proveer datos oportunos como entrada a IPP2. Lo significativo de las dos x en la matriz NW es que dado que las x muestran que I2 es una entrada esencial para ambas, A1 y A3; estas dos actividades deben tener acceso a esta salida de IPP2 en particular.

La Cruz Maltesa se completa llenando en todas las x en el NW y NE de la matriz para tener una visión completa de las actividades y los flujos de información actividad a actividad.

En el SW y SE de la matriz se obtiene una visión de todas las IPP usadas para procesar la información y la información procesada.

Relacionando la mitad inferior de la Cruz Maltesa con la mitad superior, se activan diversos cuestionamientos:

La existencia de más de una IPP proporcionando una entrada de información a una actividad, pudiera indicar esto una duplicación de procesamiento de datos.

Pudiera ser obtenido un procesamiento eficiente utilizando datos ya procesados por una de estas IPP, en lugar de usar datos sin procesar.

Hacer que las IPP existentes y sus salidas llenen las necesidades totales de información para cada actividad.

Es el dato *requerido* el proporcionado por una IPP como soporte para actividades diferentes a aquellas para las cuales es ó fue diseñado

Estas cuestiones pueden, naturalmente, ser preguntas de una auditoría de sistema existente o cuando se propone desarrollar una nueva IPP para introducción en el sistema. La cruz maltesa originalmente no da respuestas pero dirige las cuestiones a las áreas relevantes; esta tesis propone una extensión para alcanzar estas respuestas. En el caso de que las matrices NE y NW sean imágenes espejo de las matrices SE y SW, entonces el sistema existente es exactamente el requerido por el modelo conceptual de tarea primaria.

1.3 PAPEL Y VIGENCIA DE LA CRUZ MALTESA.

La Cruz Maltaesa ha sido utilizada principalmente para el análisis de sistemas de información y en un menor grado para el análisis de organizaciones, pero considero que es útil en el ejercicio de la Metodología de los Sistemas Suaves (SSM) aplicado a cualquier problema no estructurado, donde se enfatice el aspecto de requerimientos.

En esencia, la MC compara lo que se tiene con lo que se quiere, se usa en la etapa número cinco de la Metodología de Sistema Suaves denominada Comparación; en la MC los procedimientos de proceso a la información se cuestionan en el contexto no formal que corresponde a un modelo conceptual; también aunado a lo anterior, es precisamente la limitante visual de la MC actual lo que la hace inoperante para usarse en grandes sistemas, no obstante la bondad de su conceptualización integral para diagnosticar el estado de un sistema.

Todos estos problemas pudieran haber influenciado el pobre uso de la MC en los últimos años, sin embargo existe consenso en admitir que ciertamente es necesario robustecerla metodológicamente. Con la intención de encontrar opiniones en pro y en contra de que la MC constituya un mecanismo actual y útil, muestro enseguida el debate que inicié en el Grupo Soft Systems Methodology de la red profesional LinkedIn:

Juan Antonio del Valle Flores (pregunto) ¿Puede alguien decirme si el uso de la Cruz Maltaesa de la metodología de Análisis de Requerimientos del Dr. Brian Wilson es actual?

Giles Hindle • hola Juan Antonio, esta es una pregunta para Kees van Haperen, que es un miembro del grupo de LinkedIn. Trabaja con Brian todavía y estoy seguro que se sigue utilizando la MC.

Juan Antonio del Valle Flores • Gracias Giles, lo tendré en cuenta.

Kees van Haperen • Hola Juan Antonio, Giles está en lo cierto, es realmente actual todavía. He estado involucrado en una serie de diferentes proyectos en los que se utiliza para acercarse a analizar las actividades de los modelos conceptuales y la información (entradas y salidas) frente a las aplicaciones (como software) y los datos que producen o consumen.

Aunque no se mencionó como "Cruz de Malta", nosotros también hemos utilizado el enfoque para analizar la coherencia y la integridad de un enfoque de análisis adoptado por las Fuerzas policiales inglesas. Brian Wilson y yo comparamos el concepto (SSM y ICs) contra los cuestionarios y los datos asociados que estaban buscando coleccionar. Publicamos nuestro enfoque y experiencia en la Revista Internacional de Ciencias Policiales y Gestión Volumen 12 Número 2, Mejora de policía regional: una revisión de los servicios de protección. La realización de una auditoría de un método de análisis utilizando la Metodología de Sistemas Suaves.

El reto que se tendrá que resolver es la cantidad de información y datos que es posible que se tengan que procesar. Hemos utilizado una herramienta de modelado con una base de datos en esencia, lo que nos permitió crear diferentes puntos de vista sobre la información al hacer el análisis.

Juan Antonio del Valle Flores • Kees hola. Creo en la Cruz de Malta como único mecanismo para auditar un sistema, sin embargo admito que también es poco práctico: + se limita a relacionar los elementos de las matrices, confiando sólo en la agudeza visual del analista. + Se omite para formalizar el mejor procedimiento en cada uno de los requisitos del sistema. Derivado de estas limitaciones, he desarrollado una investigación doctoral que hace lo siguiente: + automatiza la Cruz de Malta, con base de datos, software DBMS + adapté un programa de optimización a los procedimientos, con el software para resolver un modelo binario. Sin embargo, he recibido fuertes críticas en el sentido de que la Cruz de Malta es obsoleta. Me pregunto ¿qué alternativas existen para el uso de la Cruz de Malta?

Juan Antonio del Valle Flores • Hola Kees y Giles, les pido por favor un comentario a mi pregunta anterior.

Kees van Haperen • He utilizado la Cruz de Malta en una serie de proyectos. Brian y yo publicamos el Proyecto Regional de Policía donde comparamos un cuestionario existente con la MC derivada de un modelo conceptual.

Reconocemos el reto de utilizar modelos con más de 1000 IC's y un número similar de IProducts de las aplicaciones. Por tanto, he estado utilizando una arquitectura de empresa y una herramienta de mapeo de conocimientos conocido como MOOD. Brian muestra algunas aplicaciones sobre el Ejército en su segundo libro (Wilson, 2002). La herramienta me ha permitido modelar y analizar aplicaciones, actividades y roles basados en datos, información y conocimiento.

Como se puede constatar, los actores del debate en LinkedIn señalan categóricamente que el mecanismo denominado Cruz Maltesa es de uso actual. Un participante, Kees van Haperen, quien ha trabajado recientemente con el Dr. Brian Wilson, afirma que el reto es manejar gran cantidad de información dentro de la estructura de la Cruz Maltesa, para que ésta siga vigente.

1.4 LA PERTINENCIA DE MI PROPUESTA.

Considero que la justificación de mi propuesta estriba en advertir que al paso del tiempo, desde la aparición de la MC, los sistemas se han vuelto más complejos y paralelamente los grandes avances tecnológicos han permitido la aparición de sistemas más grandes; por lo que el aprovechamiento visual del gráfico MC se torna ahora muy difícil de utilizar en la práctica.

Para un sistema grande, visualizar todas las incongruencias en las cuatro matrices de la MC es imposible. Creo que, a decir verdad, cada analista debiera haber ideado sus propias herramientas computacionales para operar la MC. Pero aunque estos progresos existan, en la práctica faltan otras herramientas computacionales para, en primer lugar, seleccionar el paquete mínimo de procedimientos de procesamiento a la información que le permiten al sistema soportar las informaciones que cada una de las actividades requiere. Esta tarea incluso, va más allá de una simple inspección, aunque ésta sea computacional.

En base a esta visión de necesidades, una investigación que identifiqué como necesaria de llevarse a cabo, fue precisamente, mostrar que una herramienta de diagnóstico, denominada MC, es posible aprovecharla extendiendo sus capacidades, para añadirle un instrumento optimizante en la selección de los procedimientos de procesamiento a la información.

En esta forma se amplía para la MC su enfoque de comparación ya que, sin dejar de mostrar un diagnóstico del sistema de información también incluya una herramienta

automatizada para encontrar una selección óptima de los procedimientos de procesamiento a la información.

Esta tesis demuestra, en primer lugar, la factibilidad teórica de equipar a la metodología suave de la MC con las herramientas duras de la programación matemática para permitir la selección de los procedimientos de procesamiento a la información con un enfoque de optimalidad. Esta tesis no trata de inducir que esta capacidad tecnológica pueda suplantar en algún momento los procesos sociales de debate, sino contribuir a converger la atención del grupo de personas interesadas y por consecuencia sus debates, en visiones más pertinentes.

En una segunda parte de la tesis describo una aplicación que desarrollé en esta investigación doctoral, a través de un sistema de información computacional. Esa aplicación es la revisión del plan estudios 1994 de la carrera profesional de Ingeniería Civil, impartida por la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Esta aplicación la desarrollé en base a la integración de un modelo conceptual, logrado a partir de las definiciones raíz dictadas por un experto de cada una de las distintas áreas de la ingeniería civil mexicana, definiciones raíz acerca de las capacidades potenciales de un egresado de esa carrera; todo ello contrastado, desde el punto de vista de la ingeniería de requerimientos, con el plan de estudios vigente, representado por los temarios de cada una de las asignaturas comprendidas, hasta un nivel de detalle de tema y subtema. Los productos prácticos susceptibles de aprovecharse, esto es, objetos identificados para enfocar el pensamiento de los interesados, son por demás interesantes: procedimientos establecidos en el plan que parecen útiles o inútiles; incluso pueden identificarse ideas sobre qué procedimientos faltan o cuales resultan insuficientes o quizás aquellos que se muestran sobrecargados, redundantes o hasta impertinentes.

Finalmente es conveniente mencionar que la investigación de esta tesis, como otras que se realizan en el mundo (Bustard-Lundy, 1995), intenta compatibilizar los enfoques duro y suave del movimiento de sistemas, situación que pone de manifiesto la pertinencia de aportar con mayor formalidad a la Metodología de los Sistemas Suaves.

REFERENCIAS AL CAPITULO 1

Bustard, D.W., Lundy, P.J., (1995) *Enhancing soft systems analysis with formal modeling*, este artículo aparece en: Requirements Engineering, Proceedings of the Second IEEE International Symposium on, Fecha de Publicación: 27-29 Marzo 1995.

Checkland, P.B. (1981), *Systems Thinking Systems Practice*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester.

Wilson, B. (1980). *The Maltese Cross- A Tool for Information Systems Analysis and Design*. Lancaster: Journal of Applied Systems Analysis, Vol. 7, 55-65.

LinkedIn, (2012). ¿Puede alguien decirme si el uso de la Cruz Maltesa de la metodología de Análisis de Requerimientos del Dr. Brian Wilson es actual?. Pregunta disponible desde Octubre de 2012 en: <http://www.linkedin.com/groups/Can-anyone-tell-me-if-3097412.S.172416178>

Wilson B. (1984-1990). *Systems: Concepts, Methodologies, and Applications*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester.

Wilson B. (2001), *Soft Systems Methodology: Conceptual Model Building and its contribution*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester.

Wilson, B. Van Haperen, K. (2010). *Improving regional policing: a review of protective services. Undertaking an audit of a method of analysis using soft systems methodology*. International Journal of Police Science & Management, Volume 12 Number 2

SIGLAS AL CAPITULO 1

SIGLA	DEL INGLES	ESPAÑOL
MC	Maltese Cross	Cruz Maltesa
RA	Requirement Analysis	Análisis de Requerimientos
SSM	Soft Systems Methodology	Metodología de Sistemas Suaves
CPTM	Consensus Primary Task Model	Modelo de Consenso de Tarea Primaria

CAPITULO 2 MARCO GENERAL: METODOLOGIA DE LOS SISTEMAS SUAVES

La Metodología de Sistemas Suaves (SSM) es un enfoque general de sistemas originado en la Universidad Lancaster en el Reino Unido. Las investigaciones que acuñaron la etiqueta SSM fueron hechas por el Dr. Peter Checkland (1981), seguido por otros investigadores de la misma universidad como el Dr. Brian Wilson, quien previamente había ya trabajado sobre los fundamentos de un primer enfoque denominado Investigación-Acción, todo ello en los años sesentas del siglo pasado.

Checkland en su primer libro, el clásico, "Pensamiento de Sistemas-Práctica de Sistemas" (1981) introduce la idea de sistemas suaves; en el sentido de modelar aspectos que resultan confusos en las organizaciones, es decir, problemáticas donde hay discordancia acerca de lo que se necesita hacer y porqué, donde los problemas no están estructurados pero que, sin embargo, se encuentran en ambientes de trabajo que son socialmente ricos. Checkland se dice motivado a desarrollar su Metodología de los Sistemas Suaves, principalmente por el hecho de que los enfoques duros, desarrollados para apoyar a la milicia y a la industria, se mostraban poco satisfactorios cuando se aplicaban a ambientes de negocio, casi siempre pobremente estructurados.

La SSM tiene puntos débiles, principalmente en lo referente a que produce modelos de sistema de actividad que no son formales y por consiguiente están sujetos a discusión.

Aunque la Metodología de Sistema Suaves nace como un enfoque general de sistemas, sin ninguna orientación específica, sus fundadores pronto perciben que satisface muy bien al desarrollo de sistemas de información. Es por ello que dentro de la comunidad de sistemas de información, se ha introducido fuertemente la SSM, formando incluso parte integral de algunos enfoques ya especializados.

Esta especialización de la SSM, debido al reconocimiento creciente de que el análisis de algunos sistemas de información está más allá de problemas matemáticos o técnicos; es un proceso social complejo en el que la calidad del producto final está determinada principalmente por las expectativas de los usuarios y sus requerimientos extra-técnicos. La naturaleza esencialmente subjetiva de estos requerimientos, los hace sumamente difíciles de identificar usando las metodologías tradicionales deducidas de la ciencia.

Por otra parte, la Metodología de los Sistemas Suaves de Checkland ha estado avanzando como una forma de enfrentar situaciones problema de carácter general. Existe ya evidencia empírica que apoya el uso de la SSM y sobre el aumento creciente de investigaciones basadas en la naturaleza flexible de la metodología. El propósito generalista de la Metodología de Sistemas Suaves ha sido resumido por von Bulow (1989) de la siguiente forma:

"SSM es una metodología que aspira a causar mejoras en áreas de interés social activando, en la gente implicada en la situación, un ciclo de aprendizaje que idealmente nunca termina. El aprender ocurre a través de un proceso iterativo al usar conceptos de sistemas para reflejar las opiniones a discusión del mundo real, tomando la acción en el mundo real, y reflejándolo otra vez en los sucesos usando conceptos de los sistemas. La reflexión y la discusión están estructuradas por modelos sistémicos. Estos modelos se conciben como ideales y holísticos sobre

ciertos aspectos de la situación problema, más que ser estimaciones de ella. Se deriva, según lo dicho, que no se puede percibir una estimación objetiva y completa de la situación problema".

2.1 LA METODOLOGÍA DE LOS SISTEMAS SUAVES.

La Metodología de Sistemas Suaves es en realidad, un conjunto de metodologías, donde cada una está compuesta por un conjunto de ideas o conceptos, estructuradas de una manera apropiada, conforme a la situación que esté siendo analizada.

El uso de la Metodología de Sistemas Suaves como herramienta en el tratamiento de problemas requiere de mucha flexibilidad, donde cada situación es única y por lo tanto, la metodología debe entretejerse para ajustarse a la situación y al estilo de análisis que se quiere usar.

En suma, la SSM busca identificar los propósitos por los qué un sistema existe, a través de determinar las actividades que deben emprenderse para el logro de los mismos. Las diferencias entre esta visión conceptual de la situación problema y lo que está pasando realmente en la práctica, da las pautas para determinar las mejoras al sistema.

El proceso de investigación, denominado lógico, de la SSM consiste en siete etapas (Checkland, 1981):

- Identificación de la situación problema que se considera equivalente al concepto de problemática,
- Expresión de la situación del problema,
- Formulación de la definición raíz de los sistemas relevantes,
- Formulación de los modelos conceptuales de los sistemas relevantes,
- Comparación de los modelos con el mundo real,
- Descripción sistemática de cambios deseables y culturalmente factibles, y
- Implementación de acciones para mejorar la situación problema.

Se considera que las etapas 1-2 y 5-7 son actividades del "mundo real" mientras que las etapas 3 y 4 son actividades comprendidas en el "pensamiento de los sistemas". La Figura 2.1.1 muestra la relación entre las distintas etapas.

No obstante, como se verá más adelante, la SSM ha venido evolucionando ahora aparte de la denominada investigación lógica aparece una investigación cultural (Checkland-Scholes,1990) como una forma de introducir los aspectos culturales ligados a la intervención en la situación problema, conjuntamente con la descripción de su situación social y política. Véase apartado 2.2. Como expresa la Figura 2.1.1, la investigación lógica se compone de siete etapas, mismas que describo en seguida:

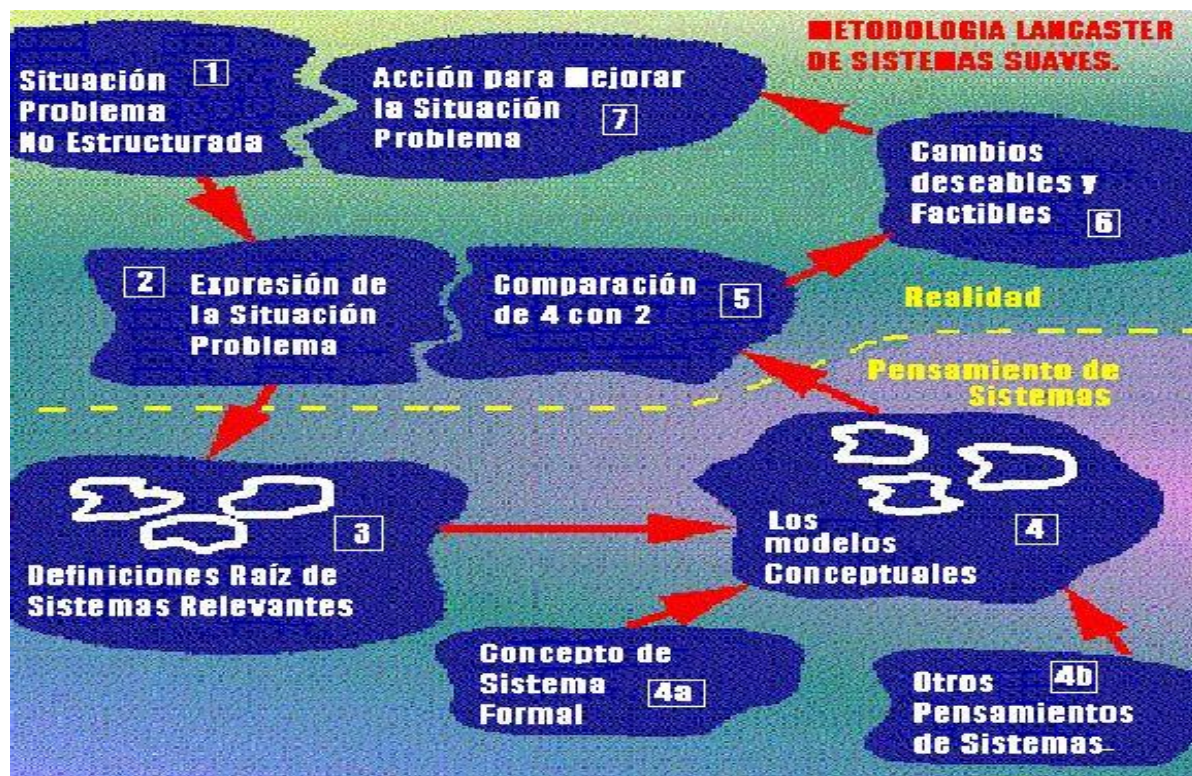


Figura 2.1.1 Enfoque inicial de la Metodología de Sistemas Suaves.

2.1.1 ETAPA 1: SITUACIÓN PROBLEMA NO ESTRUCTURADA

La etapa inicial se basa simplemente en el hecho de que los interesados, propietarios del problema, perciben que hay una situación problema y admiten que requiere una revisión, por lo que deciden la manera en que debe realizarse; regularmente llamando a un conocedor de la SSM (facilitador del análisis del problema). La gente de la organización acepta que puede haber un problema o ven una posibilidad de mejorar y son de la idea de que se inicie un análisis o revisión. La metodología de sistemas suaves enfatiza en principio que el término 'el problema' es inadecuado porque hace que se minimice la visión de la situación. La metodología de los sistemas suaves cree que 'situación problema' es un término más apropiado puesto que puede haber muchos problemas que tienen la necesidad percibida de ser solucionados.

2.1.2 ETAPA 2: SITUACIÓN PROBLEMA EXPRESADA

La etapa 1 incluyó básicamente la identificación de las problemáticas, aquello que se sospecha que puede ser un problema y/o una posibilidad para que se induzca una mejora, y pide iniciar el análisis o la revisión. En la etapa 2, el analista recoge y clasifica la información y aporta una visión de la situación problema. La información que es necesaria:

- la estructura de la organización, esto es, esos factores que no cambian fácilmente (las construcciones, las localizaciones, el ambiente, entre otros);
- los procesos o transformaciones que se realizan dentro del sistema; muchos de éstos están cambiando constantemente;
- los hechos que son expresados o sentidos por los miembros de organización (quejas, críticas, sugerencias, entre otros).

Hay muchas estrategias que los analistas pueden emplear cuando colectan los hechos; desde enfoques muy informales, no estructurados hasta las herramientas muy formales, estructuradas empleadas en análisis tradicional de los sistemas. Algunas de las técnicas que se suelen usar son:

Observación del trabajo:

- identificación de las tareas realizadas
- identificación de las herramientas empleadas
- establecimiento de las interacciones entre personas/sistemas
- producción de registros, anotaciones.
- descripciones de un "día en la vida"
- desarrollo de los gráficos de las estructuras (layouts)
- grabaciones, video, si es posible.
- las herramientas usadas para manejar la información
- colectar la observación de cada participante

Entrevistas:

- no estructuradas, informales ("dígame lo que usted hace")
- semiestructuradas (cuestionario con respuestas ampliables)
- altamente estructurada (cuestionario con rectángulos)
- incidentes críticos
- grabación audio

Talleres y discusión:

- talleres futuros
- talleres de la revisión
- talleres de las resoluciones del conflicto
- simulaciones, juegos de la mente

La etapa 1 y la etapa 2 son la base para establecer la 'expresión' la cual es una tentativa para construir la posible visión enriquecida, no 'el problema' sino la situación que se percibe como problema. Es importante no reducir el alcance de la investigación demasiado rápido. Si seleccionamos un enfoque muy estructurado tal como un cuestionario múltiple bien escogido al principio de nuestro estudio, y construimos un modelo en base de esos resultados solamente, excluimos probablemente mucha de la información que podría ser relevante. Pues una estrategia general, por lo tanto, es mejor emplear una selección no estructurada técnicamente desde el principio, y emplear más bien técnicas estructuradas después de que una primera impresión del problema se haya definido, con el fin de sacar la información detallada o de controlar suposiciones. Las técnicas específicas se deben seleccionar siempre que se ajusten al trabajo de la organización, y cada persona que esté aportando información debe ser informada acerca de cuál es el propósito del análisis.

Cuando un analista obtiene información de los miembros de una organización, éste debe comunicarse con ellos usando el lenguaje natural (español). Esto plantea numerosos problemas y trampas potenciales. El analista debe estar preparado para aceptar que en esta etapa, la información obtenida es incompleta y contiene contradicciones y ambigüedades. El sistema al cual se está mirando es un sistema suave y por lo tanto la información acerca del sistema es probable que sea cualitativa más bien que cuantitativa.

2.1.2.1 La Visión Enriquecida.

La visión enriquecida aporta un modelo para pensar acerca del sistema y para ayudar al analista a obtener una apreciación de la situación problema. Es importante notar la diferencia entre visión enriquecida y modelo formal. La visión enriquecida no procura modelar al sistema de una manera particular sino que aporta una representación de cómo podemos mirar y pensar sobre el sistema, misma que puede ser refinada conforme nuestra comprensión del sistema llega a ser más clara, dado que deseamos hacerla más clara. Regularmente un círculo representa el límite del sistema, los círculos pequeños representan a los componentes del sistema, mientras que aquellos círculos del exterior son las entidades externas con las cuales el sistema interactúa. Las burbujas representan a las ideas actuales de la gente.

La visión enriquecida es una expresión intelectual e individualista, y por lo tanto no se puede calificar de "correcta" o "incorrecta". Sin embargo, la visión enriquecida debe representar a la estructura, a los procesos y a los hechos de la organización que podrían ser relevantes en la definición de problema, y debe intentar dar una impresión del clima de la organización. Cada analista o equipo desarrollará, a su propio estilo, la visión enriquecida. Se puede comenzar con la gente o las localizaciones; puede poner objetos o hechos o dígitos binarios para intentar agruparlos o encerrarlos en la estructura. La visión enriquecida no es un mapa del modelo del sistema (que se genera en fases posteriores), ni tampoco debe ser un organigrama (la clase de mapa de jerarquía de gestión que las organizaciones utilizan a menudo para describirse a sí mismas).

Los hechos obtenidos se pueden poner en un índice o agrupar según temas o causas. En estudios grandes, las herramientas computarizadas tales como una base de datos o un sistema de hipertexto se pueden utilizar para guardar y manejar la información obtenida.

El análisis a ser realizado en una visión enriquecida para la situación problema expresada podría contener la siguiente información:

El análisis de la intervención, es un análisis que identifica deliberadamente los hechos encontrados implicados en la situación y que se piensan como problemáticas.

El análisis social, identifica las misiones de la gente de la organización, las normas del comportamiento según la visualización de esa gente y los valores por los cuales su comportamiento es juzgado.

el análisis del poder, se refiere a hechos tales como 'cuáles son los entes de poder en esta situación', 'cuál es el logro obtenido', y 'en que han consistido los logros pasados'.

2.1.3 ETAPA 3: NOMBRAMIENTO DE LOS SISTEMAS RELEVANTES. DEFINICIONES RAÍZ.

Esta etapa puede estar basada en la tarea primaria (modificada), referida a la acción útil (tarea oficial) en un cierto arreglo institucional (una organización o un departamento) en el mundo real. Un sistema relevante no tiene, necesariamente, contrapartes institucionalizadas en el mundo real; es un sistema nominal que se puede crear de la nada. El nombramiento de los sistemas relevantes se basa en *las definiciones raíz* que expresan el propósito de un sistema útil basado en las actividades.

Es necesario prestar atención a la formulación del nombramiento de los sistemas relevantes, para escribirlos de manera que un modelo pueda ser construido basado en cada nombramiento. Estos nombramientos se conocen como definiciones raíz. El propósito de la definición raíz es expresar el propósito central de un cierto sistema de actividad útil. Es importante que se ponga atención en el desarrollo de las definiciones raíz. Las definiciones raíz correctamente escritas proveen una directriz mucho más simple en la construcción del modelo de un sistema.

Una definición raíz se expresa como un proceso de la transformación que toma a una entidad como entrada de información, cambia o transforma a esa entidad, y produce una nueva forma de la entidad.

Producir una definición raíz es un proceso progresivo de dos pasos:

1. Un hecho o una tarea se eligen de una visión enriquecida
2. Se define un sistema para realizar la tarea o para dirigir los hechos.

Cada definición raíz implica dos cosas importantes. La primera es que debemos implicar cierta visión del mundo. La definición de la opinión del mundo no es siempre trivial. También, no es deseable definir todas las opiniones del mundo. Recuerde que cada visión enriquecida implicará una variedad de opiniones del mundo. Los ojos pueden venir de fuentes tales como oficiales del gobierno, ejecutivos de compañías, encargados del proyecto, empleados, clientes, competidores y medios de noticias. Cada una de estas opiniones del mundo estará conectada a unas o más definiciones raíz distintas.

2.1.3.1 CATWOE

Las definiciones raíz se escriben como sentencias que efectúan una transformación. Hay seis elementos que consideran a una definición raíz como bien formulada, que se resumen en la mnemónica CATWOE por las siglas en inglés.

Cliente: (Client) considera a cada uno que esté dispuesto a obtener beneficios de un sistema. Si el sistema implica sacrificios, las víctimas deben también ser consideradas como clientes.

Actor: (Actor) los actores realizan las actividades definidas en el sistema.

Proceso de la transformación: (Transformation) esto se muestra como la conversión de la entrada.

Weltanschauung: (Weltanschauung) expresión alemana usada para contener la opinión del mundo. Es precisamente esa opinión del mundo la que hace que el proceso de la transformación sea significativo en el contexto.

Propietario: (Owner) cada sistema tiene algún propietario, quien tiene el poder para comenzar y/o para parar al sistema.

Apremios ambientales: (Environment) los elementos externos que existen fuera del sistema que se toman como dados. Estos apreios incluyen políticas de organización así como asuntos legales y éticas.

CATWOE se utiliza principalmente con el fin de analizar las sentencias de la definición raíz, pero se puede utilizar a la inversa, como bloque de construcción para derivar la sentencia de la definición raíz.

Utilizamos al CATWOE como la espina dorsal para desarrollar definiciones raíz debido a que el uso de la transformación en sí misma como definición raíz se hace difícil de modelar. La transformación y la opinión del mundo son el centro del CATWOE. Cada actividad se puede expresar de muchas maneras, usando opiniones diferentes del mundo. Es una buena idea que diferentes puntos de vista sean utilizados para desarrollar definiciones-raíz diferentes. CATWOE también reconoce la necesidad de explicar lo relativo a propiedad, funcionamiento, beneficiarios, víctimas y apreios externos, que son cosas importantes a explicar en la documentación del sistema.

2.1.4 ETAPA 4: MODELOS CONCEPTUALES.

Dada una definición raíz de un sistema, un modelo conceptual es un modelo de actividad humana que estrictamente se conforma con lo dispuesto en la definición raíz, usando un conjunto mínimo de actividades. El pensamiento de sistemas se aplica en este desarrollo.

La Figura 2.1.2 muestra que el pensamiento de sistemas es un proceso iterativo que combina tres conceptos

El mundo percibido: cada uno tenemos nuestras propias opiniones del mundo.

Ideas: percibimos el mundo a través del marco de ideas que están internas en nosotros.

Metodología: hay muchas de éstas para pensar acerca del mundo, la SSM es solo una de ellas.

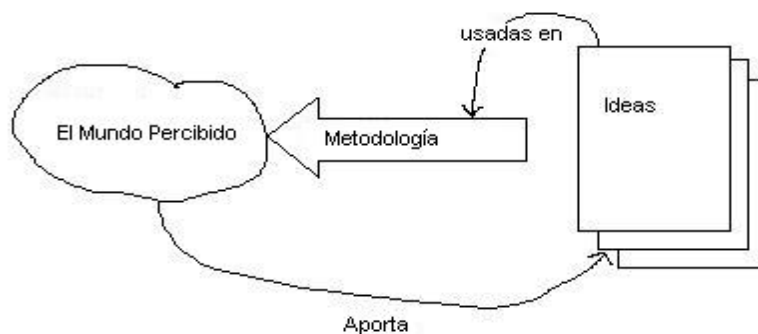


Figura 2.1.4.1 La Ruta del Pensamiento de Sistemas.

Modelar sistemas relevantes ocurre en términos de *sistemas de actividad humana*. Un sistema de actividad humana es un modelo de un sistema teórico ("holón") que expresa una cierta actividad humana útil, que en principio se podría encontrar en el mundo real. Son sistemas teóricos en el sentido de que no son descripciones de la acción del mundo real, sino construcciones intelectuales, tipos ideales para su uso en la discusión sobre los

posibles cambios que se pudieran introducir en una situación. Una de las características esenciales de la SSM es su énfasis en la necesidad de crear varios modelos de sistemas de actividad humana. El énfasis de esta característica se deriva del reconocimiento de que al haber múltiples personas involucradas y cada una de éstas tiene la capacidad humana de interpretar al mundo de diversas maneras, nunca habrá solamente un sistema humano relevante de actividad al examinar las situaciones del mundo real, caracterizadas por la acción útil (Checkland-Scholes, 1990).

2.1.4.1 Modelación de Sistemas Formales

El Pensamiento de Sistemas Formal se aplica al desarrollo del modelo conceptual. El Modelo Formal del Sistema sirve como una guía de consulta para controlar el modelo conceptual que trazamos. Sea S un sistema de actividad humana. Bajo el modelo de Sistema Formal, S es un sistema formal si y solamente si cumple con los criterios siguientes:

- S debe tener una misión
- S debe tener una medida del funcionamiento.
- S debe tener un proceso de toma de decisiones
- S debe tener componentes que interactúan unos con otros tal que los efectos y acciones sean transmitidos a través del sistema.
- S debe ser acotado por un sistema más amplio con el cual interactúa.
- S se debe limitar al suprasistema, basado en el área donde su proceso de toma de decisiones tiene poder para hacer cumplir una acción.
- S debe tener recursos a disposición de su proceso de toma de decisiones.
- S debe tener estabilidad a largo plazo, o la capacidad de recuperarse en el caso de un disturbio.

Los componentes de S deben ser sistemas que tienen todas las características de S (subsistemas).

El modelo conceptual se puede escribir como gráfico dirigido. Los nodos en el gráfico son actividades que se llevarán a cabo. Estas actividades se basan en los verbos de la definición raíz. La estructuración del sistema se basa en la dependencia lógica. Las dependencias lógicas se muestran como arcos en el gráfico. Un arco en el gráfico significa que la actividad es un requisito previo para la actividad destino.

El modelo conceptual para un sistema consiste de un sistema que cubra las operaciones, pero limitado por un proceso de monitoreo. Este sistema operacional consiste en una actividad central y algunas actividades prerequisites se requieren tal que la actividad central pueda ser hecha. La psicología cognoscitiva sugiere que el cerebro humano pueda hacer frente a 7 ± 2 conceptos al mismo tiempo. Por lo tanto, debemos apuntar tener entre 7 ± 2 actividades dentro de cada sistema operacional. Si esta guía de consulta conduce a actividades que están en un nivel demasiado alto, esas actividades se pueden ampliar a otro nivel. En general, cada actividad general puede convertirse en una fuente para que una definición raíz sea ampliada al nivel siguiente.

2.1.4.2 Monitorear un sistema.

Monitorear un sistema operacional consiste en tres actividades:

1. Definir una medida del funcionamiento: Podemos utilizar cualesquiera o las tres para la medida del sistema operacional
 - Eficacia: ¿trabaja?, ¿funciona?

- Eficiencia: el trabajo terminado entre los recursos consumidos dados
 - Efectividad: ¿están las metas satisfechas?
2. Monitorear las actividades en el sistema operacional, de acuerdo con la métrica definida en etapa 1.
 3. Tomar la acción de control: utilice los resultados de estas métricas para determinar y para ejecutar la acción que controle al sistema operacional.

Sin embargo las tres e mostradas arriba no son las únicas métricas que pueden ser utilizadas. Muchas veces se incluyen métricas económicas, éticas, de elegancia, y otras que pueden depender del contexto de trabajo en el que se hace.

2.1.5 ETAPA 5: COMPARAR MODELOS CONCEPTUALES CON REALIDAD.

Esta es la etapa de regreso al mundo real, pasando sobre la línea punteada del esquema metodológico. En esta etapa, los modelos conceptuales construidos en la etapa 4 serán comparados con la expresión del mundo real, de la etapa 2.

El trabajo puede conducir en esta etapa a devolvemos a las etapas 3 y/o 4. Antes de que se realice la comparación, algunos aspectos necesitan ser mencionados. La primera pregunta es ¿cuál es el fin de la etapa 4?

¿Cual deberá ser el momento para parar de construir el modelo conceptual y moverse a la comparación con el mundo real?. La tentación siempre es prolongar la construcción de los modelos. Regularmente se abusa de trabajar el modelado porque no es tan cómodo traer el modelo a la realidad e involucrarse así con las dificultades de las situaciones problema. De hecho, es mejor moverse rápidamente a la etapa de comparación, según la experiencia de Checkland. Se podrá permitir refinar el modelo posteriormente, cuando se tenga que ir de nuevo a la etapa de conceptualización.

Antes de que resumamos la etapa 5 de la SSM, necesitamos entender la definición de comparación. Generalmente, comparación es una parte importante del pensamiento racional y serio y comprende percibir, predecir y comparar. En SSM, Checkland define a la comparación como el punto en que las opiniones intuitivas del problema son confrontadas con las construcciones de los sistemas; los pensadores de sistemas afirman proveer una profundidad epistemológica mayor y de más generalidad de los aspectos superficiales de la realidad; comparación es la etapa en la que se incorporan las hipótesis básicas de los sistemas que los conceptos de los sistemas proveen por medio de pruebas de complejidad de la 'realidad'.

En base a un análisis razonado de esta metodología, hay cuatro maneras de hacer la comparación y pueden ser resumidas como sigue:

2.1.5 .1 Usar los modelos conceptuales como base para cuestionamientos ordenados.

Éste es un tipo de comparación que puede ser hecha cuando la situación de la realidad es muy diferente a la del modelo conceptual. Los modelos del sistema se utilizan para abrir un debate acerca del cambio. El modelo se utiliza como la fuente de los cuestionamientos acerca de la situación existente. Se anotan y se contestan las preguntas sistemáticamente. Las respuestas a las preguntas pueden dar una luz al problema percibido.

2.1.5.2 Comparar historia con predicción del modelo

Otro método de comparación se logra, reconstruyendo una secuencia de eventos del pasado y cuestionando qué habría sucedido si el modelo conceptual relevante se hubiera

puesto en ejecución, realmente. De esta manera, el significado de los modelos puede ser exhibido y una comparación satisfactoria puede ser alcanzada. Según experiencia de Checkland, esto dice, sería un método usado con éxito por un consultor que desea saber por qué su estudio para un cliente habría sido un incidente espectacular. En el caso de que el contenido completo del estudio fuera historia, el análisis comparativo se haría con la historia tal como es recordada y fue registrada en ese entonces por los participantes, con un modelo de sistema producto de la interacción de consultor/cliente. Checkland también advierte que este método de comparación se utilice cuidadosamente por el hecho que pueda revelar las insuficiencias del procedimiento real y pueda ser interpretado como una recriminación ofensiva.

2.1.5.3 Comparación Global con la Realidad.

Checkland sugirió que en la ilustración de la metodología global, es apropiado hacer una comparación global, preguntando qué características de los modelos conceptuales son especialmente diferentes de la realidad actual y porqué. Es la distinción entre el 'qué' y el 'cómo' lo que hace que la palabra 'comparación' constituya una descripción algo cruda de lo que está sucediendo en la etapa 5. Checkland precisa que, tenemos disponibles modelos de sistemas que fueron derivados del nombramiento cuidadoso, en definiciones raíz, de los sistemas de actividad humana que esperamos sean relevantes a la situación problema y a su mejora. En esta etapa 5, examinamos los modelos junto a la expresión de la situación ensamblada en la etapa 2; la comparación entre ambas es la estructura formal de los posibles cambios, en una discusión del problema, celebrada con gente interesada en la situación problema. Para que la discusión sea rica y de amplia extensión, debemos preguntar acerca de las actividades en los modelos perceptibles en el mundo real, - si ellas están presentes - qué tan bien está lo que se está haciendo. También deseamos discutir posibles alternativas a las actividades reales del mundo.

2.1.5.5 Recubrimiento del Modelo

El cuarto método para hacer la etapa 5 es referido por Checkland como "recubrimiento del modelo". Para hacer la comparación, después de terminar la conceptualización basada en la definición raíz elegida, hagamos un segundo modelo que no existe. Este segundo modelo tiene la misma forma que el modelo conceptual, siendo el objetivo enfocar solamente aquello donde la realidad se diferencia del modelo conceptual. Con este método, el recubrimiento directo de un modelo en otro, revela la discordancia existente y cuál es la fuente de la discusión del cambio. Con este método, preguntas tales como ¿qué definición raíz es implicada por este sistema?, ¿Cómo se compara con el modelo que fue la base de la conceptualización en la etapa 4?

Los cuatro métodos pueden ayudar a asegurar que las comparaciones en la etapa 5 sean conscientes, coherentes y defendibles. Dependiendo de los problemas percibidos, un método determinado se puede utilizar para hacer cierta comparación, o todas las clases de comparación se pueden realizar con estos cuatro métodos. Para el sistema existente, la comparación puede ser hecha con lo que existe, pero para un nuevo sistema, la comparación no puede hacerse con el qué existe, sólo con una cierta expectativa redefinida. En este caso, la experiencia anterior implica que el incrementalismo y el ensayo y error son el mejor enfoque.

2.1.6 ETAPA 6: CAMBIOS FACTIBLES Y DESEABLES.

En la etapa 6, se identifican y se discuten los cambios factibles y deseables, mismos que serán puestos en acción en la etapa 7, puesto que el propósito de la etapa de comparación fue generar la discusión acerca de los cambios posibles de realizar dentro de la situación percibida del problema. Esto se puede ver claramente con el segundo método de hacer la comparación, discutida arriba.

Normalmente, hay tres clases de cambios:

1. Cambio en la estructura, son cambios realizados a esas partes de realidad que en corto plazo, en el funcionamiento continuado de las cosas, no cambian.
2. Cambio en el procedimiento, que son cambios a los elementos dinámicos
3. Cambio en la actitud, para alcanzar el comportamiento apropiado en las misiones, así como cambios en la preparación a ciertas clases de comportamiento 'bueno' o de 'malo' concerniente a otros.

Los cambios en estructura y procedimiento son fáciles de especificar y relativamente fáciles de poner en ejecución. Por lo menos, éstos se pueden hacer por la gente que tiene autoridad o influencia. Es relativamente difícil cambiar actitudes, sin embargo, es conveniente en principio intentar cambios de esta clase. En esencia se debe continuamente vigilar si la actitud va acorde a los cambios a ser hechos en las situaciones percibidas como problemas, de modo que la gente en la situación convenga que se logrará una mejora. Una de las características importantes en SSM es el énfasis en el cambio.

Otra característica importante de la SSM es la meta conducida, se concentra en un sistema deseable y cómo alcanzarlo. Checkland indicó que los cambios deben ser sistemáticamente deseables como resultado de la penetración ganada de la selección de las definiciones raíz y en la construcción del modelo conceptual, y deben también ser culturalmente factibles dadas las características de la situación de la gente en ella, de sus experiencias compartidas y de sus prejuicios. Es difícil encontrar un cambio que no hayan resuelto ambos criterios. Checkland encontró en uno de sus estudios de casos que es importante moverse rápidamente y ligeramente a través de todas las etapas metodológicas, varias veces en caso de ser necesario, para hacer un puente técnico entre los 'qué' y 'los cómo'.

2.1.7 ETAPA 7: IMPLEMENTAR LOS CAMBIOS.

El empleo de la etapa 7 debe planear cómo ejecutar los cambios y ponerlos en acción. Cuando se toma la acción puede ser que su implementación sea directa, sin embargo, se pueden encontrar otros escenarios.

La implementación de la acción puede hacer que cambie la situación, de modo que aunque se haya eliminado el problema originalmente percibido, puede que emerja un nuevo problema.

Se recomienda a menudo que un sistema temporal sea utilizado para realizar la tarea bajo la supervisión del analista, seguida por una transición a la operación del nuevo sistema.

El resultado de las etapas 6 y 7 tanto desde el punto de vista de los sistemas duros como de los suaves, es la creación y la puesta en práctica de un sistema. Generalmente, en las situaciones más nebulosas del problema, es probable que la acción eventual sea menor comparada con la puesta en práctica de un sistema, es posible que convenga más la introducción de un cambio más modesto.

2.2 EL ENFOQUE CULTURAL

Checkland y Scholes (1990) proponen en su libro “La Metodología de los Sistemas Suaves de Acción” una adición a la metodología básica de la SSM, siendo el cambio esencial la incorporación de una investigación cultural, como corriente paralela a la investigación lógica de la Metodología de Sistemas Suaves, tal como se describe en la Figura 2.2. 1.

La corriente de la investigación cultural consiste en tres tipos: análisis de la intervención, análisis social del sistema y análisis político del sistema. El propósito de la investigación y de la acción de las corrientes lógica y cultural es provocar una discusión estructurada sobre los cambios que podrían ayudar en la situación problema actual.

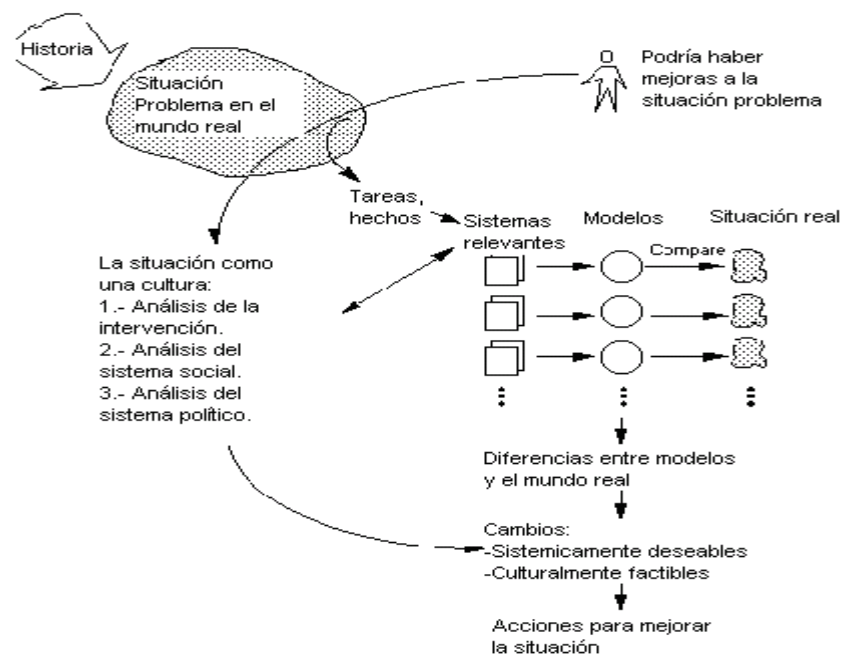


Figura 2.2.1 Interacción de los Enfoques Lógico y Cultural de la Metodología de Sistemas Suaves

2.2.1 ANALISIS DE LA INTERVENCION.

Este primer análisis presupone profundizar en el papel que juega la intervención y se centra en tres misiones: el 'cliente' quién hizo que el estudio ocurriera, 'el solucionador de problema' quién desea hacer algo sobre la situación en la investigación y el 'dueño del problema'.

Este es un análisis de roles, siempre es relativamente fácil de hacer y es muy productivo, especialmente a través de la lista de los posibles dueños del problema; esta lista de dueños (incluye a los propietarios del problema y al cliente) es la mejor fuente de selección de los dueños del problema ya que pudiera depender de quien emprendió el estudio y quien forzó a que ocurriera: el cliente.

2.2.2 ANALISIS SOCIAL

Para el análisis social del sistema, Checkland y Scholes, proponen un modelo de tres elementos que interactúan: las misiones, las normas y los valores. El Papel o rol se refiere a una posición social que es reconocida como significativa por la gente en la situación del problema. Las 'normas son comportamientos previstos que caracterizan al papel, y los valores son los estándares usados para juzgar el funcionamiento en un papel.

En el contexto del análisis social del sistema, los autores precisan que la naturaleza del sistema social no es probable que surja de preguntas directas porque las respuestas probables serían simplemente una reiteración de los mitos oficiales. En su lugar, después de cada conversación, entrevista, o lectura atenta de documentos, etc., el analista debe repasar la experiencia al formar los mejores juicios sobre los significados de las misiones, normas y valores en la investigación.

2.2.3 ANALISIS POLITICO

El análisis político del sistema trata a la política como un proceso por el cual los intereses con diferencias alcanzan un acomodo, a lo largo de la cual " van" decidiendo los diversos partidos aunque los conflictos endémicos de los asuntos humanos continúen existiendo. Checkland y Scholes reconocen la sensibilidad del análisis político a la exposición pública: la política se refiere en última instancia a energía y a su disposición y los resultados del análisis político revelarán relaciones abiertas y secretas de la energía. Si estas relaciones se hacen públicas (junto con intereses potenciales adquiridos), pueden convertirse fácilmente en medios potentes de la energía en la política real de la situación. Por lo tanto los usuarios de la SSM deben ser circunspectos sobre el uso del análisis político.

El análisis de la intervención, Análisis Uno, obviamente debe ser hecho con la participación de las personas que intervienen en el estudio SSM, y los resultados serán normalmente motivo de las imágenes enriquecidas.

El análisis del sistema de la realidad social, Análisis dos, parece más como un instrumento privado para el analista.

El análisis del sistema político, Análisis tres, se recomienda sea utilizado con cautela: "Son delicadas las sentencias que son usualmente requerida en relación con la visibilidad pública de los análisis tres" (Checkland, Scholes, 1990, págs. 51).

2.3 DISCREPANCIAS AUTORALES QUE CONDICIONAN LA PROPUESTA DOCTORAL.

La historia de los académicos del Departamento de Sistemas de la Universidad de Lancaster nos dice que tanto Checkland como Wilson entraron a formar parte del equipo de investigadores a cargo de G. Jenkins, estando ambos dedicados a líneas de investigación muy cercanas, el primero dedicado a la complejidad y el segundo a la "action research", habiendo sido Checkland quien finalmente acuñara el término "soft systems Methodology".

Wilson (1984-1990) por otra parte, nunca ha puesto en duda la legítima autoría de Checkland acerca de la Soft Systems Methodology, aunque si afirma que ésta en mucho se nutrió de la investigación sobre "action research".

No obstante estar convencido Wilson de la bondad de la Metodología de Sistemas Suaves (Wilson, 2001) para enfrentar situaciones problema no estructuradas, con el paso de los

años han resultado algunas discrepancias, concretamente en lo que se refiere a la concepción de los modelos conceptuales.

En un artículo de Checkland y Tsouvalis (1996), ellos proponen que en la Metodología de Sistemas Suaves, la línea que divide a la realidad del pensamiento de sistemas acerca del mundo debe eliminarse; esto con el fin que no se interprete como si indicara un falso dualismo. Una de las razones para apoyar tal eliminación ha sido el constante problema vivido en la práctica, relativo a las dificultades que ha presentado la liga entre definición raíz y modelo conceptual, esto durante los más de 30 años en que se ha usado y desarrollado la SSM.

La argumentación se robustece en el sentido de que la relación entre definición raíz y modelo conceptual se ha considerado como si sólo estuviera basada en una lógica instrumental. Sin embargo, las definiciones raíz dictan e inducen disposiciones. Las disposiciones, dictadas por las definiciones raíz, expresan a los modelos conceptuales; las disposiciones que así se inducen, son la fuente de los efectos sobre la práctica de solución de problemas. De esta manera, la sola dependencia lógica instrumental, como liga entre los dos debe liberarse, para permitir el surgimiento de formas diferentes de relación entre los dos, incluyendo aquellas ligas más estrechamente vinculadas a la evolución del contenido de un estudio de sistemas

Sobre lo mismo, argumenta Wilson (2001): Checkland en un principio aceptaba que para una cierta situación problema y donde se crearan más de una definición raíz, era necesario sintetizar a un solo Modelo Conceptual; existe la factibilidad de hacerlo, dice.

La motivación que tuvo Wilson para producir su libro *Soft Systems Methodology: Conceptual Model Building and Its Contribution* (2001) provino de ese artículo específico (Checkland-Tsouvalis,1996), el cual según Wilson busca minar la vertiente basada en la lógica del pensamiento de sistemas, misma que se originó de 'la investigación acción' programa antecedente de la SSM. No es la investigación acción la que ha llevado a los argumentos de 'renunciar a la racionalidad en su forma singular o universal', sino el uso impropio de los conceptos básicos.

Para efectos de esta tesis doctoral, la cual se centra en extender el mecanismo del análisis de requerimientos MC (Wilson, 1980), la visión en particular es la de considerar un Modelo Conceptual único. Sin embargo, no dejo de reconocer las bondades que introduce la propuesta de Checkland y Tsouvalis, la cual podrá ser útil al tratar varios enfoques de la cada situación problema.

REFERENCIAS AL CAPITULO 2.

Wilson, B. (1980). *The Maltese Cross- A Tool for Information Systems Analysis and Design*. Lancaster: Journal of Applied Systems Analysis, Vol. 7.

Checkland P.B., 1981, *Systems Thinking Systems Practice*, John Wiley, Chichester.

Checkland PB y Scholes J. (1990). *Soft Systems Methodology in Action*, John Wiley, Chichester.

Checkland P. y Tsouvalis C., (1996), *Reflection on SSM: The link between root definitions and Conceptual Models*, University of Humberside, Working Paper No. 5.

von Bulow, I., (1989), *The bounding of a problem situation and the concept of a system's boundary in soft systems methodology*, Journal of Applied Systems Analysis, Vol. 16, pp. 35-41

Wilson B., (1984-1990). *Systems: Concepts, Methodologies and Applications*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester.

Wilson B., (2001) *Soft Systems Methodology: Conceptual Model Building and Its Contribution*, John Wiley and Sons Ltd, Chichester.

SIGLAS AL CAPITULO 2

SIGLA	DEL INGLES	ESPAÑOL
MC	Maltese Cross	Cruz Maltesa
SSM	Soft Systems Methodology	Metodología de Sistemas Suaves
CATWOE	Mnemonic	Mnemótecnic

CAPITULO 3 ANALISIS DE REQUERIMIENTOS

El análisis de requerimientos (RA) es una aplicación de la Metodología de Sistemas Suaves (SSM) (Checkland, 1981) desarrollado por Wilson (1984-1990) dirigido a revisar la condición o capacidad que debe poseer un sistema o uno de sus componentes para satisfacer una especificación; este enfoque de sistemas RA lo diseñó Wilson para revisar sistemas de información, explorar roles y reestructurar organizaciones.

Dentro de este análisis de requerimientos de Wilson (1980) se ubica un mecanismo para derivar visualmente un diagnóstico del estado del sistema, denominado Cruz Maltesa (MC). Este mecanismo es el objetivo de esta tesis como se verá más adelante.

3.1 EL ANALISIS DE REQUERIMIENTOS DE WILSON.

El RA desarrollado por Wilson se ilustra en la Figura 3.1.1, en ella muestran las etapas metodológicas y donde se incrusta el mecanismo de la MC, así como la forma de su ensamblado. Puede observarse que el Modelo Conceptual de Tarea Primaria de Consenso (CPTM) y su Definición Raíz de Tarea Primaria asociada constituyen el marco de referencia más inmediato a la MC (Wilson, 1984-1990).

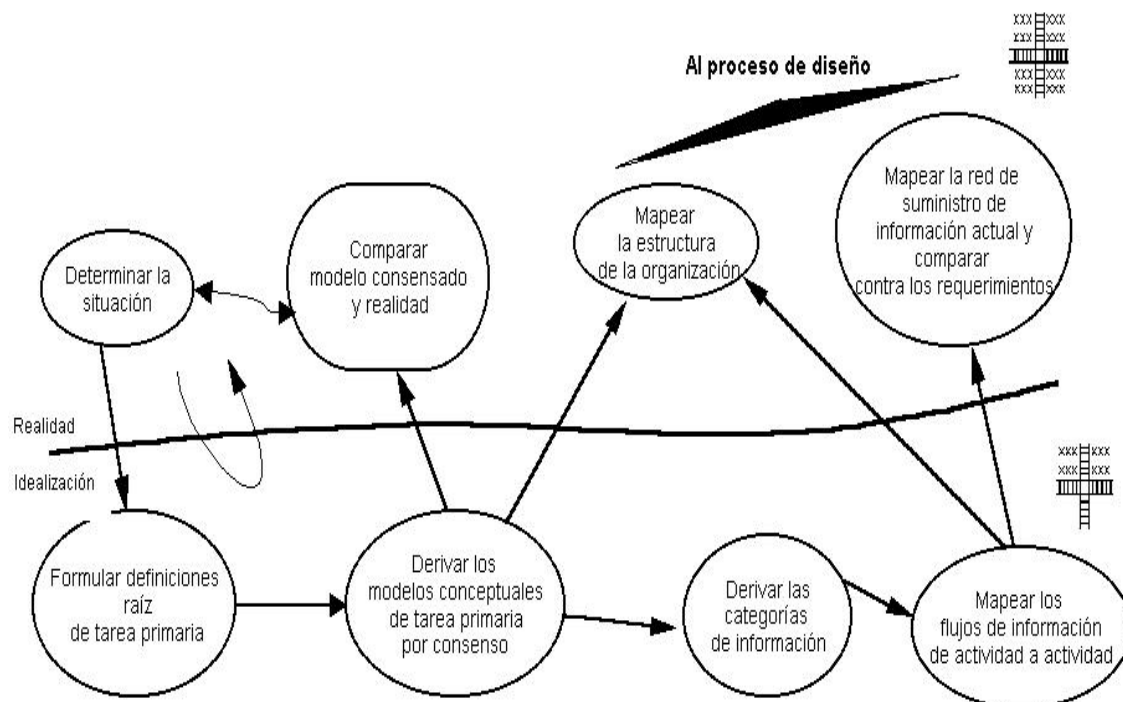


Figura 3.1.1 Metodología de Análisis de Requerimientos.

El modelo de tarea primaria de consenso, modelo basado en la declaración de lo que la organización busca o tiene como objetivos, se fundamenta previamente en la formulación de las definiciones raíz.

Es este modelo de tarea primaria de consenso la base para construir la MC. Las actividades y su flujo de información, idealmente diseñados ambos, se emplean para construir la mitad superior de la MC. Posteriormente la MC considera a los procedimientos de procesamiento a la información, los que existen en los casos de un sistema de información en uso. En el caso de sistemas de información nuevos, los procedimientos de procesamiento a la información serían motivo de un diseño que considere a los requerimientos contemplados en la parte superior de la misma MC, vistos bajo el marco que proporciona la metodología general de Wilson para satisfacer los requerimientos de información.

3.1.1 EL MODELO DE CONSENSO DE TAREA PRIMARIA.

El problema que enfrenta un analista es derivar un solo modelo para representar al 'sistema servido'. Fue en los casos donde el interés se centraba en un sistema de servicio de algún tipo, en que este problema de unicidad del modelo se presentó primero. Sin embargo, una vez que se derivó un mecanismo defendible por la combinación de modelos, el uso como base de análisis de un solo modelo representativo, se convirtió en un medio poderoso y eficaz de enfrentar una gama amplia de situaciones problema.

Este modelo único, es conocido como CPTM, sin embargo ha sido causa de mucha controversia. Se argumenta que el consenso lleva a una descripción suave que denota poca imaginación sobre una organización, pasando por alto la necesidad de capturar el pensamiento radical e imaginativo de las personas (Wilson, 2001). Este tipo de críticas se basa en la suposición de que el consenso se realiza entre personas internas a la organización de que se trate. Éste no es el caso dice Wilson, el consenso se da al interior del grupo solución del problema y, es una suposición acerca de eso que se está haciendo y que el grupo toma de la unidad organizacional. Esto puede o no involucrar a personal interno a la organización, en la ruta por la derivación del CPTM; esto se puede resumir de la siguiente forma:

El consenso del grupo solución del problema se da en lo que sus miembros están considerando que la organización hace (ahora y/o en el futuro).

El CPTM ha resultado ser un desarrollo clave en el análisis de problemas de una organización. Representa la única declaración del conjunto de actividades, tomada por representar a la organización particular en cuestión. Su importancia radica en el hecho que puede ser el punto de partida para una más amplia gama de investigaciones. Por ejemplo, el RA dirigido hacia la información busca identificar la información necesaria para una organización, o para parte de ella, y declara lo que debe soportar la información, por la vía de las actividades emprendidas; esto es una parte esencial del análisis.

El CPTM da una respuesta que es independiente de quién hace las actividades. Proporciona un conjunto robusto de requerimientos, independiente de la estructura de la organización (o de la reestructuración) por consiguiente. Debido a esta independencia de la estructura orgánica, es también una herramienta poderosa en el proceso de reestructuración de la organización y también en el diseño organizacional. La declaración de lo que se toma que la organización hace, constituye una base poderosa y defendible para fines de revisiones estratégicas.

La idea de conceptualizar al 'sistema servido' como la fuente de conceptuar un 'sistema de servicio' requiere una sola respuesta a la pregunta sobre lo que el analista toma que 'el sistema servido' sea. Ejemplos de sistemas de servicio son: provisión de información,

entrenamiento, planeación de mano de obra, mantenimiento, capacidad y dirección de calidad, etc. Todos estos ejemplos requieren responder a la pregunta ¿qué apoyar? y esa respuesta se deriva de una descripción del 'sistema servido', es decir por el contenido del CPTM.

En una aplicación grande que requiere un CPTM, el interés se centra en un particular 'cómo', tal como podría ser la estructura de una organización. Esta estructura puede ser tanto geográfica como departamental. Donde un juego de procesos de negocio se basa en lo que esos procesos pueden ser, y en su relación con los otros procesos de negocio, constituyen el juego total.

Un CPTM es una descripción de los procesos de negocio de la organización, independientes a la estructura, cuyo modelo determina los límites a que pueden mapearse los papeles reales y/o potenciales y su localización departamental.

3.2 EL ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN.

El RA forma parte del ciclo de vida de un sistema de información, conjuntamente con el diseño y la codificación, sin embargo, por constituir una fase cuyo producto tiene un carácter intangible, al menos en el sistema final, su actividad inherente se suele demeritar en aras de asignar más recursos a otras fases de resultados tangibles, como es la escritura del código bajo un lenguaje determinado, es decir la programación del sistema.

Quizás esta situación se deba a lo complejo que resulta la elaboración del análisis, sea para establecer nuevos sistemas o sea para auditar sistemas de información existentes, pues es una actividad que involucra a distintos usuarios y a diferentes productores de información, existiendo numerosas dificultades en la correcta identificación de las necesidades. Auditar es un examen crítico que se realiza con el fin de evaluar la eficacia y eficiencia de una sección, un organismo, una entidad, etc., regularme la auditoria se realiza en algún aspecto, por ejemplo el computacional.

El análisis de los requerimientos juega un papel crítico al construir software de calidad. El RA es el proceso de identificar las necesidades de los usuarios y con ello determinar qué construir en un sistema (Holbrook, 1990). Se ha mostrado que los defectos inducidos en el software durante RA son más costosos de corregir que aquéllos inyectados durante las fases subsecuentes del ciclo de vida del desarrollo (Fairley 1985), (Schneider,1992). La investigación también ha mostrado que muchas fallas de sistemas pueden atribuirse a la falta de un RA claro y específico (Cooper- Swanson 1979); (Davis 1982).

La consecuencia financiera de un RA han sido mencionadas por (Boehm,1981) y (Mittermeir,1982)y (Taggart-Tharp,1977) han informado de la poca conciencia de los gerentes en el impacto crítico del RA en el desarrollo.

Kan (1994) hace énfasis en la importancia de identificar claramente lo que quieren los clientes, sus necesidades y a la obtención sistemática de sus requerimientos.

Existe la creencia de que el interés por estas metodologías ha estado disminuyendo por razones de su supuesto deficiente sentido práctico. Aunque hay poca investigación empírica sobre un uso real de las metodologías del desarrollo de sistemas de información (ISD), la evidencia existente (Hardy, 1995) , (Chatzoglou-Macaulay,1996) sugiere que su uso está

limitado en la práctica, en el sentido de su baja utilización, no se aplican literalmente (Westrup, 1993).

(Chatzoglue-Maculay,), por ejemplo, divulgan los resultados de un sondeo en 72 proyectos dentro del Reino Unido en que encontraron que casi la mitad de los proyectos (47%) no utilizó ninguna metodología, mientras que en una encuesta de British, (Hardy,1995), encuentran un sugerente 18% que advierte que no usan metodologías. Hardy et al. (1995) divulgan que 38% de las metodologías usadas fueron desarrolladas internamente y fueron modificadas por requerimientos particulares en 88% de los casos.

Wynekoop y Russo (1993), divulgan los resultados de un examen de 100 organizaciones que indicaron que 65% de las organizaciones habían desarrollado su propia metodología en casa y 89% de los cuales creyó que las metodologías formales se deben adaptar en cada proyecto. Fue Mathiassen (1988) quien preguntó sobre el sentido práctico de las metodologías en la guía del trabajo de médicos, sugiriéndose que las metodologías están pensadas sobre todo para los principiantes como el vehículo para ser iniciados en el campo (Andersen,1990). Más moderados, (Unhelkar-Mamdapur, 1995) proponen una metáfora, un "mapa de camino" para las metodologías de desarrollo de sistemas de información, sugiriendo que una metodología puede no reconocer todos los factores circunstanciales y es más útil para un principiante que para un médico "experto" (Henderson-Sellers, 1995).

Esta tesis toma la posición de que las metodologías de ISD siguen siendo importantes. Se debe reconocer los roles adicionales de las metodologías de ISD que son complementarios a la idea tradicional que las metodologías son sistemas de reglas que se aplicarán literalmente. Sirven como formas convenientes de representación del conocimiento, ideales de un diseño "racional", proceso de (Parnas-Clements, 1986), vehículos para aprender (Checkland, 1981), y para proporcionar conceptos y metáforas para las comunicaciones expertas (Madsen, 1989).

3.2.1 LAS METODOLOGÍAS DEL ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.

Avison-Fitzgerald (1988) acuñaron la frase "selva de metodologías" para describir globalmente el estado de las metodologías de desarrollo de sistemas de información, destacando que es una colección desorganizada de numerosas metodologías que son más o menos similares. Se creía hasta hace una década y media que existían centenares de metodologías para el desarrollo de sistemas de información; sin embargo Jayaratna (1994) considera, más recientemente, que el número debe andar del orden de 1000. En tal estado, está claro que la prioridad más alta no está en desarrollar nuevas metodologías sino en entender mejor las existentes y el conocimiento colectivo de la filosofía contenida en ellas.

Sin embargo, históricamente, es a partir de los años setentas cuando se dedican esfuerzos concretos a crear metodologías para el análisis de sistemas de información, pudiéndose citar las siguientes:

La metodología BSP, Planeación de los Sistemas de la Empresa, fue producto de una investigación patrocinada y publicada por IBM (1975) y su enfoque gira en torno a los objetivos y procesos del negocio, las clases de datos y a la arquitectura de la información.

Lunderberg y otros colegas (1979) establecieron el enfoque ISAC, Desempeño de los Sistemas de Información y Análisis del Cambio, la cual gira en torno a los problemas de los sistemas de información.

Kerner con su Estudio del Control de la Información de la Empresa (1982), toma un enfoque distinto, al derivar los tipos de datos a través del análisis de demandas que recibe la empresa, los pedidos por ejemplo.

La Metodología Estructurada de análisis y diseño de sistemas, de uso muy actual, la desarrolló Learmouth y Burchett Management Systems. Yourdon (1979), Constantine, DeMarco, Page-Jones han hecho contribuciones importantes. Tiene gran aceptación, está basada en los populares diagramas de flujo de datos

La técnica del Modelado de Objetos, es quizás la metodología más vigente, abarca de manera integral tanto a las actividades de análisis del problema como también a las de diseño e implementación. Los autores que más han contribuido a esta técnica han sido Rumbaugh(1991) junto con Booch y Jacobson.

Finalmente, la técnica que es el objeto de la tesis, la cual se ha conservado popular desde su aparición es llamado RA cuyo autor es Brian Wilson; la técnica en sí, incluye un mecanismo útil, como ayuda al analizar cualquier sistema de información, en la consecución de un diagnóstico, la MC. La técnica en sí, está soportada por un enfoque integrado de sistemas, concretamente un conjunto de conceptos derivados de la SSM. Esta tesis retoma a la MC en su estado actual y trata de añadirle una extensión optimizante.

REFERENCIAS AL CAPITULO 3.

Checkland P.B. y Scholes, J. (1990), *Soft Systems Methodology in Action*, John Wiley, Chichester.

Checkland P. y Tsouvalis C., (1996), *Reflection on SSM: The link between root definitions and Conceptual Models*, University of Humberside, Working Paper No. 5.

Checkland P.B., (1981), *Systems Thinking Systems Practice*, John Wiley, Chichester.

Business Systems Planning, Information Systems Planning Guide IBM publications.

Kerner D.U.(1982). *Business Information Control Study Methodology, The Economics of Information Procesing*, Vol. 1, Management Perspectives, John Wiley, Nueva York.

Lundeberg, M, Goldkuhl, G y Nilsson, A. (1979), *Información Systems Development. A First Introduction to a Systematic Approach, Information Systems*, Vol 4, Oxford, Pergamon Press.

Rumbaugh J., Blaha M., Premerlani W, Eddy F., Lorensen W., (1991), *Modelado y Diseño Orientado a Objetos*, Prentice Hall

Wilson B., (1980), *The Maltese Cross- A Tool for Information Systems Analysis and Design*, Journal of Applied Systems Analysis, Vol. 7.

Wilson B. (1984-1990) *Systems: Concepts, Methodologies and Applications*, John Wiley and Sons Ltd.

Wilson B.(2001) *Soft Systems Methodology: Conceptual Model Building and Its Contribution*, John Wiley and Sons Ltd.

Yourdon E., Constantine L. (1979). *Structured Design*, Englewood Cliffs, New Jersey: Yourdon Press.

REFERENCIAS CITADAS.

- Andersen, N., Kensing, F., Lundin, J., Mathiassen, L., Munk-Madsen, A., Rasbech, M. y Sorgaard, P., (1990), *Professional Systems Development: Experience, Ideas and Action*, Prentice-Hall, Hemel Hempstead
- Avison, D y Fitzgerald G, (1995), *Information Systems Development: Methodologies, Techniques and Tools*, McGraw-Hill; London.
- Boehm, B. 1981. *Software Engineering Economics*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Chatzoglou, P.D. y Macaulay, L.A., (1996) "*Requirements capture and IS methodologies*", *Information Systems Journal*, Vol. 6, No.2, pp. 209-225
- Cooper, R. y Swanson, E. (1979). "*Management information requirements assessment: The state of the art*," *Data Base*, Vol. 10, No. 2, pp. 5-16.
- Davis, G. (1982). "*Strategies for information requirements determination*," *IBM System Journal*, Vol. 21, No. 1, pp. 4-30.
- Fairley, R. (1985). *Software Engineering Concepts*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Hardy, C.J., Thompson, J.B. y Edwards, H.M. (1995), "*The use, limitations and customization of structured systems development methods in the United Kingdom*", *Information and Software Technology*, Vol. 37, No. 9, pp. 467-477
- Holbrook, H. (1990). *A Scenario-based methodology for constructing requirement elicitation*, *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, Vol. 15, No. 1, pp. 95-104.
- Jayaratra, N., (1994), *Understanding and Evaluating Methodologies, NISAD: A Systematic Framework*, McGraw- Hill, Maidenhead.
- Kan, S., Basili, V. y Shapiro, L. (1994). "*Software quality: An overview from the perspective of total quality management*," *IBM Systems Journal*, Vol. 33, No. 1, pp. 4-19.
- Mathiassen, L. (1988) Presentation oral en el panel sobre "*Information Systems Development Methodology Evaluation*" in the Ninth International Conference on Information Systems, Minneapolis, Minnesota
- Mittermeir, R., Hsia, P., y Yeh, R. (1982). "*Alternatives to overcome the communication problem of formal requirements analysis*," in *Requirements Engineering Environments*, M. Ohno (ed.), North-Holland, Amsterdam.
- Schneider, G., Martin, J., y Tsai, W. (1992). "*An experimental study of fault detection in user requirements documents*," *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, Vol. 1, No. 2, pp. 188-204.
- Taggart, W. y Tharp, M. (1977). "*A Survey of information requirements analysis techniques*," *Computing Surveys*, Vol. 9, No. 4, pp. 273-290.
- Unhelkas, B. y Mandapur, G. (1995), "*Practical aspects of using a methodology: A road map approach*", *Reporte de Object Analysis & Design*, Vol. 2, No. 2, pp. 34-36, 54
- Westrup, C. (1993), "*Information systems methodologies in use*", *Journal of Information Technology*, Vol.8, pp. 267-275
- Wynekoop, J.L. y Russo, N. (1993), "*Systems development methodologies: Unanswered questions and the research-practice gap*", in DeGross, J.I., Bostrom, R. y Robey, D. (eds.), *Procedente de la Fourteenth International Conference on Information Systems*, Orlando, FL, pp. 181-190

SIGLAS AL CAPITULO 3

SIGLA	DEL INGLES	ESPAÑOL
MC	Maltese Cross	Cruz Maltesa
RA	Requirement Analysis	Análisis de Requerimientos
SSM	Soft Systems Methodology	Metodología de Sistemas Suaves
ISD	Information Systems Development	Desarrollo de Sistemas de Información
CPTM	Consensus Primary Task Model	Modelo Conceptual de Tarea Primaria de Consenso
IPP	Information Processing Procedures	Procedimientos de Proceso a la información

Parte II MI PROPUESTA DOCTORAL

Esta Parte II, la constituyen dos capítulos donde describo el concepto de mi propuesta doctoral, esto es, extender la misión de la Cruz Maltesa incorporándole la capacidad de selección óptima. La tesis potencia las posibilidades de uso de la Cruz Maltesa, mediante el uso de técnicas duras para manejar las relaciones entre las diferentes matrices. Esto significa que se potencia la cantidad de elementos que pudieran interactuar en un sistema determinado.

El uso de estas técnicas duras traerá como consecuencia la necesidad de usar bases de datos, como se verá posteriormente en la parte III.

Los capítulos y sus nombres de esta Parte II son los siguientes:

Capítulo 4. La Propuesta: Una Cruz Maltesa Eficientista.

Capítulo 5. El Modelo Optimizador.

CAPITULO 4 LA PROPUESTA: UNA CRUZ MALTESA EFICIENTISTA

Me he propuesto adicionar, al mecanismo cualitativo denominado Cruz Maltesa (Wilson, 1980), una capacidad que señale cómo eficientar al sistema, a través de incorporar una herramienta de toma de decisiones para seleccionar a los Procedimientos de Proceso a la Información.

Es un hecho que la visión del Dr. Wilson acerca de la Metodología de Sistemas Suaves es viable. También es un hecho que la aplicación dirigida al Análisis de Requerimientos de Wilson va a seguir vigente y con ello su mecanismo matricial de diagnóstico denominado Cruz Maltesa. Entonces considero que estas metodologías necesitan innovarse. La innovación que en particular estoy proponiendo en esta tesis, tiene un objetivo: fomentar un uso más intensivo de la MC. El carácter intensivo, en este caso, se deriva a su vez de que las aplicaciones de la MC sean susceptibles de ejercitarse en sistemas más grandes.

Esta incapacidad de la Cruz Maltesa para enfrentar sistemas relativamente grandes, la señala Wilson en el Capítulo 6 de su primer libro (1984-1990), donde a través de algunos cartones sugiere que al desarrollar cualquiera de sus aplicaciones deberá tenerse cuidado en no exceder un tamaño razonable, véase Figura 4.1.



Figura 4.1 Una cartón sugerido por Wilson, expresando las dificultades para manejar grandes sistemas. Convertido por el tesista a una Cruz Maltesa.

Con el recurso que ahora pretendo añadir a la Cruz Maltesa preservo que ésta siga ofreciendo la posibilidad de señalar o no desajustes de muy diversa naturaleza según la visión del analista, pero que tenga la certeza de que su principal objetivo de acuerdo a la Metodología de Sistemas Suaves y al Análisis de Requerimientos se llegue a cumplir de manera más formal, esto es, observar que las actividades conceptuales si son factibles de implementarse; todo ello con una visión de utilizar los Procedimientos de Proceso a la Información que bajo un criterio económico minimicen el costo total.

Este mecanismo del RA, como se vio en el Capítulo 3, es muy amplio. Estructurar una Cruz Maltesa es una actividad muy laboriosa como para dejar todo este esfuerzo solamente en la revisión visual de un analista, esto significa en el mejor de los casos, dejar todo a la revisión subjetiva de una persona especializada en el manejo de la información.

4.1 RELACIONES CONCEPTUALES A CUMPLIR

La principal revisión al diagnóstico que proporciona la Cruz Maltesa radica en que se tengan establecidos todos los procedimientos a los procesos a la información necesarios para que se produzcan de manera adecuada las informaciones, materia prima de las actividades. Las columnas de categorías de información sin marcas en la matriz sureste, indicarían precisamente que existen datos que no son producidos por los actuales procedimientos de procesamiento a la información.

En la parte superior de la MC, en los renglones de la matriz noroeste habría que revisar si cada actividad, tiene la información necesaria; observar si los requerimientos le son satisfechos por los procedimientos de los procesos de información, adecuadamente.

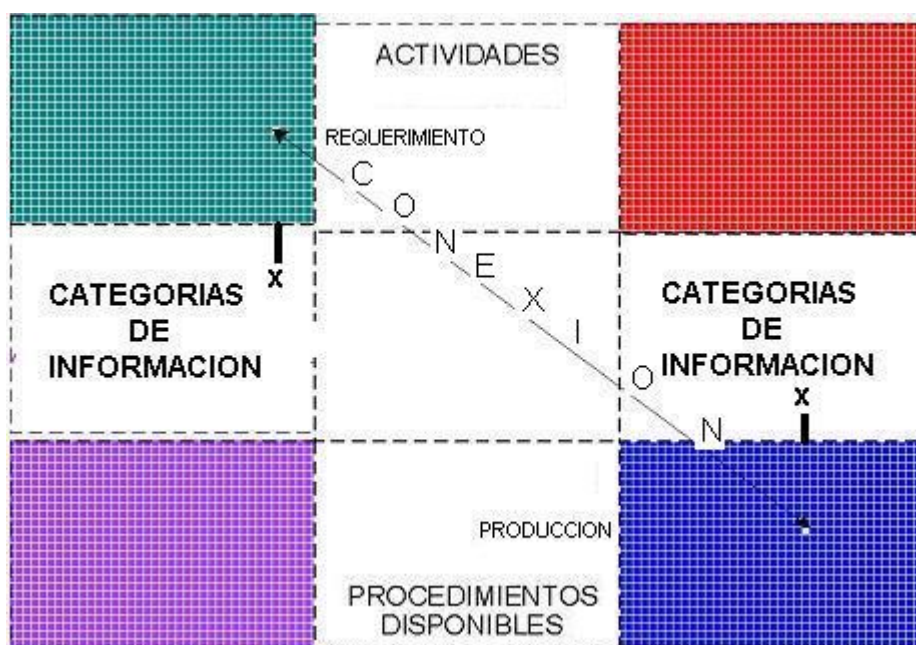


Figura 4.1.1 Mapa de una Cruz Maltesa relacionando necesidades y disponibilidades

El escenario del problema de análisis de la información, donde existe un conjunto de procedimientos implementados, implica revisar que para cada información requerida por las actividades del negocio, representadas en la matriz noroeste, sea factible su abastecimiento por la información producida por los distintos procedimientos implementados, matriz sureste. Cualquier desviación a este mapeo tendrá que tener una explicación.

Existe la posibilidad de que durante el análisis se observen omisiones de procesamientos, por lo que habría que implementar tales procedimientos en particular o bien gestionar la ampliación de alguno o algunos de los existentes.

También es posible descubrir multiplicidades en el procesamiento de la información. Más de un procedimiento para producir la misma información; ¿cuáles procedimientos de procesamiento a la información conservar y cuáles eliminar?

La existencia de una misma categoría de información en varios renglones de esta matriz sureste indicaría ineficiencia por la duplicidad en el procesamiento a la información o incluso una fuente potencial de inconsistencias.

Es necesario, por otra parte, estar consciente que cada procedimiento tiene un costo de operación. En este punto, el objetivo es ir haciendo una mejor selección del conjunto de procesos existentes.

El hecho de que no se produzca una información necesaria por los procedimientos existentes, debe llevar a la necesidad de habilitar uno o varios nuevos procedimientos o bien de ampliar aquellos que sean conducentes. Sin embargo, en ambos casos, los procedimientos que se propusieran deberán tender a minimizar el costo de su operación.

Como se puede considerar, los cuestionamientos importantes desde el punto de vista de sistemas de información, se producen al examinar la matriz sureste, donde se vierten los resultados de los procedimientos de procesamiento a la información, pudiéndose presentar un gran número de alternativas.

Este es el problema total de la interpretación de la Cruz Maltesa. Siempre es posible hacer una mejor selección de los procesos, siempre y cuando se produzcan las informaciones necesarias. Para grandes sistemas con mucha redundancia es muy difícil decidir, por inspección visual, la selección del mejor conjunto de procesos.

En términos de un instrumento para la observación de los resultados de la cruz maltesa y para automatizar la toma de decisiones consiguiente, cada situación vista a través de esos resultados deberá ser motivo de una solución. Puede ser quizás en términos interactivos, a fin de que el analista sea quien conscientemente tome las decisiones. En algunos de estos casos las decisiones no podrán tomarse de inmediato y quizás hasta su implementación sea motivo de una visión global de todo el sistema de información.

Sin embargo, dada la gran cantidad de alternativas para que una categoría de información sea producida por uno o varios procedimientos de procesamiento a la información, se presenta situación problema susceptible de optimizarse.

4.2 EL PSEUDOMODELO EFICIENTISTA A INCRUSTAR EN LA CRUZ MALTESA.

Un tema que no está presente en la metodología de Wilson, tal como originalmente fue presentada por su autor, es la eficiencia económica, esto es, considerar los costos totales de procesar la información. En este sentido un aspecto de la propuesta de esta tesis es reflejar en el análisis, los costos por el manejo de la información. En esta forma, se considera deseable minimizar los costos totales de establecer los procedimientos de procesamiento a la información, esto es, minimizar la suma de costos de cada uno de los procesos necesarios para producir los datos de manera eficiente. Existirá también la restricción de producir todos los datos necesarios para desarrollar las actividades del negocio.

Esta tesis empieza entonces a mostrar cómo las situaciones problema propuestas puede llegarse a estructurarse en una solución.

En síntesis, la MC puede conjuntar una serie de aspectos a considerar, el objetivo y sus restricciones, una vez que el escenario problema está definido:

Minimizar los costos totales, esto es, minimizar la sumatoria de costos de todos los procedimientos de procesamiento a la información para producir los datos.

Las restricciones serían que los procedimientos de procesamiento a la información produzcan todos los datos necesarios por las actividades del negocio (Wilson, 2001).

Posibles escenarios:

Con solución: que los procesos propuestos sean suficientes para obtener todos los datos. La solución sería un subconjunto de procesos.

Sin solución: que los procesos propuestos no sean suficientes o incluso inexistentes para obtener todos los datos. Procede en el primero de los casos, reformar los procesos; en el segundo, formular cada uno de los procedimientos de procesamiento a la información

Advertir que siempre va a ser posible obtener un mejor óptimo, si cambia la base de procesos.

Esto debería ser susceptible de capturarse en un modelo, pero lo deseable es encontrar un algoritmo para hallar la mejor de las soluciones.

4.3 EJEMPLO DE CRUZ MALTESA.

En este Capítulo 4 dedicado a proponer una extensión del mecanismo Cruz Maltesa se destaca la posibilidad de aplicarse a cualquier problema que tenga un sentido de revisar su vigencia apegándose a unos nuevos requerimientos, esto es de auditoría.

En este sentido, un problema de ingenieros de planeación es revisar la vigencia de la infraestructura creada por el gobierno, cuando se sospecha que no está funcionando como se quisiera. Enseguida se inventa un ejemplo, sólo alusivo a un caso típico y nada particular.

Supongamos que estamos en la revisión de un viejo camino rural de características modestas que se piensa que por su entorno, pudiera tener mejores atributos. Las características de ese viejo camino pudieran ser las siguientes:

- Subbase de 30 cm
- Número de carriles: uno.
- Sin Carpetas de rodamiento
- Sin Señalamiento
- Sin Obras hidráulicas
- Sin Retornos controlados

Este proyecto nos lleva a auditar las características del viejo camino, en base a las actividades de tránsito de vehículos que deberá ahora servir. Estas actividades son las expectativas siguientes:

- Permitir Alta Velocidad 60-80 Km/hora
- Posibilitar rebase entre vehículos de misma dirección
- Tránsito mínimo promedio diario anual: 1500 vehículos.

- Restringir pendientes mayores de: 12%
- Transitar en toda época del año.

En base a todos los factores que inciden, se obtiene el nivel de servicio que el camino debería tener. Para el ejemplo supongamos que ese camino debería ser una carretera que complementa a la red nacional.

Entonces se trata de una comparación, entre el camino que existe y las actividades vehiculares identificadas de una carretera. Una comparación entre algo real y algo ideal, en base a características.

Si consideramos las características de una carretera ideal, entonces podemos alcanzar el concepto de Requerimientos.

- Velocidad
- Nivel de Accidentes
- Economía
- Tiempos de recorrido
- Nivel de Mantenimiento
- Visibilidad
- Nivel de seguridad
- Nivel Control horizontal
- Nivel de control vertical
- Desarrollo regional

Si desglosamos en qué consisten estos requerimientos, necesitaremos el concepto de información, esto es, subconjuntos de datos referenciados a algo. Si consideramos además que siempre estaremos a un cierto nivel de detalle de requerimiento, entonces podemos tener varias categorías de información.

Así, necesitamos hacer la comparación, considerando tres elementos: lo aceptable y lo existente a través de categorías de información.

El Dr. Brian Wilson nos propuso usar un mecanismo intelectual, gráfico en forma de cruz, para hacer esa comparación. Dentro de la cruz, en la parte de arriba, podemos anotar las actividades que se requieren hacer para contar con una carretera apropiada; en la parte de abajo anotemos la infraestructura que existe y en los brazos de la cruz anotemos las categorías de información que resultan conducentes.

cuanto a procedimientos, debajo de la cruz, apuntemos hacia “Número de Carriles, Uno” y notemos que la información “Economía” es pertinente entre otras; ahora veamos la actividad “Subbase: 30 cm” y notemos que entre otras informaciones produce “Velocidad” la cual también es altamente pertinente.

Finalmente, he estado insistiendo en este documento de la tesis que la MC es aplicable a cualquier situación problema, no solo a sistemas de información, con este ejemplo la propuesta de esta tesis sobre introducir eficiencia económica e incorporar herramientas matemáticas y digitales es mucho más pertinente, real y lógica de implementarse.

REFERENCIAS AL CAPITULO 4.

Wilson B., (1980). *The Maltese Cross- A Tool for Information Systems Analysis and Design*, Journal of Applied Systems Analysis, Vol. 7.

Wilson B.(1984-1990) *Systems: Concepts, Methodologies and Applications*,1983, John Wiley and Sons Ltd.

Wilson B. (2002). *Soft Systems Methodology: Conceptual Model Building and Its Contribution*, John Wiley and Sons Ltd.

SIGLAS AL CAPITULO 4

SIGLA	DEL INGLES	ESPAÑOL
MC	Maltese Cross	Cruz Maltesa
RA	Requirement Analysis	Análisis de Requerimientos

CAPITULO 5 EL MODELO OPTIMIZADOR

El problema así bosquejado es determinar, en el seno de la Cruz Maltesa, las mejores asignaciones de recursos limitados para alcanzar objetivos dados. Para este problema, las disciplinas de la ciencia que ofrecen soluciones son la Programación Matemática, la Combinatoria o bien la Teoría de Gráficos.

Habiendo expuesto antes la problemática que impide un uso más intenso del mecanismo de diagnóstico MC, en el presente Capítulo se propone a la herramienta optimizadora y se identifica así al modelo clásico de Cobertura, como el más pertinente.

Para este modelo clásico de literatura matemática, denominado en inglés Set Covering, se encuentran disponibles algoritmos susceptibles de aplicarse eficientemente; el objetivo final puede ser visto como una medida que intenta mejorar las relaciones que se dan entre algunas de las matrices que aglutina la MC.

5.1 EL DISEÑO DE UN MODELO DE OPTIMIZACION.

El modelo de optimización debe reflejar a la estructura conceptual de la Cruz Maltesa, la que en esencia es la representación visual del problema de auditar un sistema con los dos elementos siguientes:

- el modelo conceptual alcanzado en el análisis de requerimientos de la SSM.
- el conjunto de procedimientos implementado,

El problema que propongo resolver debe decidir: qué procedimientos de proceso a la información, dentro de la MC, conservar y cuales desechar, basándose en un criterio económico del costo de éstos. El objetivo es minimizar el costo de cubrir todos los insumos necesarios para que se realicen las actividades conceptuales, con algunos de los procedimientos existentes. Las variables del modelo serán entonces los procedimientos de procesos a la información: estar o no, dentro del modelo conceptual.

En un contexto de optimización matemática, el modelo tiene que aportar una solución, vista como la aceptación o no de cada procedimiento establecido en la realidad. Esto lo podemos modelar matemáticamente como que cada procedimiento sea una variable binaria, esto es, cada variable pueda tomar el valor cero o el valor uno. Una variable cero asignada a un procedimiento significará que éste no es imprescindible para el sistema y por lo tanto tendría que desaparecer para no seguir causando un costo; el valor uno en una variable asignada a un procedimiento, significará que éste si es vital para el sistema. La palabra clave en este problema de optimización será: cubrimiento; siendo este un problema clásico de la optimización; cobertura o cubrimiento, en inglés Set Covering y cuyas siglas son SCP (Salkin, 1975).

Es entonces en la estructura matricial de este modelo de cobertura, donde se modela el enlace de las actividades del modelo conceptual con los procedimientos establecidos, mediante un conjunto de categorías de información. Si el objetivo es conservar solo los procesos que sean los convenientes económicamente, de tal forma que se cubran todas las actividades conceptuales, entonces la solución será algún subconjunto de los productos de estos procedimientos establecidos.

En algún escenario posible, los resultados pueden incluso, advertir que el programa a optimizar no tiene solución, esto podría ser debido a que los procesos establecidos no fueran suficientes para cubrir todas las necesidades de las actividades conceptuales. También podemos vislumbrar que el problema es dinámico, siempre va a existir la posibilidad de obtener un óptimo distinto, lo cual se daría como resultado de cambiar algunos elementos del modelo conceptual o bien de la lista de procedimientos o de ambos.

El problema se podría plantear de manera estructurada como lo siguiente:

Definir la aceptación o no de cada uno de los n procedimientos establecidos, como una sola combinación factible a ser generada por 1, 2...o k categorías de información. Habría un costo C_j asociado con aceptar el j -ésimo procedimiento. Esta aceptación la propone el modelo a través de que la variable X_j tome el valor uno si el j -ésimo procedimiento es indispensable o cero en cualquier otro caso.

Este problema puede formularse como un problema de optimización restringida, en una versión de costo unitario como sigue:

$$\begin{aligned} &\text{Minimizar} \quad \sum_{j=1}^{j=n} X_j \\ &\text{sujeto a las restricciones} \\ &\quad X_j \in \{0,1\} \text{ para } j=1,\dots,n \\ &\quad \sum_{j=1}^{j=n} a_{ij} X_j \geq 1 \\ &\quad a_{ij} \in \{0,1\} \text{ para } i=1,\dots,m \\ &\quad \quad \quad j=1,\dots,n \end{aligned}$$

5.1.1 El modelo de Cobertura Propuesto.

La variable X_j indica si la columna j pertenece o no a la solución ($X_j = 1$) o no ($X_j = 0$). Las m restricciones usan desigualdades mayor o igual que uno, para expresar el requisito que cada fila debe ser cubierta por al menos una de sus columnas. En la versión “pesada” de este problema, la función objetivo $\sum_{j=1}^n c_j X_j$ contiene algunos costos $c_j > 0$ que especifican el costo de la columna j . Por consiguiente la versión propuesta del SCP es referido como el problema de cobertura unicosto.

La matriz a_{ij} proviene de la Cruz Maltesa, representando a la matriz sureste que modelaría a las casillas en blanco y a las casillas rellenas en negro, simbolizando estas últimas las categorías de información que son producidas por los procedimientos instalados en el sistema. Véase figura 5.3.1. En cada uno de los m renglones de esta matriz a_{ij} , estará la información que es producida todos los procedimientos disponibles; esto es, en cada columna se ubicará lo que un procedimiento produce en términos de las n categorías de información.

5.2 ESTADO DEL ARTE DE LOS ALGORITMOS PARA EL PROBLEMA DE COBERTURA.

El problema de Cobertura denominado en inglés Set Covering, también conocido por sus siglas SCP, es un problema clásico de la programación matemática que ha llevado al desarrollo de técnicas fundamentales en el campo de los algoritmos de aproximación; constituye uno de los 21 problemas NP-completos (Karp, 1972).

El problema de cobertura es difícil de tratar, ya que no se conoce un algoritmo con nivel de complejidad de orden polinomial (este orden se refiere al tiempo de ejecución relativo al número de componentes sobre los que se va a ejecutar el algoritmo), es lo que se denomina un problema NP-duro.

El problema de cobertura ha recibido considerable atención en la literatura, debido a sus sustanciales aplicaciones prácticas; este modelo posee propiedades especiales que llevan a muy eficientes resultados computacionales (Hoffman-Padberg, 1993).

El SCP consiste en la cobertura de las filas de una matriz cero-uno (a_{ij}) de m filas y n columnas, por un subconjunto mínimo de esas columnas, donde una fila i es cubierta por una columna j , cuando la entrada a_{ij} es igual a uno. Consideremos de nuevo la clase de problemas que tienen la siguiente estructura:

$$\text{Minimizar } cx$$

$$Ax \geq e^T$$

$$x_j = 0 \text{ o } 1 \text{ para } j=1, \dots, n$$

Donde A es una matriz $m \times n$ de ceros y unos, $e^T = (1, \dots, 1)$ es un vector de m unos y c es un vector de n (arbitrario) componentes racionales. Este problema de programación lineal puro 0-1 es llamado el problema de cobertura¹.

5.2.1 ENFOQUES DE SOLUCIÓN.

Una vez que el problema se ha formulado como un problema de cobertura, se inicia la búsqueda de una solución óptima (o cercana a la óptima) a un problema de programación lineal 0-1, a través de la relajación a una serie de programas lineales identificados por un proceso de ramaleo y acotamiento.

¹Cuándo las desigualdades $\geq$ son reemplazadas por ecuaciones el problema es de Particiones, y cuándo todas las restricciones se reemplazan por restricciones tipo $\leq$, el Problema es de Empaquetamiento.

Un caso simple se da si la matriz A es una matriz perfecta cero-uno (Padberg, 1974), esto significa que con seguridad la relajación al LP del problema aportará la solución óptima cero-uno para todas las opciones de la función objetivo. Chvatal mostró que cada una de estas matrices perfectas se presenta como la matriz de incidencias de un nodo², en algún grafo perfecto (Cornuéjols, 2002).

Igualmente otro caso se presenta si la matriz A es una matriz ideal, esto es, que no tenga columnas cero y que todos los puntos extremos de $P = \{x > 0: Mx < 1\}$ sean vectores 0,1; así, cuando las matrices denominadas ideales se presentan en los SCP, se da por un hecho que también pueden ser resueltos como programas lineales para todas las funciones objetivo, (Cornuéjols, 2002).

Pero en general, los problemas que se presentan en la práctica no necesitan tener matrices perfectas o ideales, se ha observado en la práctica computacional que aun cuando sean problemas grandes, su programación lineal es relativamente pequeña, (o más bien, la programación lineal acoplada al proceso de ramaleo-y-acotamiento) siendo posible proporcionar soluciones enteras rápidamente. Sin embargo, cuando aumenta el tamaño de los sub-problemas, la parte no entera de la solución de la programación lineal aumenta drásticamente, tanto como la longitud y el tamaño del árbol del ramaleo. Es para estos casos de problemas más grandes que se han desarrollado técnicas de aproximación, reformulación y procedimientos exactos; estas se han desarrollado para explotar la estructura subyacente del problema.

5.2.1.1 Reformulación de la descripción lineal del problema.

La estructura natural de los problemas de cobertura proporciona la oportunidad para desechar cualquier renglón o columna innecesarios automáticamente, y para quitar cualquier variable que no pueda existir en una solución óptima. También se realizan chequeos sobre inconsistencias entre las restricciones. Los procedimientos de reformulación para el problema de cobertura han sido bien conocidos desde hace tiempo (Garfinkel-Nemhhauser, 1972) pero no se había construido un código del propósito especial para resolver problemas de gran escala hasta Hoffman y Padberg, (1993).

²El problema puede también verse como un modelo que generaliza un caso de Teoría de Gráficos, donde dado un gráfico $g = (n,e)$, con n vértices y e arcos, se requiere encontrar una cobertura con el número mínimo de arcos, siendo definida la cobertura como el subconjunto de arcos tal que cada uno de los n vértices tenga incidencia por algún arco del subconjunto. Por definición la función objetivo es minimizar $x_1 + x_2 + \dots + x_n$.

5.2.1.2 Heurísticos para problemas de cobertura.

Virtualmente, todos los enfoques heurísticos para resolver problemas de programación entera se han aplicado a problemas de cobertura. La formulación de cobertura se presta por su naturaleza a los métodos ávidos, donde cada iteración escoge la mejor próxima etapa, miopeamente, sin considerar sus implicaciones en movimientos futuros. Los enfoques de intercambio también han sido aplicados; un cambalache de una o más columnas se toma, siempre que tal cambalache mejore el valor de la función objetivo. Hay otros nuevos enfoques heurísticos como los algoritmos genéticos, las investigaciones probabilísticas, las simulaciones, y las redes neuronales que tienen cada uno esa intención. No ha habido una comprobación comparativa desgraciadamente para tales métodos y así determinar bajo qué circunstancias un método específico podría ser mejor. En Beasley (1990) se documenta un conjunto extenso de pruebas de casos de problemas importantes.

Además, se puede empotrar un heurístico dentro de alguno de los algoritmos exactos, para iterativamente forzar hacia el límite superior al mismo tiempo que se intenta conseguir una aproximación firme hacia el límite más bajo del problema. En Balas-Carrera (1996) se proporciona un heurístico basado en el uso de la relajación Lagrangiana empotrada dentro del proceso de ramaleo y acotamiento, para resolver el problema de cobertura.

5.2.1.3 Enfoques de solución exactos para problemas de cobertura.

Los enfoques exactos que resuelven problemas de cobertura requieren algoritmos que generan buenos límites, tanto inferiores como superiores, en el verdadero valor mínimo del caso del problema. Se puede usar cualquiera de los heurísticos arriba expresados para obtener un buen límite superior a estos problemas. Se debe notar, sin embargo, que los problemas de cobertura son problemas más fáciles para la búsqueda heurística porque para estos problemas, es, en general, más fácil encontrar soluciones factibles.

En general, la cota inferior en el valor de la solución óptima es obtenida resolviendo una relajación al problema de optimización. Es decir, uno resuelve otro problema de optimización cuyo conjunto de soluciones factibles propiamente contiene todas las soluciones factibles del problema original y cuyo valor de la función objetivo es menor o iguala al verdadero valor de la función objetivo para los puntos factibles del problema original. Así, se reemplaza al "verdadero" problema por uno con una región factible más grande que se resuelve más fácilmente. Hay dos relajaciones normales para problemas de cobertura, paqueteo y partición: la relajación de Lagrange (donde el conjunto factible normalmente exige mantener viabilidad 0-1, pero muchas si no todas las restricciones se mueven en la función objetivo con un término de penalidad) y la relajación de programación lineal (donde sólo las restricciones de integralidad están relajadas, la función objetivo permanece tal como la función original). Para el problema de cobertura, en Etcheberry (1977) se consideró usar una formulación Lagrangeana y una optimización de subgradiente. Balas y Ho (1980) probaron varias relajaciones de Lagrange que incluyen algunos de los cortes incorporados dentro de la formulación y preservaron al conjunto ajeno de las restricciones lineales originales no-relajadas. En (Balas-Carrera, 1996), el heurístico dual y primal, se usa con una variable recursiva y la optimización del subgradiente está incluida dentro de una búsqueda de ramaleo y acotamiento de árbol.

Un enfoque alternativo para resolver problemas de cobertura es ramaleo y corte. Este método empieza resolviendo la relajación de la programación lineal al problema y entonces fuerza a la reformulación agregando nuevas desigualdades lineales al conjunto de restricciones.

Específicamente, se requiere encontrar desigualdades lineales que sean violadas por una relajación dada, pero que estén satisfechas por todos los puntos factibles cero-uno. Los enfoques de plano de corte más exitosos están basados en la teoría del poliedro, donde ellos reemplazan al conjunto de restricciones de un problema de programación entera por una convexificación de los puntos factibles cero-uno y rayos extremos del problema. Algunos de los cortes del poliedro útiles para problemas de partición son desigualdades, ciclos impares, y los complementos de ciclos impares están en la intersección del gráfico asociado con la matriz A. Para una descripción completa de cómo tales cortes son incluidos en una estructura de búsqueda de árbol que también usa un heurístico, la reformulación y técnicas de fijación de variable, (Hoffman-Padberg, 1993).

Actualmente, la descripción poliédrica de estos problemas está incompleta. Como mejore nuestra comprensión de la estructura matemática de los polítopos de cobertura, y con el avance continuado de la tecnología computacional, es probable que tantos problemas difíciles e importantes sean resueltos pudiendo resolver problemas más grandes cada vez para mejorar la optimalidad.

5.2.1.4 Al Futuro.

El reciente interés en la difícil reformulación de los problemas importantes de programación, vía la generación de la columna, tiene una revigorizada investigación, tanto en técnicas de solución de programación lineal como en entera. La relajación de programación lineal en estos problemas muy grandes, arroja problemas altamente degenerados para resolverse por el método del simplex primal. Esta degeneración indujo a la revisión tanto de métodos primales como de duales. El hecho de que los enfoques de generación de columna requieran una solución, se necesita que entendamos mejor la estructura de estos problemas.

5.3 UNA BREVE APLICACION PRELIMINAR.

Considero que para poder mostrar claramente en qué consiste mi aportación doctoral, es conveniente hacerlo con una Cruz Maltaesa corta en cuanto al número de elementos. Esta breve presentación, considerando que en la segunda parte de esta tesis, se abordará ampliamente un estudio de un caso.

Para este breve ejercicio, he seleccionado uno de los ejemplos clásicos de la literatura del Dr. Brian Wilson (1984-90), referido a la reorganización para el mantenimiento de aviones de la empresa British Airways.

En la Figura 5.3.1 de la página siguiente, muestro una réplica al ejercicio de la Cruz Maltaesa mencionado, según lo publicado por Wilson (84-90), quien advierte que el contenido de esta MC solo es parte del proyecto completo del Análisis de los Requerimientos de Información al caso de British Airways,

La Cruz Maltaesa en principio habrá que leerla y/o construirla horizontalmente, esto es, primero las dos matrices superiores y luego las dos matrices inferiores

Si enfocamos a las cuatro matrices en sus cuatro cuadrantes, compuestas por las casillas en negritas y las casillas en blanco; las negritas se refieren a aquellas donde el sistema necesita o produce una categoría de información sea con una actividad conceptual o bien con un procedimiento de proceso a la información. Así se integran cada una de las cuatro matrices, pero obviamente cada una de las matrices tiene diferente significado, como lo explico enseguida:

Las dos matrices de la parte superior, esto es, aquellas que giran en torno a las actividades conceptuales y las categorías de información:

La matriz noroeste se refiere a los insumos o entradas necesarias para que se verifique cada una de las actividades conceptuales.

La matriz noreste se refiere a los productos o salidas al término de que se llevaron a cabo cada una de las actividades conceptuales.

Mientras que las dos matrices de la mitad inferior de la MC, aquellas que giran alrededor de los procedimientos de procesos a la información y las categorías de información:

La matriz suroeste se refiere a los insumos o entradas necesarias para que se opere cada uno de los procedimientos de procesos a la información.

La matriz noreste se refiere a los productos o salidas al término de que se verificaron cada uno de los procedimientos de procesos a la información.

En esta forma, en este ejercicio se tienen 9 procedimientos de procesamiento a la información disponibles listados en el eje sur de la Cruz Maltesa, además de 18 categorías de información que deberán ser cubiertas de manera eficiente por los anteriores.

Como se mencionó antes desde el Capítulo 3, existen varias revisiones que deberán efectuarse entre las diferentes matrices de la Cruz Maltesa. La principal revisión, sin embargo, es aquella que verifica el concepto de la Cruz Maltesa: comparar el modelo conceptual con lo que existe en la realidad; siendo entonces que la más importante revisión será para asegurar que los datos necesarios para la operación de un sistema, matriz noroeste, son abastecidos por los procedimientos de procesamiento a la información, en este caso los visualizados en la matriz sureste. Véase Figura 4.1.1 Mapa de una Cruz Maltesa relacionando necesidades y disponibilidades.

En este problema, lo que estaríamos cuestionando es al conjunto de procedimientos disponibles, la estrategia nos podría decir que algunos procedimientos deben conservarse, algunos otros cancelarse y quizás falten algunos nuevos. Estos procedimientos de la Cruz Maltesa, para fines del modelo, los asumiremos como variables, las denominaremos X_j .

Ahora es necesario describir aquella información que produce cada X_j como procedimiento. Estará modelada como una matriz a_{ij} , donde la i estará acorde a las categorías de información y la j conforme a los procedimientos. Esta producción estará descrita en la matriz sureste de la MC, en cuyas columnas tendremos a las diferentes categorías de información, mientras que en los renglones tendremos precisamente lo correspondiente a cada procedimiento.

Esto es, si miramos a la MC y nos enfocamos a la matriz sureste nos encontramos que la transpuesta de esa matriz corresponde precisamente a la matriz a_{ij} y además podemos resumir que el modelo que estoy proponiendo de una extensión optimizante solo hace uso de la matriz sureste; esto último basado en el hecho de que cada una, de ambas alas de la cruz, contiene a todas las categorías de información.

Obviamente, las casillas en blanco de la MC corresponden a los ceros de la matriz a_{ij} del modelo (elementos en blanco también) y las casillas en negro significarán unos en el modelo.

Así, suponiendo costos unitarios para cada uno de los procedimientos de procesamiento a la información y etiquetando a cada uno de ellos con la letra X y el subíndice que le corresponde, se tendría la siguiente función objetivo del programa de cobertura, Figura 5.3.2, la cual óptimamente minimizaría la suma de los costos de los procedimientos de procesamiento a la información:

$$\text{Minimizar } X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9$$

$$\begin{array}{cccccccccc|cccccccccccc|}
0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & X_1 \\
1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & X_2 \\
1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & X_3 \\
0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & X_4 \\
0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & X_5 \\
0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & & X_6 \\
0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & & X_7 \\
0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & X_8 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & & X_9 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & & \\
0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & & \\
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & & \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & & \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & & \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & & \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & & \\
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & & \\
1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & &
\end{array}$$

Para mayor precisión del ejercicio del modelo propuesto, doy seguimiento a un par de elementos de la MC, mismos que gráficamente señalaré con sendos asteriscos en la Figura 5.3.1. El primer elemento de la matriz sureste que elegí (arbitrariamente por supuesto) es el ubicado en la casilla negra (4,3) relativo a (MIPAC, Planes de Mantenimiento de Proveedores); posteriormente este elemento quedará representado con un uno en el Modelo de Cobertura correspondiente de la Figura 5.3.2 y quedará ubicado en la matriz a_{ij} en la posición (3, 4); posición que le corresponderá premultiplicarse por X_4 situación que se verá

reflejada en el tercer renglón del Modelo Codificado, Figura 5.3.4. Ya en el conjunto del modelo codificado, un producto ya del software de optimización, observamos que X_4 aparece en cinco renglones. Una vez que se lleva a cabo la optimización advertimos que X_4 es una de las variables (procedimiento) elegidas para estar en sistema.

El segundo elemento de la matriz sureste que seleccioné es el ubicado en la casilla negra (9,17) relativo a (Sistema de Control de Reparaciones, Reporte de Desempeño); posteriormente este elemento quedará representado con 1 en el Modelo de Cobertura correspondiente de la Figura 5.3.2 y quedará ubicado en la matriz a_{ij} en la posición (17, 9); posición que le corresponderá premultiplicarse por X_9 , lo cual se verá reflejado en renglón 17 del Modelo Codificado, Figura 5.3.4. Ya en el conjunto de ese mismo modelo, observamos que X_9 aparece en dos renglones. Sin embargo una vez que se lleva a cabo la optimización advertimos que X_9 es una de las cuatro variables (procedimientos) elegidas para desaparecer del sistema de mantenimiento.

Para su solución se aplicó el software denominado LINDO API de la Empresa LINDO SYSTEMS INC. , el cual se describe a detalle en el Capítulo 8.

El programa introducido a la computadora al software LINDO API, incluyendo los comandos para resolver el problema como de cobertura, se presenta enseguida:

```

min  $x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8+x_9$ 
st
       $1x_4$  > 1
 $1x_1+$        $1x_4$  > 1
 $1x_1+$        $1x_4$  > 1
       $1x_3$  > 1
       $1x_3$  > 1
       $1x_3+ 1x_4+ 1x_5$  > 1
 $1x_2+ 1x_3+ 1x_4+ 1x_5$  > 1
       $1x_3$  > 1
       $1x_6+ 1x_7$  > 1
       $1x_5+ 1x_6$  > 1
 $1x_2+ 1x_3+ 1x_5$  > 1
 $1x_1+$        $1x_6+ 1x_8+ 1x_9$  > 1
       $1x_8$  > 1
       $1x_8$  > 1
       $1x_8$  > 1
       $1x_8$  > 1
 $1x_1+$        $1x_6+ 1x_8+ 1x_9$  > 1
 $1x_2+$        $1x_5$  > 1
end
INTEGER 9

```

Figura 5.3.4 Codificación del problema completo

En la sintaxis requerida por LINDO, solamente se han introducido los comandos end e INTEGER 9, los cuales indican la finalización de las restricciones y la especificación de las variables enteras binarias.

Los resultados textuales derivados de la corrida de API LINDO se muestran a continuación en el formato original del software:

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 11

OBJECTIVE VALUE = 5.00000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 5.00000000 AT BRANCH 0 PIVOT 11

RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1) 5.000000

VARIABLE VALUE REDUCED COST
X1 0.000000 1.000000
X2 0.000000 1.000000
X3 1.000000 1.000000
X4 1.000000 1.000000
X5 1.000000 1.000000
X6 1.000000 1.000000
X7 0.000000 1.000000
X8 1.000000 1.000000
X9 0.000000 1.000000

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES
1) 0.000000 0.000000
2) 0.000000 0.000000
3) 0.000000 0.000000
4) 0.000000 0.000000
5) 0.000000 0.000000
6) 2.000000 0.000000
7) 2.000000 0.000000
8) 0.000000 0.000000
9) 0.000000 0.000000
10) 1.000000 0.000000

```

11)	1.000000	0.000000
12)	1.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	1.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 11

BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Una rápida interpretación de los resultados sería como sigue:

El número de iteraciones que tuvo que realizar el programa fueron 11.

El valor de la función objetivo fue de 5; dados los costos unitarios supuestos,

Se puede observar que solo 5 de las 9 variables binarias están en la base final:

Variable	Procedimiento
X_3	DISC
X_4	MIPAC
X_5	CTLCS
X_6	CFCS
X_8	Sistema Admon de Materiales

Esto significa que sólo los procedimientos de procesamiento a la información 3, 4, 5, 6 y 8 son necesarios, estos son capaces de producir todas las categorías de información que se requieren. Naturalmente es necesario investigar porqué, por ejemplo, X_9 que corresponde al Sistema de Control de reparaciones, no resulta necesaria; seguramente habrá las explicaciones al respecto.

REFERENCIAS AL CAPITULO 5.

E. Balas y M.C. Carrera, (1996), "A Dynamic Subgradient-based Branch-and-Bound Procedure for Set Covering", Operations Research, 44, 875-890.

E. Balas y Ho, (1980) "Set Covering Algorithms Using Cutting Planes, Heuristics, and Subgradient Optimization: A Computational Study. Mathematical Programming, 12, 37-60.

J.E. Beasley,(1990). "A Lagrangian Heuristic for Set-Covering Problems", Naval Research Logistics, 37, 151-164.

Cornuéjols G,(2002),*Combinatorial Optimization: Packing and Covering*, CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics, SIAM.

J. Etcheberry, (1977),"The Set Covering Problem: A New Implicit Enumeration Algorithm", Operations Research, 25, 760-772.

R. Garfinkel and G.L. Nemhauser, (1972), *Integer Programming*, John Wiley and Sons,.

Hoffman K, Padberg M, (1993). *Set Covering, Packing and Partitioning Problems*, http://iris.gmu.edu/~khoffman/papers/set_covering.html,

M.W. Padberg,(1974) "Perfect zero-one matrices" *Mathematical Programming*, 6, 180-196.

H. M.Salkin,(1975).*Integer Programming*, John Wiley and Sons,.

LINDO API, *User's Manual*, LINDO Systems, Inc.

Wilson B., (1984, 1990)*Systems: Concepts, Methodologies and Applications* John Wiley and Sons Ltd.

SIGLAS AL CAPITULO 5

SIGLA	DEL INGLES	ESPAÑOL
MC	Maltese Cross	Cruz Maltesa
RA	Requirement Analysis	Análisis de Requerimientos
SSM	Soft Systems Methodology	Metodología de Sistemas Suaves
LP	Linear Program	Programación Lineal
SCP	Set Covering Problem	Problema de Cobertura
IPP	Information Processing Procedures	Procedimientos de Proceso a la información

Parte III. APLICACION: LA REVISION DE UN PLAN DE ESTUDIOS.

Como complemento a la Parte I y la Parte II, Marco Referencial y Propuesta Doctoral, esta Parte III está dirigida a mostrar la factibilidad de aplicación de mi propuesta doctoral en un problema real. Esta situación problema que seleccioné se refiere a la Revisión del Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniero Civil, la cual constituye un proceso que considero complejo, por las relaciones que guardan entre sí los elementos del sistema, caracterizadas por una fuerte dosis socio-técnica.

En este sentido, he dedicado cuatro capítulos a mostrar los antecedentes y resultados de la experiencia de aplicar mi propuesta: extender la operatividad de la Cruz Maltesa adicionando una herramienta de selección por optimización.

El contenido de esta segunda parte lo he previsto contemplando en un Capítulo 6, una breve conceptualización de los elementos de la situación-problema y la Cruz Maltesa. Se inicia por describir el problema que tiene la comunidad interesada en una carrera profesional, esto es actualizar un plan de estudios, y cómo puede ser abordado desde un enfoque sistémico suave.

El Capítulo 7 que puede ser visto como un contenido autosuficiente, estudia la formulación del problema de revisar un plan de estudios de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, bajo la Metodología de los Sistemas Suaves; abarca las fases de establecer la Situación y Expresión del Problema así como proponer las Definiciones Raíz, todo ello como antecedentes que sirvan para formular en otro capítulo la Cruz Maltesa.

En un Capítulo 8 describo al sistema información que construí para, con mi propuesta, manejar eficaz y eficientemente a la Cruz Maltesa y que consta de tres partes:

1. automatizar la captura y visión de los elementos de la Cruz Maltesa

2. optimar en el proceso de seleccionar los procedimientos, esto es, mi propuesta doctoral
3. mostrar los resultados de la optimización, en términos de las variables (asignaturas, temas y subtemas) óptimas para la carrera y cuáles deberían estar fuera.

La descripción de este sistema de información implica mostrar la infraestructura de análisis, diseño y construcción de software como son el manejador de la base datos y el programa de optimización utilizados.

Se expone en un Capítulo IX, final de la Tesis, denominado Conclusiones y Recomendaciones y en referencia a la propuesta doctoral, un resumen de hechos, aportaciones, reflexiones, contribuciones, limitaciones y propuesta de trabajos futuros de la investigación.

Los capítulos y sus nombres de esta Parte III son los siguientes:

CAPITULO 6. Visión Global de la Aplicación.

CAPITULO 7. Aplicando la Metodología de los Sistemas Suaves.

CAPITULO 8. El Sistema de Información de la Cruz Maltesa.

CAPITULO 6 VISION GLOBAL DE UNA APLICACIÓN

El presente Capítulo pretende describir en principio la situación problema típica de la revisión del plan de estudios para posteriormente, mostrar la síntesis metodológica de las actividades que realicé en la aplicación en cuestión: Extensión Optimizante a la Cruz Maltesa de la Metodología de Wilson; contenido que podría servir de guía para quien quiera aplicar esa Metodología de los Sistemas Suaves en una problema similar. Esta metodología pudiera ser factible aplicarse a la tarea de desarrollar o revisar un plan de estudios cualquiera.

6.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

La tarea de revisar un plan de estudios de una carrera profesional es un asunto socialmente complicado, por la falta de reglas que permitan 1) una definición clara del perfil profesional del egresado y 2) asegurar una relación de causa a efecto entre ese perfil y los contenidos de las asignaturas-temas- subtemas del Plan de Estudios vigente.

Una problemática social se genera internamente entre las personas interesadas en el proceso (sean profesores, alumnos, y/o autoridades de una escuela y externamente sean exalumnos, empleadores, funcionarios de instituciones involucradas y ejecutivos de empresas privadas) al existir demasiadas ideas e intereses entre las personas individuales y los grupos, como para permitir fácilmente establecer cambios que los afecten.

Así es una práctica común que se designe a un Comité de Carrera o alguna Comisión, con representantes de cada uno de los grupos de personas involucradas. Este Comité de Carrera suele estar compuesto por profesores representantes de cada uno de los Colegios de profesores de las distintas áreas de la carrera, autoridades integradas por el Jefe del Departamento de cada área y el jefe de la División, algunos estudiantes y también algunos elementos externos.

En medio de un ambiente tenso, en un medio donde las personas no parten de la misma información, ni tienen los mismos objetivos, el proceso tiende a iniciarse tratando entre todos de identificar un perfil profesional del egresado; este perfil se suele olvidar en las etapas posteriores del proceso.

Otra etapa corresponde al diseño del mapa curricular, esto es, determinar qué materias, temas y subtemas son los adecuados para el nuevo plan. En esta etapa suelen darse las siguientes situaciones:

Existen demasiadas ideas para complementar la currícula actual, desde nuevos subtemas, temas hasta incluso nuevas asignaturas. Generalmente lo que menos requiere un nuevo plan es hacer más denso el mapa curricular, conforme a su marco temporal y de créditos. Algunos actores argumentan que es necesario pensar en lo que habría que eliminar de la currícula en cuestión y no pensar en introducir nuevos contenidos.

En esta etapa del diseño curricular, generalmente, ya todos los involucrados se olvidaron del perfil profesional del egresado, diseñado antes. Los representantes de las áreas toman la estrategia de observar los intentos de expansión de las otras áreas, como para salirles al paso y atajarlos con cualquier clase de argumentos. Se convierte el Comité de Carrera, en unas cuantas sesiones, en un centro de defensa de créditos por áreas; cada representante

lo que menos desea es disminuir el peso en la carrera del área que representa, sus créditos antes conquistados representan un número de horas de clase y por consecuencia un número de profesores que ya tiene empleados un cierto Departamento, son demasiados compromisos. Todo este proceso social apunta a que el mapa curricular cambie muy poco, regularmente en nada de fondo.

La etapa final se inicia cuando hay que someter el nuevo plan a su oficialización, sea internamente ante el Consejo Técnico y si se requiere además ante el Consejo Universitario. Esta parte del proceso de gestionar un nuevo plan de estudios supondremos que ya no corresponde al interés del contenido de este trabajo.

6.2 LA PROPUESTA DE UN ENFOQUE SISTÉMICO SUAVE EN EL PROBLEMA.

Esta situación-problema por lo antes descrito constituye un problema no estructurado, el cual propongo que puede ser enfrentado, en lo general, por un enfoque de sistemas de tipo suave apoyado por el uso de técnicas duras.

En esta situación, una alternativa de solución la constituye el marco de la Metodología de los Sistemas Suaves (Checkland, 1981) para luego en particular seguir las pautas de la submetodología Análisis de Requerimientos (Wilson, 1984-1990) a través de los Modelos Conceptuales de Tarea Primaria Consensuados (Wilson, 2002), en particular haciendo un uso intensivo del mecanismo de diagnóstico conocido como Cruz Maltesa (Wilson, 1980). Aunque un aspecto que no estaba presente en este mecanismo de Cruz Maltesa, tal como originalmente fue presentada por su autor, es la eficiencia económica. Esta eficiencia vista en esta tesis, por minimizar los costos totales de establecer y operar los procedimientos de procesamiento a la información, bajo la restricción de producir los datos necesarios para ejecutar las actividades de una organización. Es por ello que este problema de revisión de un plan de estudios se adecuó a las actividades de mi investigación sobre el tema.

Extensión Optimizante a la Cruz Maltesa de la Metodología de Wilson.

Naturalmente, no se trata de que con esta propuesta, vista a través de la existencia de un sistema de información dotado de la capacidad de optimización, la problemática en los centros de educación desaparezca del todo, pero si puede fungir como un instrumento que permita mostrar objetivamente el nivel de congruencia que guardan los procedimientos adoptados, para proyectar al egresado con las capacidades esenciales identificadas por expertos en el ejercicio de una carrera profesional. Este instrumento enriquece el pensar y el debatir de los directamente involucrados en el proceso del cambio del plan de estudios.

6.3 LA EXTENSIÓN DEL MODELO SSM: COMBINAR SISTEMAS SUAVES Y DUROS.

La propuesta de mi investigación doctoral estriba en adicionar una “Extensión Optimizante a la Cruz Maltesa de la Metodología de Wilson”, la cual se resume en optimizar la interacción de la visión conceptual con el conjunto actual de procedimientos, relacionados en la Cruz Maltesa. Con este enfoque duro, este mecanismo pueda usarse en problemas relativamente grandes, en lo que al número de relaciones concierne. Es en este sentido, que he considerado que la revisión de un plan de estudios es una aplicación idónea, ya que se trata de un asunto complejo y grande por la cantidad de relaciones (objetivos conceptuales contra

currícula vigente, esto es, asignaturas-temas-subtemas) y que puede abordarse empleando esta propuesta.

En la modelación conceptual de esta aplicación de revisar un Plan de Estudios, lo único que traté de hacer fue adaptar los conceptos de la Cruz Maltesa a las necesidades de esta aplicación y cuya construcción resumo enseguida:

La parte superior y central de la MC corresponde a las Actividades, referidas al modelo conceptual y que en términos de un plan estudios hago corresponder con las capacidades que debe tener el egresado que cursó estudios bajo un Plan.

De acuerdo con la conceptualización, estas Actividades tendrán entradas y salidas en términos de unas Categorías de información, estas constituyen el orden horizontal en que se despliegan las cuatro matrices de la MC.

Las entradas a las Actividades (Capacidades del Egresado) podrán ser vistas como el conocimiento que se requiere para ejercitar una Capacidad del egresado.

Las salidas serán entonces los productos o servicios que se generan por ejercitar esa Capacidad, socialmente hablando.

Por lo que corresponde a la parte inferior de la Cruz Maltesa, en su parte central, se enumeran por renglones los Procedimientos de Procesos a la Información que referidos conceptualmente a un plan de estudios serán las asignaturas de la currícula actual, pudiendo estar desagregadas hasta temas y subtemas. En un ejercicio experimentado, el número de asignaturas-temas-subtemas que se pueden considerar fue de 2569, sin embargo no fue la mejor liga.

Así, las dos matrices inferiores corresponden a las entradas y salidas de los Procedimientos de Procesos a la Información (Asignaturas curriculares).

Por lo que las entradas necesarias para que se desarrollen los procedimientos, se modelaron haciéndose equivalentes a los antecedentes académicos necesarios para cursar una materia determinada.

Las salidas, por su parte, constituyen los conocimientos adquiridos por haber cursado una cierta materia, en términos de categorías de información.

6.4 LA CONSTRUCCION Y DISEÑO DE LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL.

Para alcanzar resultados de adicionar la *Extensión Optimizante a la Cruz Maltesa de la Metodología de Wilson* a la revisión del Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Civil, fue necesario crear una herramienta computacional, la cual puede ser vista como un sistema de información. Enseguida se describen las actividades implicadas en la creación de esta herramienta-software.

Para visualizar plenamente los trabajos para realizar este proyecto, es conveniente enmarcar las acciones dentro de las grandes etapas del trabajo desarrollado. Independientemente de la fase inicial de conceptualización, las etapas de trabajo práctico que se pueden identificar son las siguientes:

6.4.1. DESARROLLO DEL SOFTWARE BÁSICO.

En esta etapa se puede mencionar tres fases:

Diseñar y construir un manejador de una base de datos. Esto fue realizado con el sistema manejador de bases de datos (DBMS) Paradox, habiendo ocupado las versiones comerciales 5 y 10, por motivos del equipo PC disponible.

Adaptar los programas de una interfaz para una aplicación de optimización con capacidad para resolver programas matemáticos enteros binarios. En este caso fue un software, tipo API, de la empresa LINDO.

Probar el software diseñado y hacer las modificaciones pertinentes.

6.4.2. MODELO CONCEPTUAL DE TAREA PRIMARIA CONSENSUADO.

Se logró entrevistando a expertos de las distintas áreas técnicas de la Ingeniería Civil para establecer el modelo conceptual consensuado.

6.4.3. DISEÑAR LA CRUZ MALTESA.

Registrar en la base de datos los diferentes tipos de enlaces requeridos por el concepto de la Cruz Maltesa, tal como se describe en el punto 6.3. Obviamente de manera previa, hubo la necesidad de diseñar conceptualmente una base de datos con las tablas relacionales conteniendo registros de todos los elementos que intervienen en una Cruz Maltesa, conforme a lo expuesto en la Conceptualización.

En particular los aspectos que resultaron relevantes para diseñar la Cruz Maltesa fueron los siguientes:

La captura del contenido de las tablas de la base de datos con las Ligas entre elementos de las diferentes matrices de la Cruz Maltesa. Incluye ligas entre elementos de matrices diferentes de la Cruz Maltesa.

La programación del software auxiliar para tratar de automatizar el trabajo de búsqueda de los elementos que intervienen en los enlaces, en base a identificar y realizar las ligas pertinentes entre las diferentes matrices de la Cruz Maltesa.

6.4.4. APLICAR LA OPTIMIZACIÓN.

Después de la introducción de datos, se realizan las relaciones conceptuales propias de la Cruz Maltesa, lo cual llevará a la fase de optimización, identificándose las siguientes subactividades:

Crear una interfaz entre el manejador de las bases de datos y la API de LINDO de optimización binaria, esto es que tomara de manera automatizada el producto de la captura y el diseño de la Cruz Maltesa. Esto se logró con el uso del formato industrial de optimización MPS diseñado originalmente por IBM.

6.4.5. CONSULTAR LOS RESULTADOS.

Construir los programas de cómputo para la consulta del producto de la optimización, lo cual se hizo a través de consultas y reportes a la base de datos.

Considerando que hubo una optimización de alrededor de 2000 variables y casi 300 ecuaciones, se trató de habilitar las consultas a través de los niveles de subtemas que constituyeron las variables de la optimización y discernir los siguientes aspectos:

Cuales subtemas (variables originales) quedaron en la base y cuales fuera de ella.

Cuales temas, contenedor de varios subtemas, tuvieron al menos una variable en la base y cuáles no.

Cuales asignaturas, contenedor de varios temas, tuvieron al menos una variable en la base y cuáles no.

Cuantos subtemas de aquellos que componen un tema, quedaron en la base.

Cuantos subtemas de aquellos que componen una asignatura, quedaron en la base.

Cuantos temas de aquellos que componen una asignatura, quedaron en la base.

REFERENCIAS AL CAPITULO 6.

Checkland P.B. and Scholes, J. (1990), *Soft Systems Methodology in Action*, John Wiley, Chichester.

Checkland P.B., 1981, *Systems Thinking Systems Practice*, John Wiley, Chichester.

Wilson B., 1980, *The Maltese Cross- A Tool for Information Systems Analysis and Design*, Journal of Applied Systems Analysis, Vol. 7.

Wilson B., *Systems: Concepts, Methodologies and Applications*, 1983, John Wiley and Sons Ltd.

Wilson B., *Soft Systems Methodology: Conceptual Model Building and Its Contribution*, 2002, John Wiley and Sons Ltd.

SIGLAS AL CAPITULO 6

SIGLA	DEL INGLES	ESPAÑOL
MC	Maltese Cross	Cruz Maltesa
DBMS	Database Management System	Sistema Manejador de Bases de Datos
SSM	Soft Systems Methodology	Metodología de Sistemas Suaves
PC	Personal Computer	Computadora Personal
API	Application Programming Interface	Interfaz para Aplicación de Programación

LINDO	LINDO Systems, Inc.	LINDO Systems, Inc.
MPS	Mathematical Computer Programming System	Sistema Computacional de Programación Matemática
IBM	International Business Machine	IBM

CAPITULO 7 APLICANDO LA METODOLOGIA DE LOS SISTEMAS SUAVES

Sin perder de vista lo que realmente constituye la propuesta doctoral, como su nombre lo indica, una Extensión Optimizante a la Cruz Maltesa de la Metodología de Wilson, pero considerando que la Cruz Maltesa (Wilson, 1980) es un mecanismo de diagnóstico ubicado en una etapa intermedia del Análisis de Requerimientos de Wilson (Wilson, 1983-1990), en el presente capítulo se ejercita el marco de referencia indispensable en el cual quedará inserta la propuesta doctoral.

El ejercicio de este marco de referencia, es la Metodología de Sistemas Suaves (Checkland-Scholes), contemplando tanto su parte cultural como su parte lógica, mismas que conformarán la estructura de este apartado.

En la parte Cultural se pretenden fincar las bases culturales en las que descansa el sistema Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniero Civil, mientras que para la investigación lógica se construyen las primeras cuatro fases de las siete que constituyen a la SSM, mismas que posibilitan el ejercicio de la Cruz Maltesa. Destacan las fases de la visión enriquecida del sustentante, como resultado de los diversos debates que se dieron al interior del Comité de Plan de estudios de la Carrera de Ingeniero Civil en la UNAM. Posteriormente en el contexto idealista de la SSM, desarrollo tres definiciones raíz incluyendo sus respectivos CATWOE's, las cuales dieron lugar al desarrollo posterior del modelo conceptual consensuado de tarea primaria (Wilson, 2002), dentro del cual podremos ubicar ya a la extensión propuesta del ejercicio de la Cruz Maltesa.

Este Capítulo está dedicado a documentar todo el estudio sistémico de la Revisión del Plan de Estudios de la carrera de ingeniería Civil en la UNAM, solamente hago una excepción en lo relativo al diseño y construcción del software que permitirá manejar una Cruz Maltesa automatizada. El desarrollo de la optimización de esta aplicación se describe ampliamente en el Capítulo 8 de esta tesis.

7.1 INVESTIGACIÓN CULTURAL.

Enseguida se describen los análisis del enfoque cultural, los cuales servirán de soporte a toda la Investigación Lógica.

7.1.1 ANÁLISIS DE LA INTERVENCIÓN.

El cliente. En el momento de la intervención, fueron las autoridades de la FI quienes abren la oportunidad para que el presente estudio se lleve a cabo. Existió la coyuntura política: la sugerencia de la Rectoría de la UNAM para modernizar los planes de estudio.

Facilitador de soluciones del problema. En éste caso, el papel de facilitador de una propuesta de mejoría a la carrera de ingeniero civil lo he tomado yo, adscrito en ese momento al grupo de profesores del Colegio del Personal Académico de Ingeniería Civil (COPAIC), como Vicepresidente.

Dueños del problema. Existen potencialidades para que mejoras a las situaciones problema beneficien a:

- el país, México.
- la Universidad Nacional Autónoma de México.
- la comunidad de la Facultad de Ingeniería, compuesta por estudiantes, profesores y autoridades, quienes recibirán directamente los beneficios de esta intervención.

7.1.2 ANÁLISIS SOCIAL

Los papeles, normas y valores principales que se identifican en el presente estudio corresponden a: estudiantes, profesores y autoridades.

7.1.2.1 Normas.

Del estudiante. Se espera que cumpla con todas y cada una de las obligaciones y derechos que adquiere en el momento de ingresar a la Facultad de Ingeniería de la UNAM, considerando el esfuerzo, tiempo y dedicación que ello requiere. La carrera de Ingeniería somete a un constante esfuerzo al estudiante, difícilmente se puede pensar en que realice paralelamente otra actividad distinta al estudio de su carrera en ingeniería, como pudiera ser una actividad laboral formal o informal.

Del profesor. Es necesario que el profesor cumpla con su labor académica. El docente debe cumplir íntegramente con el proceso enseñanza-aprendizaje, compartir conocimientos y experiencias; se espera del profesor buena asistencia, puntualidad y preparación de su cátedra, así como una actualización continua en su área académica.

De las autoridades. Dado que la principal actividad de la Facultad de Ingeniería es la docencia, se espera que las autoridades contribuyan aportando los recursos disponibles de la FI para que el proceso enseñanza-aprendizaje se desarrolle de la manera más eficiente, empleando las medidas sociales, políticas y financieras pertinentes.

7.1.2.2 Valores.

Del estudiante. El tiempo de estudio extra- clase del alumno se reduce al mínimo, en el mejor de los casos estudia sólo en exámenes; alcanza un superficial entendimiento de los conceptos planteados en clase; realiza investigaciones, hace trabajos y desarrolla tareas en el último momento, esta situación proviene de una enajenación de la academia por largas temporadas durante el semestre; esto provoca una incertidumbre total en la acreditación de la materia en cuestión.

Los problemas económicos y la falta de resultados académicos satisfactorios son el motivo por el que el alumno se vea obligado a detener su carrera; aun cuando existen diversos programas de asistencia al alumno; éste prefiere obtener de manera más práctica una remuneración, descuidando de manera significativa los quehaceres de su carrera.

Del Profesor. La carrera de ingeniería civil cuenta con un calificado y experimentado cuerpo docente, compuesto de profesores de asignatura en un 90% y solo un 10% de carrera, aproximadamente. La mayoría de los profesores de asignatura enseña lo que práctica en su profesión, difícilmente hay profesores improvisados. Los profesores de asignatura no cuentan con el tiempo necesario para una preparación formal de la clase, tampoco se les paga, pero si tienen una gran experiencia por su labor profesional y al haber impartido los mismos temas en numerosos cursos anteriores. Al implementar nuevos planes de estudio, quizás por falta de consenso, se ha notado cierta indisciplina para impartir cursos con nuevos temarios: "imparto lo que sé", "imparto lo que creo" o "imparto lo que puedo".

En general, el académico no tiene una visión global de la carrera de ingeniero civil; la visión de la gran mayoría del personal académico es parcial a su área de conocimiento. No interesa la formación global del ingeniero civil; al ingeniero estructurista solo le interesa el área de estructuras y sus áreas afines, por ejemplo.

De las autoridades. La academia frecuentemente no es la prioridad. Se tiene la visión de que la enseñanza-aprendizaje se da de manera natural, sin hacer nada por su desarrollo. Durante mucho tiempo, después de la huelga, se reabrieron salones de clase con puertas sin cerradura, sillas de profesor inadecuadas, contactos eléctricos de principios del siglo pasado o con frecuencia que no existan.

Los alumnos perciben que la institución no se ha actualizado tecnológicamente, ejemplo de ello sería la automatización en los procesos de inscripción, reinscripción, cambios de grupo y todo tipo de trámites escolares. También observan que, las facilidades y oportunidades que se les ha otorgado para no truncar sus estudios son inexistentes o limitadas, específicamente en el área de becas y estímulos hacia el alumno; no ayudan, por ejemplo, a detener la alta deserción en los alumnos.

7.1.3 ANÁLISIS POLÍTICO.

El principio jerárquico organizacional de la Facultad de Ingeniería norma al desarrollo institucional.

Concretamente quien detenta el poder oficialmente dentro de la Facultad es el Consejo Técnico, presidido por el Director de la Facultad; es muy frecuente que existan dos o quizás tres grupos (entre los Consejeros Técnicos, representantes de cada una de las áreas de conocimiento que se imparten en la Facultad, así como por cuatro representantes de los alumnos): el grupo fiel a las políticas del Director, la oposición y los neutrales o indecisos.

Existe centralismo, no existe un proyecto educacional propio de la Carrera de Ingeniería Civil, todo parte de la Dirección. Las estructuras de la administración escolar divisional han permanecido inmóviles desde hace varios decenios, no obstante que han existido diferentes planes de estudio.

7.2 INVESTIGACION LOGICA.

Este rubro debe comprender a las siete etapas de la SSM, sin embargo para efectos del presente capítulo solo desarrolle Situación y Expresión del Problema, Definiciones Raíz y Modelo Conceptual Consensuado de tarea primaria, incluyendo el diseño de la Cruz Maltesa.

7.2.1 SITUACION PROBLEMA.

La Carrera de Ingeniero Civil que se imparte en la Facultad de Ingeniería ha venido funcionado con el Plan de Estudios vigente desde 1994 (PE94). Sin embargo, el Comité de Carrera a lo largo de su funcionamiento ha identificado problemáticas en el PE94 que han llevado a la UNAM a perder el liderazgo entre las instituciones que producen ingenieros civiles.

La Facultad de Ingeniería, considerada por mucho tiempo la mejor escuela de ingenieros del país, presenta una serie de problemáticas, síntomas que manifiestan la existencia de diversos desajustes que sugieren una pronta atención.

1.- De estas problemáticas, la de mayor impacto corresponde a la gran deserción, originada principalmente por un alto índice de reprobación en los primeros dos años de estudio, provocándose que menos del 50 % de la población que ingresa a la Facultad logre egresar y aun otra menor obtener el título de ingeniero en el periodo establecido por el plan de estudios.

2.- Desequilibrio poblacional entre las distintas etapas del plan de estudios de la carrera. Estudiando las "ciencias básicas" se encuentra el porcentaje mayor de la población de la carrera, al parecer cercano al 60%, sin poder acceder a estudiar las "ciencias de la ingeniería" y menos la "ingeniería aplicada". Las cuatro materias de mayor reprobación en la carrera, entre el 50% y 60%, son asignaturas de "ciencias básicas".

3.- Falta de calidad del egresado. Es un hecho que a través del tiempo, el egresado ha sufrido un deterioro en su calidad, en términos de conocimientos de la tarea principal de un ingeniero civil.

4.- Falta de actualización tecnológica y diversidad lingüística del egresado y por consecuencia poca competitividad de sus servicios en el mercado de trabajo.

Es un sentir muy generalizado entre la comunidad que la Facultad de Ingeniería UNAM no ha podido mantener el prestigio y liderazgo que siempre tuvo en la formación de ingenieros; esta situación, incluso, está afectando al egresado de la carrera de ingeniero civil.

El Colegio del Personal Académico de Ingeniería Civil (CPAI) ha considerado conveniente emprender una revisión al PE94. Se han cuestionado entre si los profesores acerca del perfil de egresado y estos han consensuado el siguiente perfil:

“Un ingeniero civil es un profesional que se dedica a actividades de investigación, planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y administración de obras de infraestructura.

Debe poseer una formación disciplinaria integrada con conocimientos generales de matemáticas, física, química, ciencias sociales y de áreas específicas como: construcción, estructuras, geotecnia, hidráulica, sanitaria y ambiental, sistemas planeación y transporte.

Su formación le debe permitir desarrollar y aprovechar las nuevas tecnologías, adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado y mantenerse constantemente actualizado”.

Ante estos antecedentes, el presente trabajo pretende, en primera instancia, encontrar una representación adecuada del problema que, en el fondo está originando éstos síntomas de insatisfacción para la comunidad de la División de Ingeniería Civil Topográfica y Geodésica de la Facultad de Ingeniería; posteriormente pretende también establecer las definiciones raíz y los modelos conceptuales del caso para finalmente diseñar la Cruz Maltesa para ejercitar la propuesta doctoral de la optimización.

El Subsistema Ciencias Básicas.

La División de Ciencias Básicas (DCB) proporciona a los estudiantes los conocimientos científicos fundamentales de las ciencias básicas, esto es, aquellos conocimientos de las matemáticas, la física y la química que permitirán al estudiante fundamentar los conocimientos que reciba de las ciencias de la ingeniería y la ingeniería aplicada. Existe una opinión prevaleciente entre los miembros del CPAIC en el sentido de que (bajo el plan 1994) se imparten más conocimientos de los que en realidad son necesarios para ejercer la profesión; se sabe también que el mayor peso específico del área de Ciencias Básicas fue una visión de las anteriores autoridades, misma que ahora (2004) no se comparte. Entre los problemas diagnosticados en el Plan 1994 fue importante la organización curricular, en términos de la existencia de un “tronco común” de CB para todas las carreras; pero además, el hecho de que existieran tres módulos académicos que han impedido la libre inscripción de los alumnos en las materias, más allá de los requisitos de conocimientos previos entre las asignaturas.

En esta forma se observa que en la DCB es donde se presenta el más elevado índice de deserción y reprobación de la población estudiantil; las cuatro materias con índice de reprobación mayor pertenecen a esta División. Históricamente, se ha observado un elevado índice de reprobación en esta división de la Facultad, a tal grado que más del 50 % de la población de la Facultad de Ingeniería se concentra en esa área.

Del total de alumnos que ingresan a la facultad, solo un 30% lo hace mediante el examen de selección, es decir, la mayor parte de los alumnos de primer ingreso provienen del pase reglamentario de la UNAM. Sin embargo existen estadísticas que registran un índice de egreso mayor en los alumnos provenientes del sistema de educación media superior de la UNAM.

En base a esta problemática, una de las medidas implementadas por autoridades anteriores ha sido el examen de diagnóstico a los alumnos de primer ingreso; se ha mostrado la falta de conocimientos suficientes y métodos de estudio, requeridos para cursar exitosamente las asignaturas del primer semestre curricular.

Otra medida han sido los cursos propedéuticos, los que datan de 1986, pero es a partir de 1992 cuando se revisan y estructuran sus contenidos, además de que se asignan profesores de asignaturas curriculares. En 1992, dichos cursos eran optativos y tenían como única condición que los alumnos que los cursaran no llevaran todas las asignaturas correspondientes al primer semestre. Los cursos propedéuticos fueron obligatorios a partir de la generación 1994 para aquellos alumnos que no alcanzaran una calificación mínima en el examen de diagnóstico. Finalmente en el año 2004 el Consejo Técnico de la FI decide eliminar los cursos propedéuticos.

Estado del Plan de Estudios de 1994.

La estructura curricular comprende cinco tipos de contenidos: Ciencias Básicas que fundamenta los conocimientos científicos de química, física y matemáticas, con un total de 18 asignaturas obligatorias: 1 de química, 6 de física, y 11 de matemáticas; Ciencias de la Ingeniería que fundamenta los conocimientos básicos de la especialidad, científicos y tecnológicos; comprende 14 asignaturas obligatorias específicas para la carrera. Ingeniería Aplicada que permite hacer uso de los principios de la ingeniería para planear, diseñar, evaluar, construir, operar y conservar proyectos de ingeniería; a esta categoría corresponden 13 asignaturas obligatorias. Ciencias Sociales y Humanidades que

complementa la formación social y humanística del ingeniero; comprenden 6 asignaturas obligatorias, comunes a todas las carreras de la facultad.

Otras asignaturas en número de 6, obligatorias, complementan la formación del ingeniero con otros conocimientos que no corresponden a los tipos antes mencionados

La Carrera de Ingeniero Civil en la FI.

No obstante la demanda, a la baja, en la inscripción de la carrera de Ingeniero Civil, por el número de alumnos inscritos somos aun la carrera principal en la Facultad de Ingeniería. La matrícula total de alumnos de licenciatura en el semestre electivo 1999-1 se integró con 1893 alumnos de primer ingreso y 7468 de reinscripción, lo que da un total de 9361 alumnos de acuerdo con la siguiente distribución por carreras:

Población por Carrera	Alumnos
CIVIL	2,319
COMPUTACION	2,303
ELECTRICO ELECTRONICO	1,670
MECANICO	725
INDUSTRIAL	670
PETROLERO	462
GEÓLOGO	307
TOPOGRAFO Y GEODESTA	287
GEOFISICO	266
DE MINAS Y METALURGIA	222
EN TELECOMUNICACIONES	130
Población Total	9361

Tabla 7.2.2.1 Población Estudiantil por Carrera

De 1893 alumnos asignados al primer ingreso aproximadamente el 29% fue admitido a través de los exámenes de selección realizados en febrero y mayo de 1998. En cuanto a la titulación se estima que en el año 1999 se titularon 736.

Aspectos del Mercado de Trabajo del Egresado.

Considerando la gama de áreas de actividad del ingeniero civil: planeación, diseño, construcción y operación y mantenimiento de la infraestructura física de carácter económico-social, es la construcción la que históricamente ha absorbido mayor cantidad de ingenieros. Sin embargo desde la crisis del 94 o quizás antes, la industria nacional de la construcción ha sido de las más afectadas. Se estima que desde esa fecha han desaparecido el 95% de las constructoras. La apertura del mercado de la construcción es otro de las causas que han contribuido al derrumbe de la industria de la construcción; las empresas extranjeras contratan básicamente mano de obra no calificada.

También es un hecho que en la medida que no se hacen obras, tampoco se hace planeación y diseño en la cuantía necesaria. Aunado a lo anterior, para atender a estas áreas se han establecido en México apéndices de empresas internacionales las cuales, en el mejor de los casos, requieren solo de algunas empresas mexicanas como representantes y socias, teóricamente.

La fase de la operación y el mantenimiento de la infraestructura socioeconómica, ocupa de manera constante a una buena cantidad de ingenieros civiles, sin embargo se estima que aun en México su cuantía no es substancial. En esta área no existe la alta movilidad laboral que presentan las demás actividades del ingeniero civil.

Atendiendo a los sectores donde las obras de ingeniero civil son determinantes: agua, transporte, vivienda, pero donde no han existido los presupuestos suficientes en los últimos años, ahora se agrega un nuevo sector con nuevas necesidades emergentes, el ecológico, el cual requiere de planeación, diseño, construcción y operación y mantenimiento de obras de infraestructura.

7.2.2 EXPRESIÓN DEL PROBLEMA

Una Visión Enriquecida es una estimación esquemática de los procesos y estructuras de la situación problema, la cual muestra las relaciones entre ellos y con la situación percibida del problema. Como enseguida se muestra, en un nivel de detalle mayor, los procesos clave del negocio, entendido como impartir la carrera de ingeniero civil, dan 'una pista' en cuanto a los principales flujos claves de conocimiento relevantes para el sistema, en este caso el Plan de Estudios, bajo investigación.

La visión inicial de la situación del problema ha sido derivada de las interpretaciones posibles acerca de la situación del problema identificada de una tormenta de ideas, vía el uso y el desarrollo de sistemas relevantes. Los datos usados en esta aplicación de la SSM se han colectado vía las técnicas tradicionales para encontrar hechos y registrarlos: entrevistas, muestreos de documentos, observación, etc.

Debido a la naturaleza sistémica de la SSM, otras visiones alternativas del problema se pueden expresar aquí incluso con otros significados adicionales y quizás hasta información relevante no descubierta, especialmente en términos de lo social como es la organización velada u oculta que pudiera existir, no necesariamente lo que la gente dijo en las entrevistas sino, más bien, sobre cómo y porqué ellos dicen lo que dicen.

La Visión Enriquecida del Problema que he podido comprender es la siguiente:

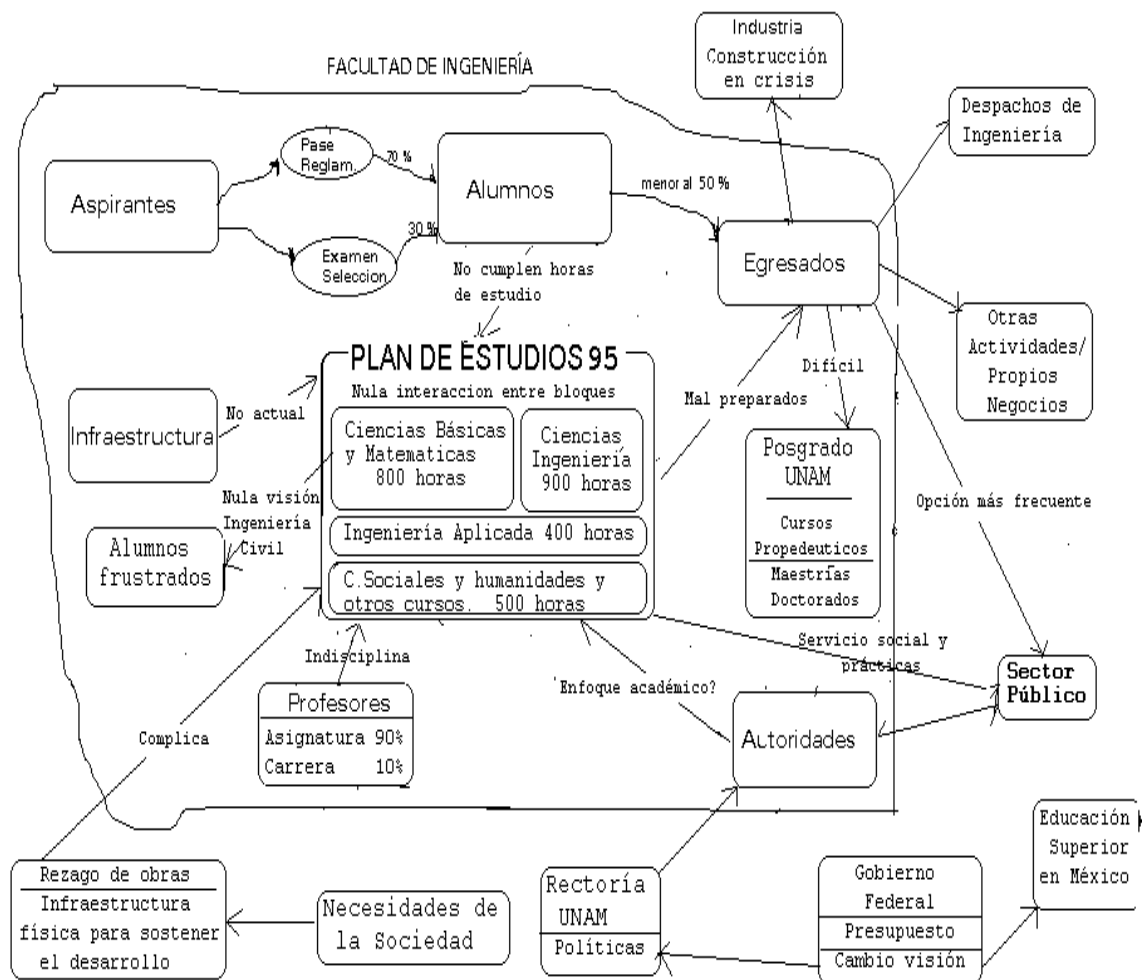


Figura 7.2.2.1 Visión enriquecida global

La visión enriquecida global trata de señalar los procesos que se dan a nivel de la carrera que se imparte en la División de las Ingenierías Civil y Geomática, primer subsistema; fuera de éste se dan las manifestaciones de la Rectoría, el sector público, el gobierno federal, la sociedad y más. Hacia dentro tenemos al Plan de Estudios como el corazón de la carrera, con su distribución de horas y todos los elementos del sistema: alumnos, profesores, autoridades, los posgrados, y otros.

7.2.3 DEFINICIONES RAIZ.

Seleccionar *sistemas* relevantes es un esfuerzo por atribuir significado a los datos y convertirlos en información significativa, lo que será de beneficio para el estudio.

Diferentes niveles de integración que conlleva distintas visiones de interpretación se han seleccionado como significativos en el modelo de tarea primaria. Los ejemplos de hechos y de sistemas relevantes primarios que envuelven al *Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniero Civil* son:

- (1) Un sistema de tarea principal a nivel Facultad de Ingeniería.
- (2) Un sistema de tarea principal a nivel División de Ingenierías Civil y Geomática.

- (3) Un sistema de tarea principal para contribuir a producir los ingenieros civiles que el México requiere.

Desarrollo de las definiciones raíz.

Una vez que en la anterior fase se han identificado los diferentes sistemas pertinentes que se han juzgado útiles para el estudio y se les ha nombrado informalmente, entonces se desarrollan las definiciones raíz formales basadas en las visiones enriquecidas correspondientes.

Además, las definiciones raíz tienen un 'mecanismo de verificación' cuyo acrónimo es CATWOE, el cual valida que se hallan identificado todos los elementos importantes del sistema y se hallan juzgado pertinentes al estudio.

La situación problema hace pensar en la pertinencia de los siguientes sistemas ideales, cuya superposición nos aproximaría a conceptualizar el perfil del egresado de la carrera de ingeniero civil.

Definición Raíz 1.

Un sistema de Facultad de Ingeniería que admita egresados de la educación media superior, tanto del subsistema UNAM como de otras instituciones públicas y privadas, que a través de las Divisiones de la FI (Ciencias Básicas, Ciencias Sociales y Humanidades e Ingenierías Civil y Geomática) preparen a los alumnos para contribuir a crear los recursos técnicos en Ingeniería Civil que el país requiere.

CATWOE.

- **Cliente:** la sociedad mexicana.
- **Actores:** Rectoría, Director, Divisiones de Ciencias Básicas, Sociales y Humanidades, Ingenierías Civil y Geomática (comprendiendo a las autoridades, profesores y alumnos)
- **Transformación:** Egresados de Educación Media Superior insuficientemente preparados I Egresados de Educación Media Superior suficientemente preparados
- **Weltanschauungen:** Contribuir a cubrir la demanda educativa de manera sustancial..
- **Owner:** La Rectoría de la UNAM.
- **Environment:** La preparación previa de los alumnos.

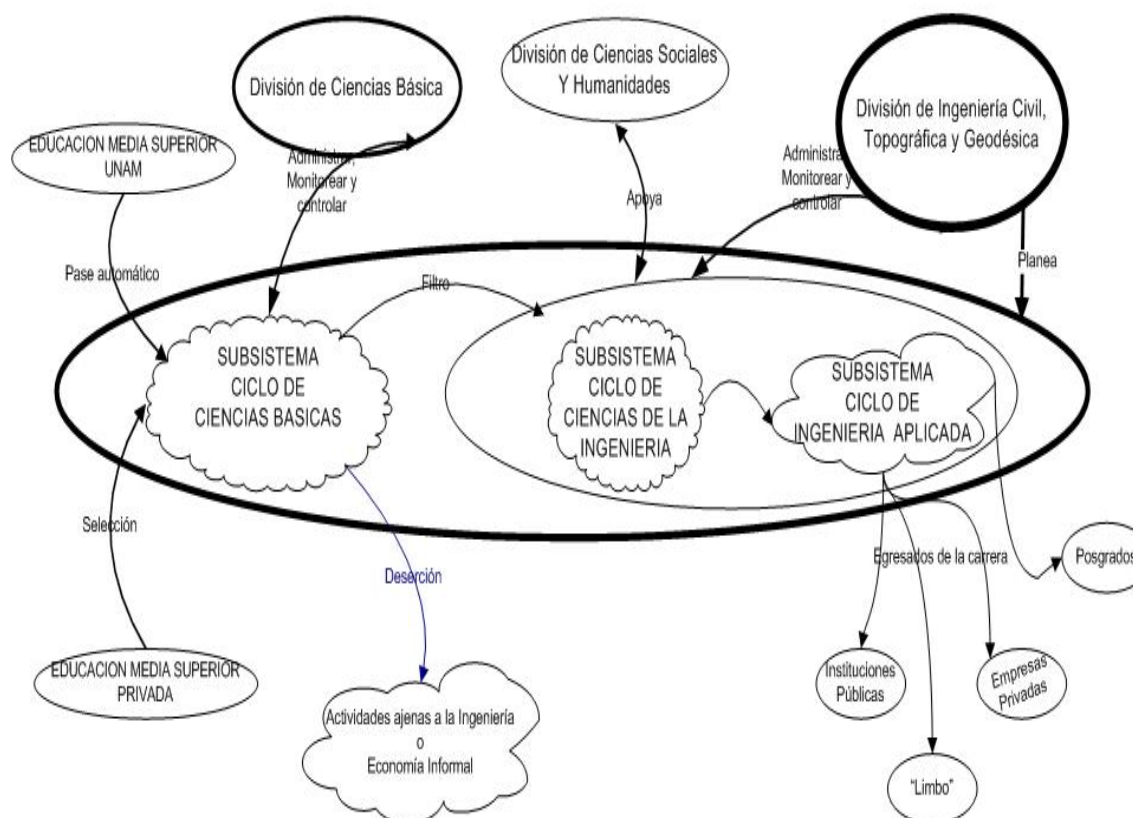


Figura 7.2.3.1 Visión enriquecida a nivel de resolución Facultad de Ingeniería.

Definición Raíz 2.

Un sistema de Carrera de Ingeniería Civil que produzca profesionales dotados de los conocimientos técnicos necesarios a través de un sistema enseñanza-aprendizaje, organizado por áreas del conocimiento, de teoría y práctica en laboratorios y campo, para alcanzar un nivel competitivo en la titulación de egresados a fin de que se incorporen al merca de trabajo o continúen con estudios de posgrado.

CATWOE.

- **Cliente:** la sociedad mexicana.
- **Actores:** Los diferentes departamentos que componen a la División de Ingenierías Civil y Geomática (DICyG).
- **Transformación:** Egresados de la Carrera insuficientemente preparados I Egresados de la Carrera suficientemente preparados para ser admitidos en un mercado de trabajo muy competido.
- **Weltanschauungen:** Preservar el prestigio de la UNAM en la producción de ingenieros civiles.
- **Owner:** El Jefe de la DICyG.
- **Environment:** La disposición de los alumnos para dedicarse al estudio.

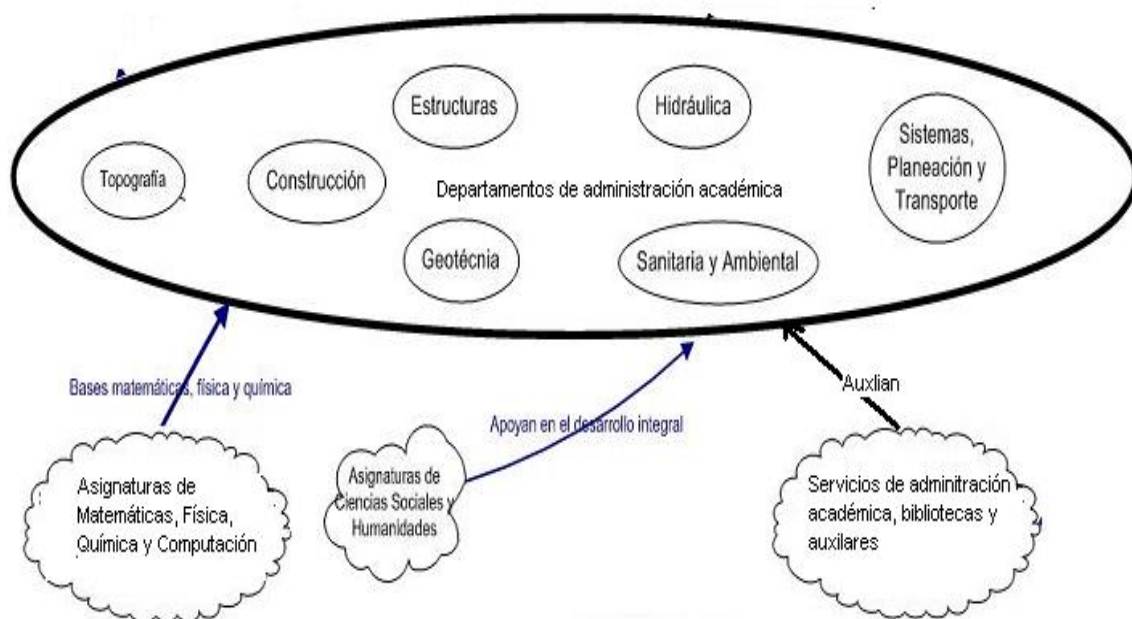


Figura 7.2.3.2 Visión enriquecida a nivel de resolución División de Ingenierías Civil y Geomática

Definición Raíz 3. De tarea principal.

Un sistema de Plan de Estudios que produzca egresados de la carrera de ingeniería civil, a través de procesos de enseñanza aprendizaje ordenados lógicamente por asignaturas, cuyos mapas curriculares contemplen conocimientos pertinentes de matemáticas, de las ciencias de la ingeniería y de sus aplicaciones en estructuras, hidráulica, geotecnia, sanitaria, ambiental y construcción, teniendo como conocimientos complementarios a las bases de la economía, la planeación, la ingeniería de sistemas, la administración, el idioma inglés, todo en base a una cultura general complementada. Todo ello para continuar produciendo ingenieros cuyo perfil de capacidades les permita planear, diseñar, construir, operar y conservar las obras físicas de la infraestructura económica en las áreas que tradicionalmente ha cultivado la Facultad de Ingeniería: vivienda, transporte, agua y ambiental, que la sociedad mexicana requiere.

CATWOE.

- **Client:** la sociedad mexicana, los alumnos y los profesores.
- **Actors:** Autoridades, profesores y estudiantes.
- **Transformation:** Egresados insuficientemente preparados **I** egresados suficientemente preparados

- **Weltanschauungen:** seguir contribuyendo sustancialmente a crear los ingenieros civiles que la sociedad mexicana requiere.
- **Owner:** Las autoridades: Dirección FI, Rectoría UNAM, Gobierno Federal.
- **Environment:** Mercado de trabajo débil.

La visión enriquecida sería la global ya mostrada en la Figura 7.2.2.1.

7.2.4 MODELO CONCEPTUAL DEL PLAN DE ESTUDIOS

Una vez que se han diseñado algunas definiciones raíz, basadas en una evolución de niveles de resolución, vemos que éstas están referidas a problemas que se presentan en las actividades de tarea primaria, observándose que éstas han sido trastocadas o bien que están desarregladas respecto a las necesidades actuales.

A partir de estos niveles de resolución y con el fin de crear los sistemas de actividad conceptuales, fue necesario trasladarse al siguiente nivel de detalle, aquel que permitió diseñar las actividades para cada una de las áreas de la carrera identificadas en la definición raíz global, esto constituiría el perfil profesional.

Es a partir de cada una de las áreas técnicas de la carrera, vista como un sistema, como se obtiene un sistema de actividades.

Para lograr este modelo conceptual global, acudí con un experto de cada área pertinente de la carrera. En la selección de los expertos traté en lo posible de que tuvieran los siguientes atributos:

- Una práctica profesional reconocida.
- Experiencia como profesores, en las aulas de la FI.
- Una idea muy clara, de la organización de los planes de estudio.
- Disponibilidad de tiempo y deseos de colaborar en el proceso.

La experiencia de este proceso de interrogar a los profesores fue principalmente su entusiasta respuesta, no obstante que reconocí que los profesores no estamos acostumbrados a hacer declaraciones concretas y precisas; no fue fácil la identificación de las actividades primarias que cada egresado debe ser capaz realizar por cada uno de los expertos.

En las entrevistas con los expertos de las diferentes áreas técnicas de la ingeniería civil mexicana, estos expresaron definiciones para cada una de sus áreas de competencia, mismas que en un esfuerzo de síntesis, arrojó el siguiente Modelo Conceptual de Tarea Primaria que se puede observar en la Figura 7.4; en ella se pueden observar un grupo de ojivas, correspondiendo cada una a un área técnicas de la carrera: Construcción, Estructuras, Geotecnia, Hidráulica, Sanitaria-Ambiental, Sistemas-Planeación-Transporte y Geomática. Es conveniente anotar que en el diagrama no se establecieron precedencias, dado el escaso nivel de detalle en que se captaron las declaraciones, las cuales fueron propiamente conceptos.

Es en el Capítulo 8 donde se efectuará el ejercicio de comparación de este Modelo Conceptual de Tarea Primaria con la realidad, representada en este caso por el Plan de Estudios vigente. Todo ello para ilustrar en la práctica, la propuesta de esta investigación de

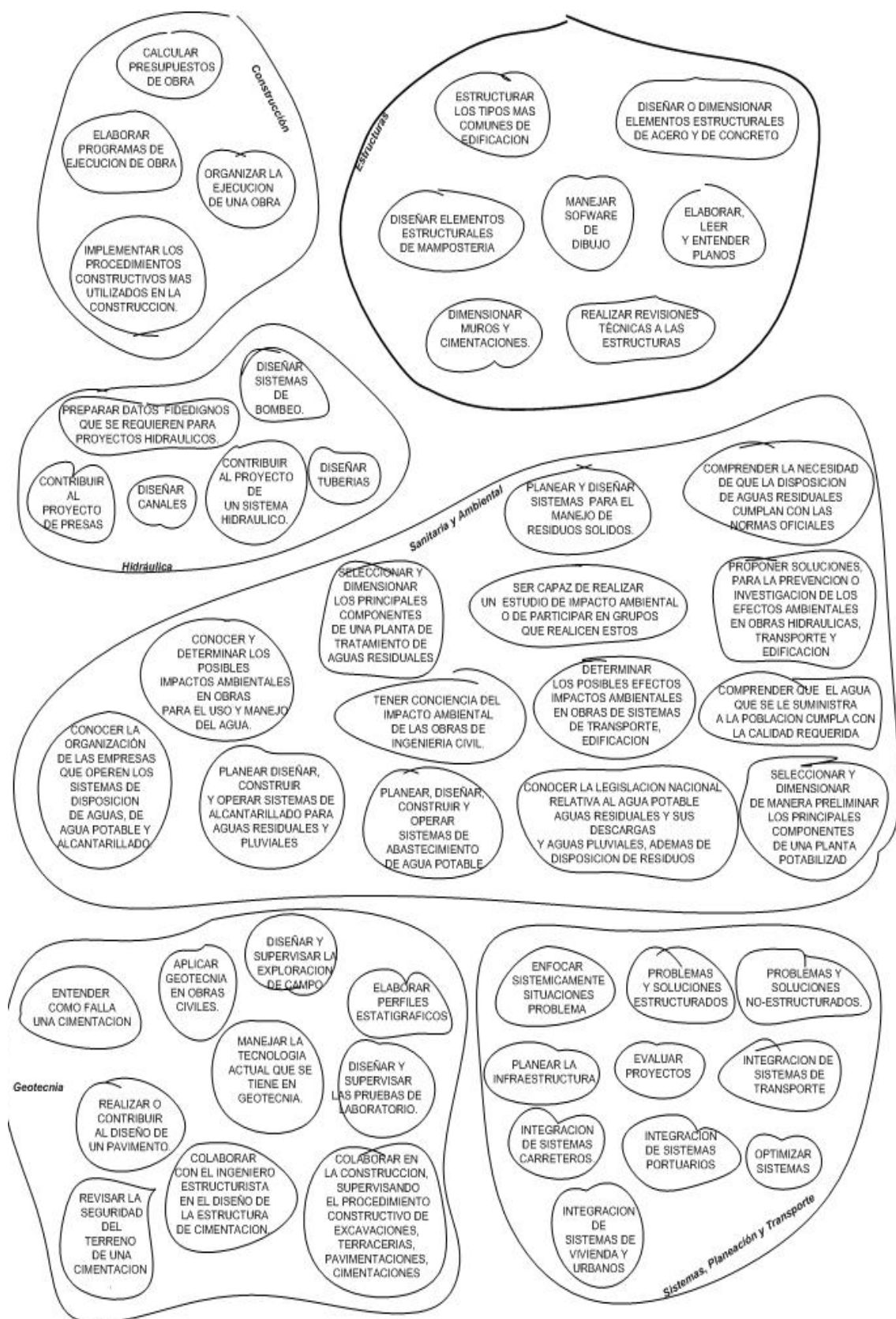


Figura 7.4 Modelo Conceptual de Tarea Primaria Consensuado del Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Civil.

adicionar algunas capacidades de automatización y optimización al actual mecanismo de diagnóstico denominado Cruz Maltesa.

Estas actividades del Modelo Conceptual, las ojivas de la Figura 7.4, alimentarán el eje superior de la Cruz Maltesa. Es la parte idealista.

El eje inferior de la Cruz Maltesa se llenará con los subtemas de que consta el plan de estudios denominado 1994. La fuente de información es cada uno de los programas de estudio de cada asignatura. Esta es la parte realista.

El objetivo, naturalmente, es la comparación de las partes mencionadas.

REFERENCIAS AL CAPITULO 7.

Checkland P.B. and Scholes, J. (1990), *Soft Systems Methodology in Action*, John Wiley, Chichester.

Checkland P.B., 1981, *Systems Thinking Systems Practice*, John Wiley, Chichester.

Wilson B., 1980, *The Maltese Cross- A Tool for Information Systems Analysis and Design*, Journal of Applied Systems Analysis, Vol. 7.

Wilson B., *Systems: Concepts, Methodologies and Applications*, 1983, John Wiley and Sons, Chichester.

Wilson B., *Soft Systems Methodology: Conceptual Model Building and Its Contribution*, 2002, John Wiley and Sons, Chichester.

SIGLAS AL CAPITULO 7

SIGLA	DEL INGLES	ESPAÑOL
MC	Maltese Cross	Cruz Maltesa
SSM	Soft Systems Methodology	Metodología de Sistemas Suaves
PE94		Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniero Civil 1994
CPAIC		Colegio del Personal Académico de Ingeniería Civil.
UNAM		Universidad Nacional Autónoma de México
FI		Facultad de Ingeniería
CATWOEM	Mnemonic	Mnemotecnia
CB		Ciencias Básicas

DCB		División de Ciencias Básicas
DICYG		División de Ingenierías Civil y Geomática

CAPITULO 8 EL SISTEMA DE INFORMACION DE LA CRUZ MALTESA

En este Capítulo se describe el software que construí para la investigación y que permite poner en práctica la metodología de mi propuesta doctoral, Extensión Optimizante a la Cruz Maltesa de la Metodología de Wilson. Se describe cada uno de los elementos del software de mi propuesta, misma que en su forma teórica fue presentada antes en los Capítulos 4 y 5 de la Segunda Parte, y en los Capítulos 6 y 7 de esta tercer parte, ya en su aplicación a la situación problema Revisión del Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniero Civil de la UNAM.

Un objetivo que consideré importante lograr en la investigación doctoral fue mostrar la factibilidad práctica de mi propuesta, para lo cual desarrollé este software que por principio automatiza el manejo de la Cruz Maltesa, tomando como referencia la forma publicada por Wilson (1980), misma que vuelvo a mostrar enseguida por razones de comparación conceptual, pero ya con las formas desarrolladas en este software:

Es necesario advertir que la automatización de la Cruz Maltesa, aunque importante solo constituye la plataforma del sistema para construir y aplicar una Extensión Optimizante a la Cruz Maltesa de la Metodología de Wilson, adición que consiste en una capacidad de optimización.

Esta extensión de optimización está concebida en base al modelo de cobertura de la programación matemática en enteros (Hoffman-Padberg, 1993), como lo estoy proponiendo en el Capítulo 6, situación que en términos de la construcción del software me implicó el ensamble de un programa de optimización matemática en enteros de tipo binario. Este programa lo seleccioné de un paquete de programas computacionales de tipo comercial, esto es de terceras partes, y para ello me aboqué a establecer una interfaz en el software para incorporar la capacidad de optimización.

Por otra parte, el sistema de información lo construí con el manejador de bases de datos denominado Paradox (versión 10 para 32 bits). El núcleo del proceso de optimización descrito, esto es el API de Lindo Systems, Inc. (2002) en su versión denominada SUPER (teóricamente, cualquier tamaño del problema en restricciones y variables) lo adapté con Visual Basic 6.

En suma, el sistema de información así construido se compone de tres módulos que manejan los procesos siguientes:

- 1) Cruz Maltesa Automatizada.
- 2) Cobertura Óptima.
- 3) Interpretación de Resultados.

El módulo Cruz Maltesa Automatizada es lo que constituye la parte estructural del Sistema, donde se contempla el análisis, diseño, operación y mantenimiento del modelo computacional de consulta de la Cruz Maltesa.

Este módulo de Cruz Maltesa Automatizada se compone de una única forma que maneja a las bases de datos que conceptualmente integran a la Cruz Maltesa. Esta MC automatizada es una forma que tiene enclavadas además las facilidades de captura para introducir de manera sensible los datos de sus distintos elementos que la componen.

El módulo Cobertura Optima, es un módulo que opera a partir de la estructura e información de la Cruz Maltesa, integra de manera dinámica el ejercicio de programación matemática en enteros binarios y lo resuelve. La única ventana de que consta, contiene una matriz con los coeficientes (cero-uno) de los elementos de la matriz Sureste transpuesta de la MC, la cual constituye a la matriz de restricciones, organizados por renglones y columnas. Esta matriz se pre-multiplica por un vector de variables X_i , enteras y binarias; constituye un ejercicio de solución al *Problema de Cobertura*.

Finalmente el módulo Interpretación de Resultados, cuya función es hacer un recuento de las variables que la optimización designó con un valor de uno y que están en la base y que se interpreta como una recomendación de incluir en el nuevo plan y aquellas que en el proceso de optimar quedaron con valor cero y que se interpreta como una recomendación de dejar fuera.

Es conveniente recordar que las variables están representando a los *Procedimientos de Procesamiento a la Información* (se refiere a los subtemas de las asignaturas o materias en el caso del Sistema Plan de Estudios), con siglas IPP. Esta forma puede tener distintas presentaciones, dependiendo de la información que muestre, variantes que aparecen en el menú.

En párrafos más abajo, muestro a detalle cada uno de los tres módulos mencionados, conteniendo en cada apartado una presentación de la forma y una descripción de sus principales elementos y operaciones.

El sistema de información tiene por principio una portada. Esta forma tiene en la parte izquierda un dibujo mostrando, como símbolo, la estructura de una Cruz Maltesa tradicional, en la parte derecha tres botones que vinculan a los módulos del sistema, para transitar por ellos. En la parte inferior hay además dos botones con las utilidades de ayuda y salir, además de dos botones que describen a mi proceso y a mi propuesta doctoral.

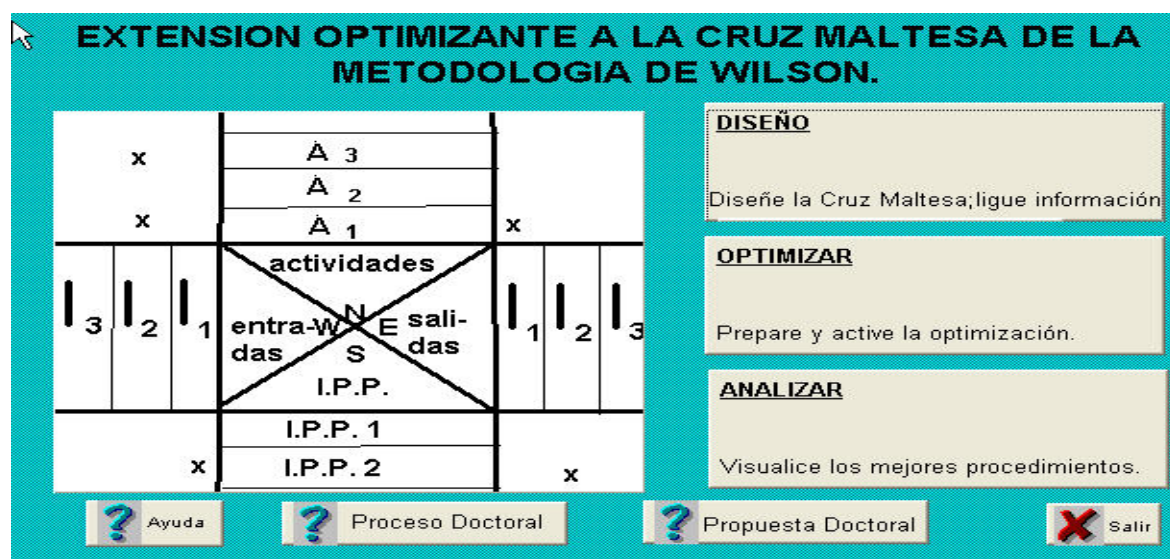


Figura 8.1 Portada del sistema de información

8.1 ETAPA DE COMPARACION DE LA SSM UTILIZANDO CRUZ MALTESA.

Estrictamente hablando la siguiente etapa a desarrollar según la SSM, después de las cuatro etapas contenidas en el Capítulo 7, es la Comparación que en este caso de la revisión del plan de estudios de la carrera de ingeniería civil, sería una evaluación entre lo que se necesita y lo que existe, para posteriormente hacer recomendaciones convenientes acerca de lo que el nuevo Plan de Estudios tiene que proporcionar o eliminar, o al menos señalar como desequilibrios.

Para esa Comparación, me valdré precisamente del procedimiento de la Cruz Maltesa (Wilson 1980; 1984; 1990) cuyo procedimiento esencialmente es dominar sus cuatro matrices en una sola visión.

Se toman las actividades generadas en el CPTM, Figura 7.4, esto es las capacidades y habilidades del egresado de la carrera de ingeniería civil y se escriben en el eje superior de la MC, junto con los flujos de información de entradas y salidas correspondientes, generados como los conocimientos requeridos para desarrollar cada actividad, y los productos de la misma, vistos como las potencialidades alcanzadas.

La mitad inferior de la cruz contiene a los procedimientos existentes de procesamiento a la información en la organización (IPP), si ello es aplicable. Si los ejes del diagrama se denominan como norte, sur, este y oeste, entonces el eje norte contiene las actividades que constituyen al modelo de tarea primaria, el eje sur contiene a los mencionados IPP.

El eje este y el oeste de la MC son idénticos, con el eje este (representando salidas) siendo una imagen espejo del eje oeste (representando entradas). Ambos Este y Oeste contienen las categorías de información que son esenciales para el apoyo de las actividades, ya que definen cómo el sistema debe trabajar. Para el ejemplo que nos ocupa, las categorías de información de la MC las constituyen los conocimientos necesarios (eje oeste) y los conocimientos producidos por las actividades conceptuales (eje este).

Después de que la Cruz Maltesa se ha planteado, las entradas y las salidas requeridas por los Procedimientos de Procesamiento a la Información existentes, que ya existen en la organización, son registrados con cruces en la mitad inferior de la cruz, y las entradas y salidas de las actividades que se derivaron de CPTM se registran con cruces en la mitad superior. Cualquier marca que aparezca en el cuadrante noroeste de la MC y no esté en el cuadrante sureste, es parte del conjunto de requerimientos de información del sistema a ser desarrollado. Análogamente cualquier marca en el cuadrante sureste que no aparezca en el cuadrante noroeste indica que es un IPP ajeno a los requerimientos. Debe hacerse notar que, si el sistema de información a ser desarrollado es nuevo, no habrá ninguna cruz en la mitad inferior de la cruz maltesa, ya que es el caso cuando no exista ningún sistema de información que actualmente proporcione información.

La Cruz de Malta indica y realiza la comparación entre la información y requerimientos de datos y qué provisión actual existe. Esto lleva ahora a tomar las decisiones siguientes: ¿qué diseñar o desarrollar?; ¿qué abandonar o modificar? y ¿qué priorizar?. Es aquí donde se propone una Extensión Optimizante a la Cruz Maltesa de la Metodología de Wilson, de manera automatizada.

8.2 MODULO: CRUZ MALTESA AUTOMATIZADA.

Conforme a las pautas para la construcción de la Cruz Maltesa, vistas en el Capítulo 4 de esta Tesis, y en base al Modelo Conceptual de Tarea Primaria Consensuado del Capítulo 7. Anteriormente mostré un mapa de actividades conceptuales aplicado al problema de revisar un plan de estudios de una Carrera. Este mapa conceptual es el mismo que aplico al diseñar el manejador de la base de datos de la Cruz Maltesa. Este módulo recrea el ejercicio de captura de la información.

El concepto utilizado al modelar la Cruz Maltesa al problema de la revisión del plan de estudios de una carrera profesional, se basa en revisar la cobertura de la necesidad de conocimientos mediante las asignatura- tema- subtema; en esta forma, existen dos partes de la Cruz Maltesa que se deben enlazar:

En la parte superior: las actividades que el egresado de la carrera debe ser capaz de cumplir y en la parte inferior: las materias- tema- subtema que están vigentes en el actual plan de estudios en cuestión, esto conceptualmente hablando son los procedimientos de proceso a la información.

Cada una de estas partes centrales contiene horizontalmente insumos y productos, cada una dando pie a la formación de una matriz.

Figura 8.2.1 Forma de la Cruz Maltesa Automatizada

Finalmente el enlace que realiza el analista según su criterio y que se registra en la base de datos, es la liga entre los procedimientos disponibles (materias-tema-subtema) y una necesidad de conocimiento. La línea diagonal contenida en el diagrama trata de esquematizar este enlace.

Se presenta en la forma de una Cruz Maltesa, conteniendo estrictamente cada uno de los elementos conceptuales de que consta: actividades, procedimientos de proceso a la información y las cuatro matrices, tal como se muestra en la fotografía siguiente.

Por una parte, a cada actividad le corresponderán varias categorías de información, tanto como insumo y como productos. Esto mismo se puede decir de los procedimientos de proceso a la información, cada uno de los cuales se abastece y tienen como producto otros procedimientos.

Las matrices presentan diferencias de forma con la versión original de la Cruz Maltesa; no aparecen las cruces pero en su lugar aparecen números codificados que, viendo a cada matriz horizontalmente desde la columna central, señalan las relaciones de uno a varios.

Finalmente, es necesario decir que los elementos de la parte superior (matrices de actividades-categorías de información) están vinculados de manera sincronizada con los elementos de la parte inferior (matrices de procedimientos-categorías de información). Así se observan, globalmente, los procedimientos de proceso a la información que dan cubrimiento a cada actividad conceptual; esencia de la Cruz Maltesa. Esta vinculación se realiza a través de dos categorías de información, una en la parte superior y otra en la parte inferior.

Barra de Herramientas.

Procesos: permite transitar entre los módulos; cierra esta forma y abre otra: portada, optimización e interpretación.

Area Ing. Civil: enfoca el área de interés de la ingeniería civil, dentro de la cual queremos visualizar las relaciones de la Cruz Maltesa, ya descritas arriba. Estas áreas son: Construcción, Estructuras, Geotecnia, Hidráulica, Sanitaria y Ambiental, Sistemas y Planeación, y Topografía.

Tablas: permite desplegar una ventana con una de las tablas del sistema manejador de bases de datos. Estas tablas están vinculadas relacionalmente a través de un modelo de datos en cada una de las formas.

Sin-Liga: abre una consulta sobre los procedimientos no ligados aun, a las actividades; esto es, a través de las categorías de información.

Ver/Ocultar: utilidad que permite visualizar u ocultar algún elemento de la forma: nombre del experto, la barra de herramientas de Paradox, los cuadros de herramientas de ligar y de búsqueda.

Cerrar: permite salir del software directamente a Windows.

Ayuda: Permite abrir una ayuda contextual o por tema.

8.2.1 CAPTURA DE LA INFORMACION PARA LA FORMA DE LA CRUZ MALTESA.

La primera tarea es definir las actividades básicas, esto es, aquellas necesarias de cumplir para alcanzar el objetivo primordial. Estas se enumeraran con dos dígitos, iniciando con 01 y designando de manera consecutiva a cada una de las demás actividades. Esta información se asentará en parte norte de la Cruz Maltesa, en la parte superior el título de la actividad, por debajo su diccionario y el número de la actividad. El concepto es que todos los procedimientos que se implementen deberán ser sólo para cumplir con esas actividades básicas. Estas actividades básicas quedan registradas en la base de datos en la tabla Activi.db.

En las alas centrales de la Cruz Maltesa se ubican las categorías a la información mismas que estarán ligadas a las actividades básicas a través de dos dígitos en la matriz noroeste. Esto significará que simultáneamente habrá que establecer cada una de las categorías a la información y ligarla mediante los dos dígitos mencionados a la actividad básica correspondiente. En la parte oeste, el concepto de categorías a la información es: las informaciones mínimas que son necesarias para cada una de las actividades básicas, para que éstas se puedan realizar. Estas categorías a la información quedan registradas en la base de datos, concretamente en la tabla Ent_act.db, cuya llave primaria las une con las actividades básicas.

En la otra ala de la Cruz Maltesa, lado este, se ubican las categorías a la información de salida, mismas que estarán ligadas a las actividades básicas también a través de dos dígitos en la matriz noreste. Esto significará que simultáneamente habrá que relacionar cada una de las categorías a la información resultantes y ligarlas, mediante otros dos dígitos, a la actividad básica correspondiente. En la parte este, el concepto de categorías a la información es: la información mínima que resulta, después, de efectuar cada una de las actividades básicas. Estas categorías a la información quedan registradas en la base de datos, concretamente en la tabla Sal_act.db, cuya llave primaria une categorías a la información con las actividades básicas.

En el centro de la Cruz Maltesa se tienen los números de las ligas de las categorías a la información; en la parte superior las relacionadas con las actividades básicas y en la parte inferior las relativas a los procedimientos de procesamiento a la información. En forma simétrica están colocados cuatro botones para enfocar al siguiente, anterior, primero o último elemento de alguna de las tablas de la base de datos; para dirigirse a una de estas tablas basta dar un click en el recuadro de interés, para ir a alguno de los registros. En el centro se tienen dos botones: Optimizar y Resultados; los cuales nos permiten abrir las formas o pantallas para realizar ese tipo de tareas.

En relación con la parte inferior de la Cruz Maltesa, se tiene en el centro a los procedimientos de procesamiento a la información implementados para dar cumplimiento a las actividades básicas, esto en un escenario de auditoría. Estos procedimientos de procesamiento a la información (las materias) están contemplados en tres niveles (materia, tema y sub-tema) de detalle. Cualquier procedimiento de procesamiento a la información se refiere a los tres niveles. En la aplicación al Plan de Estudios se registran: 54 materias por el número de temas de cada materia y por el número de sub-temas de cada uno de los temas; el problema es grande por el número de procedimientos.

La etapa clave del diseño de la Cruz Maltesa es precisamente la liga del procedimiento de procesamiento a la información con su categoría a la información y con la actividad básica. En la parte alta de la porción inferior de la Cruz Maltesa se tiene un campo de ocho dígitos

(color azul) con la clave de esta liga: los primeros cuatro dígitos corresponden al procedimiento de procesamiento a la información, los siguientes dos a la actividad básica y los últimos dos dígitos a la categoría a la información. Véase más adelante Herramienta para Enlazar Materia.

Las tareas faltantes a la Introducción de información y Diseño de la Cruz Maltesa se refieren a las categorías a la información tanto de entrada como de salida que tiene cada procedimiento de procesamiento a la información. El punto clave radica en comprobar si globalmente los procedimientos de procesamiento a la información producen sus requerimientos de entrada y de salida.

Así de manera análoga a la superior, en la parte inferior de la Cruz Maltesa se tiene la necesidad de considerar a las entradas y salidas de las categorías a la información y su liga con cada uno de los procedimientos de procesamiento a la información. Véase Herramienta para Enlazar Antecedente y Herramienta para Enlazar Productos.

8.2.2 HERRAMIENTAS PARA ENLAZAR.

El diseño de la Cruz Maltesa requiere enlazar los distintos elementos. Algunos de estos procesos de liga son factibles de realizarse de manera mental, como es el caso de las ligas contenidas en las matrices noroeste y noreste. Esta factibilidad puede no ser real en algunos problemas.

En el caso de las ligas de arriba hacia abajo de la Cruz Maltesa, los elementos a considerar provienen de catálogos muy abundantes, por lo que se requieren listas de procedimientos de procesamiento a la información en principio.

La forma principal del módulo Cruz Maltesa tiene provistas algunas herramientas que hagan factible crear los enlaces. En la forma Cruz Maltesa se aprovecha la parte central de la cruz para insertar una ventana para fines de búsqueda de algún procedimiento, el cual una vez encontrado es enlazado con una o varias categorías de información. En la siguiente fotografía podemos observar estas herramientas:

Botones de la Forma.

Operación **BUSCAR**: Es una subforma que agrupa a una subforma rectangular y cuatro botones.

La subforma contiene seis campos donde se insertan los datos de búsqueda: asignatura, tema y subtema, por su nombre y su código. Los cuatro botones se refieren a los niveles de la búsqueda:

- **Materia:** permite buscar por materia.
- **Tema:** permite afinar la búsqueda por tema.
- **Subte:** permite afinar la búsqueda por subtema.

SSM REVISION PLAN DE ESTUDIOS.

Procesos Area Ing. Civil Tablas Sin-Liga Ver/Ocultar Cerrar Salir Ayuda

Ficha : CRUZ8MAL

MODULO DE CAPTURA Y ENLACE DE LA CRUZ MALTESA.

01	02	03
04	05	06
07	08	09

CALCULAR PRESUPUESTOS DE OBRA

Calcular el presupuesto de una obra.

01 01 21 P A S I U 01

01	02	03	04

Conocer los recursos de la construcción: (Mano de Obra, materiales y maquinaria), sus

Recursos: materiales, mano de obra y equipos.

Introducción al proceso constructivo

Construcción I

LIGAR MTS MTX MXX Tema Desligar

Sistemas de Transporte 0781

Visión Global del Transporte en la sociedad moderna. 01

Ámbitos del transporte y sus diferentes modos. 03

BUSCAR Material Tema Subte B 07810

Maximizar los recursos al ejecutar una obra, traduciéndose esto en un beneficio económico en la sociedad.

Conocer los recursos de la construcción: (Mano de Obra, materiales y maquinaria), sus características y la manera de determinar sus costos.

1831010	1831020	1831030

18310103 0082 01 04

Ligar antecedente

21 01 01 0082 01 04 0.60

Procedimientos enlazados

Análisis de los recursos disponibles

Planeación de Obras

Construcción II

00820104	00820204	18310103
18310201	18310302	18310303
18310407	OP110212	OS070709

Figura 8.2.2 Forma de la Cruz Maltesa Automatizada. Se muestra en la parte central la operación de la herramienta para ligar.

Operación **LIGAR**: es una subforma que agrupa a los cinco botones siguientes:

MTS: la operación ligar se realiza para la materia, el tema y el subtema. Esta operación es unitaria, un solo registro de la tabla de la base de datos.

MTX: la operación ligar se realiza para la materia y el tema. Esta operación es un múltiple enlace, se adicionan varios registros en la tabla de la base de datos.

MXX: la operación ligar se realiza para la materia. Esta operación es un múltiple enlace, para cada uno de los temas y cada uno de los subtema, se adicionan varios registros en la tabla de la base de datos.

Enlace Actividad Básica- Categoría a la Información con Procedimientos de Procesamiento a la Información.

A través de algunas preguntas se cuestiona si se desea en principio hacer determinado enlace. Este enlace es a nivel sub-tema, para el caso de la aplicación del Plan de Estudios.

Después se revisa si el enlace pretendido existe en la base de datos, si así fuera se pregunta si se desea conservar, en caso contrario se borra de la tabla correspondiente y termina este subproceso.

Es necesario estar consciente como detrás de este proceso de enlace, existe una o más búsquedas y un manejo de registros en la tabla Ligas.db, por lo cual como todos los enlaces es una operación delicada.

Enlace: Procedimientos de Procesamiento a la Información Con Categorías de Información de Entrada.

Este enlace es de uno a varios, a un IPP le podrían corresponder uno o varias categorías de información de entrada, es a nivel sub-tema, para el caso de la aplicación del Plan de Estudios.

El diseño consiste en asignar a cada procedimiento de procesamiento a la información una o varias categorías de información que le son indispensables; en el caso del Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniero Civil, cada una de las materias tendrá la necesidad de ninguno, uno o varios conocimientos antecedentes que generó alguna otra materia.

Enlace: Procedimientos de Procesamiento a la Información Con sus Categorías de Información de Salida.

También este enlace es de uno a varios: a un IPP le podrían corresponder uno o varias categorías de información de entrada, es a nivel sub-tema, para el caso de la aplicación del Plan de Estudios.

El diseño consiste en asignar a cada procedimiento de procesamiento a la información una o varias categorías de información de salida que genera; en el caso del Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniero Civil, cada una de las materias podrán generar, uno o varios conocimientos; estos conocimientos necesariamente son categorías de información que le son necesarias a las actividades propias del negocio, condición indispensable.

8.3 MODULO DE COBERTURA ÓPTIMA

Después de haber diseñado la Cruz Maltesa viene la tarea de conocer un diagnóstico sobre el estado de este sistema. Esta tarea se efectúa a través de una optimización, esto implica establecer un programa matemático, resolverlo e interpretar sus resultados. Esta es precisamente la aportación de la propuesta del doctorado; sin esta fase de la optimización el diagnóstico de la MC se restringe a una inspección visual.

Pasando a la forma de optimización, ésta se encuentra formada por un modelo de programación matemática entera de tipo binario y algunos botones que automatizarán este procedimiento. El principal elemento es una matriz formada por datos de la Cruz Maltesa, la cual se pre-multiplicará por unas variables X_i forzándose a que cada renglón sea mayor o igual a uno. La matriz mencionada se muestra a través de un objeto cartesiano, propio del manejador de base de datos Paradox.

En esta forma se puede desplegar la matriz cero-uno, producto de la tarea previa de enlazar requerimientos con procedimientos implementados, expresada como una matriz transpuesta; conforme al modelo de cobertura se pre multiplica por el vector de variables X y se fuerza a que el producto sea mayor o igual al vector unitario. Se puede observar que el número de variables cero-uno fue de 1724 mientras el número de renglones de las restricciones fue de solo 255.

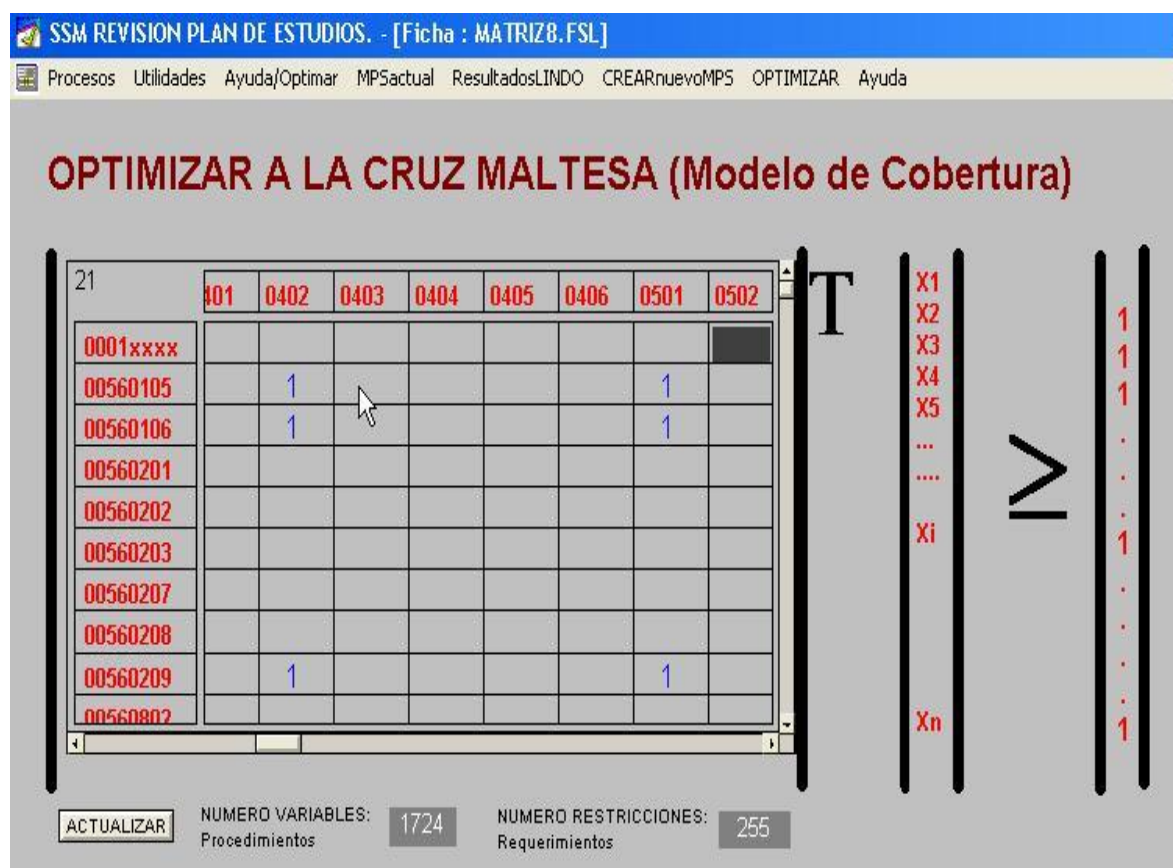


Figura 8.3.1 Forma de la optimización.

Barra de Herramientas.

Procesos: permite la interacción con las otras formas: diseño de la Cruz Maltesa, interpretación, portada.

Utilidades: se refiere a facilidades para ocultar la barra de trabajo del sistema Paradox y salir.

Ayuda/Optimar: ayudas para realizar el proceso de optimización.

MPSactual: muestra el formato MPS registrado en ese momento, a partir del cual se realiza la optimización.

ResultadosLINDO: Muestra el formato LINDO con los resultados de la última optimización.

CREARNuevoMPS: Se crea un nuevo formato MPS con la información disponible de la Cruz Maltesa

Optimización: activa el proceso de optimización en enteros de tipo binario cero uno.

8.3.1 PREPARACION DE LA OPTIMIZACIÓN: CREAR UN ARCHIVO MPS.

Se aprovecha la base de datos generada en la fase de Diseño de la Cruz Maltesa. En ella se encuentran los elementos de la matriz: el enlace de la actividad básica y sus categorías de información de entrada, para los cuales se comprobará si existen los procedimientos de procesamiento a la información y descubrir los traslapes y duplicidades.

Así conforme al modelo de cobertura, problema matemático de programación entera binaria, se construye un archivo de texto con un formato especial denominado MPS para que sea aceptado por un software especial, API de Lindo.

El botón Crear Archivo MPS activará la programación que buscará la información necesaria en la base de datos, la desplegará en el Objeto Cartesiano, y la pondrá en un archivo txt de acuerdo a un formato denominado MPS por la empresa IBM. Existe un segundo botón que permitirá desplegar a través de un procesador de palabras este archivo de texto MPS, para su eventual revisión.

8.3.1.1 Formato del archivo LINDO-MPS.

El formato MPS para describir una programación matemática es el formato comúnmente usado en la industria. Es un formato de archivo de texto, donde una de las razones de usarlo es la posibilidad de moverlo de una maquina a otra de diferente tipo. No es un formato muy compacto (los archivos MPS tienden a ser grandes y consumidores de espacio).

Un archivo MPS puede tener de tres a cinco secciones. Cada archivo MPS tiene al menos tres secciones: ROWS, COLUMNS y RHS.

La sección ROWS lista los nombres renglón, uno por línea, con los nombres precedidos por su tipo. Tipo L significa $<$; una E significa $=$; una G significa $>$; y una N significa no restringido (como es el caso del renglón objetivo).

La sección COLUMNS lista cada elemento no- cero de la matriz, precedida por el nombre de la columna y el nombre renglón en el cual aparece.

La sección RHS lista cada elemento no-cero del lado derecho precedida por el nombre del renglón en el cual aparece. También se debe dar un nombre de la columna para el lado derecho.

Una sección opcional BOUNDS permite poner cotas superior e inferior sobre las variables. Una sección opcional RANGES nos permite poner límites superior e inferior sobre restricciones.

Cualquier línea con un asterisco (*) en la primera posición es tratada como una línea comentario.

La API LINDO entiende la mayor parte de los hechos usados en el formato MPS sujeta a lo siguiente:

Dejar blancos en nombres de variables y renglones son ignorados. Los demás caracteres, incluyendo los blancos, son permitidos.

Solo un renglón libre (tipo renglón N) es retenido de la sección ROWS después de que la introducción se completa, específicamente aquel seleccionado como el objetivo.

Solo un conjunto BOUNDS es reconocido en la sección BOUNDS. Los tipos bound reconocidos son:

- (1) UP (cota superior)
- (2) LO (cota inferior)
- (3) FR (variable libre)
- (4) FX (variable fija)
- (5) BV (variable binaria)
- (6) UI (cota superior de variable entera)
- (7) LI (cota inferior de variable entera)

Solo un conjunto RANGES es reconocido en la sección RANGES.

El tipo de restricción GUB no es reconocido.

Las secciones MODIFY no son reconocidas.

Las líneas SCALE son aceptadas, pero no tienen efecto.

8.3.1.2 La Interfaz de Programación Matemática.

La Interfaz de Programación de Aplicaciones LINDO (API) me ha proporcionado un medio para incorporar optimización dentro de mi propio programa de aplicación. La API LINDO está diseñada para resolver problemas de optimización. Se basa en un simple pero importante tipo de problema de optimización como es el *programa lineal* (LP) de la forma:

Figura 8.3.1.1 Modelo de Programación Matemática contenida en la API de LINDO

La API LINDO puede ser usada para resolver programas lineales tanto como sus

$$\begin{array}{l}
 \text{Minimizar } \sum_{j=0}^{n-1} c_j x_j \\
 \text{tal que} \\
 \text{Para } i = 0 \text{ hasta } i = m - 1 \\
 \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij} x_j ? b_i \\
 \text{Para } j = 0 \text{ hasta } j = n - 1 \\
 L_j \leq x_j \leq U_j \\
 \text{Donde "?" es alguno de los operadores relacionales "≥", "=", o "≤".}
 \end{array}$$

extensiones donde algunas de las variables requeridas sean enteras, o incluso que algunas de las expresiones puedan ser cuadráticas.

8.3.1.3 La Optimización: procesar el archivo MPS.

Al más alto nivel, la LINDO API toma una visión de orientación a objetos. En esta aplicación existen dos tipos de objetos:

- 1) un medio LINDO y
- 2) un modelo.

Un modelo pertenece a exactamente un medio.

Un medio puede tener cero o más modelos. Esta aplicación consistió de las siguientes etapas:

- Crear un medio LINDO con una llamada a *LScreeEnv()*.
- Crear un estructura del modelo en ese medio con una llamada a *LScreeModel()*.
- Cargar los datos de un problema dentro de la estructura del modelo con una llamada a *LSloadLPData()*.
- Resolver el problema con una llamada a *LSoptimize()*.
- Recuperar la solución con llamadas a *LSgetObjective()*, *LSgetPrimalSolution()*, y *LSgetDualSolution()*.
- Borrar el modelo y el medio con una llamada a *LSdeleteEnv()*.

Los modelos pueden ser comunicados a la API LINDO en cualquiera de dos formas:

- 1) construyendo el apropiado problema en memoria; o
- 2) importando al modelo directamente desde un archivo MPS, como aquí se ha hecho y entonces pasarlo a la API LINDO.

8.4 MODULO INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Este módulo presenta en varias formas del sistema de información los resultados de haber ejercitado en la Cruz Maltesa una optimización. Recordemos ahora que la Cruz Maltesa tal como fue establecida por Wilson no llega a concebir que puedan visualizarse algunos miles de actividades y procedimientos establecidos en un afán de descubrir los desequilibrios del sistema; y menos aún que el mecanismo MC pueda proponer qué procedimientos deban conservarse y cuales otros deban desecharse y menos aún que pueda señalar la falta de procedimientos para hacer factible la implementación del modelo conceptual.

Así las cosas el objetivo de este tercer módulo es mostrar los procedimientos que una optimización determinó, o no, como viables.

En términos del ejercicio de revisar un plan de estudio de ingeniería civil, las diferentes visiones que se pueden alcanzar con los resultados serían:

Cuales subtemas son viables y cuales no lo son. Esto implica al menos tres listados de subtemas:

1. Cuales subtemas son viables y no viables. Un listado de resultados en general.
2. Cuales subtemas son viables
3. Cuales subtemas son no viables.

Cada una de estas tres formas tiene por objetivo mostrar los distintos grupos de procedimientos después de la optimización, esto a manera de tablas:

1. todos los procedimientos indicando el valor de variable: cero o uno.
2. todos los procedimientos indicando el valor de variable uno, los “básicos”, aquellos que se recomienda conservar.
3. todos los procedimientos indicando el valor de variable: cero, los “no básicos”, aquellos que se recomienda desechar.

La forma consigna una fecha y hora en que se realizó la optimización, también revela el valor de la función objetivo y el número total de procedimientos, todo ello para distinguir entre diferentes optimizaciones hechas y los problemas.

Cualquiera de estas tres tablas presenta seis columnas consignando la clave del subtema, el valor tomado por esa variable-subtema cero-uno, las siglas del departamento que maneja el procedimiento y finalmente el subtema con los nombres de la asignatura y el tema a donde pertenece éste.

Clave	Optim	Depto	Nombre asignatura	Tema	SubTema
0001xxxx	1.00				
00560105	1.00	CB	Física Experimental	FISICA E INGENIERIA.	Método de estudio en la física: el método científico
00560106	0.00	CB	Física Experimental	FISICA E INGENIERIA.	Método de resolución de problemas en la ingeniería.
00560201	1.00	CB	Física Experimental	CONCEPTOS BASICOS DE METROLOGIA.	La importancia de la medición en la física.
00560202	1.00	CB	Física Experimental	CONCEPTOS BASICOS DE METROLOGIA.	Conceptos de dimensiones y unidades.
00560203	1.00	CB	Física Experimental	CONCEPTOS BASICOS DE METROLOGIA.	Definiciones de unidad fundamental y unidad

Figura 8.4.1 Forma del sistema de información: presentación de resultados 1.

Barra de herramientas.

Procesos: permite la interacción con las otras formas: diseño de la Cruz Maltesa, interpretación, portada.

Utilidades: se refiere a facilidades para ocultar la barra de Paradox y salir.

Ayuda/Interpretar: ayudas para realizar el proceso de interpretación de los resultados.

Generar nueva tabla: actualiza las tablas en el caso de la necesidad de una nueva optimización. Es el caso cuando hubieron cambios en la Cruz Maltesa

VarOptimas: presenta la tabla con los procedimientos óptimos, esto es, las variables que resultaron con un valor de uno después de la optimización, los subtemas recomendados a conservar en el sistema.

varNo-Optimas: presenta la tabla con los procedimientos no-óptimos, esto es, las variables que resultaron con un valor de cero después de la optimización; los subtemas recomendados a desechar.

8.4.1 PROCEDIMIENTOS DE PROCESO A LA INFORMACIÓN A CONSERVAR.



SSM REVISION PLAN DE ESTUDIOS. - [Ficha : RESULTOP]

Procesos Utilidades Ayuda/interpretar VarNo-Optimas AsigOptimas TemasOptimos Ayuda

PROCEDIMIENTOS OPTIMOS

Optimización : **CRUZ MALTESA 08:05:47** Objetivo : **2.3825136735e+002**

Número de Procedimientos **285**

Clave	Depto	Nombre asignatura	Tema	SubTema
06100202	24	Obras Hidráulicas	Presas	Tipos de presas
06100401	24	Obras Hidráulicas	Obras de desvío	Propósito
06420101	26	Planeación	Contexto Económico Social	El ingeniero, las obras de ingeniería y el entorno económico y social
06420102	26	Planeación	Contexto Económico Social	El ingeniero y su aportación a los proyectos nacionales
06420103	26	Planeación	Contexto Económico Social	Las obras de ingeniería en el proceso económico

Figura 8.4.2 Forma del sistema de información: presentación de resultados 2.

Los resultados de la optimización de su última corrida contienen tanto los procedimientos de procesamiento a la información que se confirman como aquellos que se recomienda eliminar. Sin embargo, existe la facilidad para desplegar solo aquellos procedimientos de procesamiento a la información para los que se confirma su conservación en el sistema.

8.4.2 PROCEDIMIENTOS DE PROCESO A LA INFORMACIÓN A ELIMINAR.

Los resultados de la optimización de su última corrida contienen tanto los procedimientos de procesamiento a la información que se confirman como aquellos que se recomienda eliminar. Sin embargo, también existe la facilidad para desplegar solo aquellos procedimientos de procesamiento a la información para los que se sugiere la eliminación del sistema.



SSM REVISION PLAN DE ESTUDIOS. - [Ficha : RESULTOF]

Procesos Utilidades Ayuda/interpretar Var-Optimas Asignaturas-Fuera Temas-Fuera Ayuda

PROCEDIMIENTOS NO OPTIMOS

Optimización : **CRUZ MALTESA 08:05:43** Valor Función Objetivo : **2.3825136735e+002**

Número de Procedimientos **1439**

Clave	Optim	Depto	Nombre asignatura	Tema	SubTema
00560106	0.00	CB	Física Experimental	FISICA E INGENIERIA.	Método de resolución de problemas en la ingeniería.
00560208	0.00	CB	Física Experimental	CONCEPTOS BASICOS DE METROLOGIA.	Sensibilidad de un instrumento de medición. Obtención experimental de la precisión y de la exactitud de
00560209	0.00	CB	Física Experimental	CONCEPTOS BASICOS DE METROLOGIA.	Manejo de datos experimentales, incertidumbre de una medición, análisis estadístico elemental de
00650201	0.00	22	Estática	CONCEPTOS BASICOS DE LA ESTATICA.	Diversos tipos de fuerzas: descripción; efectos internos y externos producidos por ellas.
00650202	0.00	22	Estática	CONCEPTOS BASICOS DE LA ESTATICA.	Momento de una fuerza con respecto a un punto y momento de una fuerza con respecto a un eje.

Figura 8.4.3 Forma del sistema de información: presentación de resultados 3.

8.5 ALGUNOS OTROS RESULTADOS DERIVADOS.

En base a la estructura de los procedimientos de la revisión de la currícula del plan de estudios, se puede derivar otros resultados más compactos:

1. del conjunto de subtemas a desechar podemos agregar y descubrir que temas quedan fuera del sistema.
2. del conjunto de temas a desechar podemos agregar y descubrir que asignaturas quedan fuera del sistema.

8.5.1 ASIGNATURAS A ELIMINAR.

Derivada de los procedimientos de proceso a la información, no óptimos, es posible realizar una consulta para identificar aquellas asignaturas que no tuvieron ni un solo procedimiento de proceso a la información que estuviera en la base de la solución óptima.

Considero que este resultado es producto del trabajo del analista en cuanto a los enlaces que se realizaron entre necesidad de conocimientos y procedimientos disponibles, por lo que tal resultado habría que tomarse con las reservas del caso, sin embargo si es motivo para reflexionar.

The screenshot shows a software window titled "SSM REVISION PLAN DE ESTUDIOS. - [Ficha : ASIG_OFF]". The menu bar includes "Procesos", "Utilidades", "Todas/Variables", "Variables básicas", "Variables No-básicas", "Temas-Fuera", and "Ayuda". The main title is "ASIGNATURAS FUERA DE LA OPTIMIZACION". Below the title, it says "Número de Procedimientos 17" and "Asignaturas sin un solo subtema óptimo". The table below lists four courses with their keys, topics, and departments.

Clave	Asignaturas Fuera	Depto
OP14	Temas Especiales de Ing. Civil I : Presfuerzo y prefabricación.	22
OS05	Temas Especiales de Ing. Civil II : Geohidrología	23
OT04	Temas Especiales de Ing. Civil III : Estructuras Metálicas.	22
OT05	Temas Especiales de Ing. Civil III : Puentes	22

Figura 8.5.1 Forma del sistema de información: presentación de resultados 4.

8.5.2 TEMAS A ELIMINAR.

Análogamente a las asignaturas a eliminar, otra información útil es conocer cuales temas se están señalando para prescindir de ellos. En este caso, el criterio de selección es no haberse identificado ningún subtema, esto es, procedimientos de proceso a la información que fuera óptimo.

SSM REVISION PLAN DE ESTUDIOS. - [Ficha : TEMAS_OF]				
Procesos	Utilidades	Ayuda/interpretar	Variables básicas	Variables No-básicas
Asignaturas-Fuera				
Ayuda				
TEMAS FUERA DE LA OPTIMIZACION				
Número de Procedimientos 286				
Asignatura	Tema	Depto	Asignatura	Temas Fuera
OP06	05	22	Temas Especiales de Ing. Civil I : Diseño avanzado de estructuras de	TORSION.
OP06	06	22	Temas Especiales de Ing. Civil I : Diseño avanzado de estructuras de	LA COLUMNA AISLADA
OP06	07	22	Temas Especiales de Ing. Civil I : Diseño avanzado de estructuras de	PANDEO LATERAL DE VIGAS.
OP07	01	22	Temas Especiales de Ing. Civil I : Teoría de los elementos finitos.	PRINCIPALES PROPIEDADES DEL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL.
OP08	02	23	Temas Especiales de Ing. Civil I : Ingeniería sísmica.	RIESGO SISMICO
OP08	03	23	Temas Especiales de Ing. Civil I : Ingeniería sísmica.	DINAMICA ESTRUCTURAL
OP08	04	23	Temas Especiales de Ing. Civil I : Ingeniería sísmica.	CRITERIOS DE DISEÑO

Temas sin un solo subtema en la base

Figura 8.5.2 Forma del sistema de información: presentación de resultados 5.

8.6 OPERACIONES INTERNAS DEL SISTEMA DE INFORMACION.

La convivencia de los distintos programas de terceros que intervienen en el sistema de información que nos ocupa, esto es: el manejador de base de datos Paradox y el optimizador APP de LINDO, cuya interface la realiza Visual Basic de Microsoft, requiere la homogenización de la información.

8.6.1 ANÁLISIS DE LA ÚLTIMA OPTIMIZACIÓN.

La ficha de resultados se actualiza convirtiendo el archivo de texto producto de la optimización en una tabla de la base de datos relacional Paradox.

Con esta tabla, denominada "Resutado", se van realizando las consultas necesarias para identificar a los distintos grupos de registros, mismos que son plasmados en otras tablas "hijas".

Cada una de estas tablas hija es integrada a un modelo de datos correspondiente a una forma o ficha. En este modelo de datos participa regularmente la tabla PROCED.db la cual constituye el catálogo de los procedimientos para la aplicación en turno: revisión de la currícula del plan de estudios de la carrera de ingeniero civil; en este caso el nivel de detalle es asignatura_tema_subtema.

La tercera gran tarea que realiza este software es precisamente aportar elementos para el diagnóstico, fin de la Cruz Maltesa.

Una forma o ficha o pantalla alberga todas las posibilidades de mostrar los resultados de la optimización. En esta forma se tienen varios elementos además de los botones: en la parte izquierda una máscara con los datos de un procedimiento de procesamiento a la información, precisamente de aquel cuya clave se enfoca en un elemento de tabla, localizado en el centro de la forma; un grupo de botones en la derecha que seleccionan de una base de datos, las claves de la corrida de la última optimización, aquellas claves de

procedimientos de procesamiento a la información que se confirman en la Cruz Maltesa y aquellas que la optimización misma sugiere eliminar.

8.6.2 LA CONVERSIÓN DEL ARCHIVO TXT DE RESULTADOS EN UNA BASE DATOS.

Si se considera que la fase de optimización creó previamente un archivo de texto con los resultados, ahora en esta etapa de interpretación se inicia el proceso convirtiendo este archivo *.txt en una tabla de la base de datos denominada: Resultados.db.

Para ello en la parte izquierda superior de la forma se tiene un botón con la leyenda Construir Base de Datos. Este botón advierte previamente sobre la necesidad de conservar las corridas de la optimización existentes o borrarlas antes de proceder a la conversión. El discriminante de las corridas de optimización es la hora en que se hicieron estas (hora tomada de la computadora misma en que se hizo la optimización).

En ocasiones puede ser conveniente tener en la base de datos varias corridas, para efectos de comparar resultados bajo diferentes condiciones. Así, inicialmente al oprimir este botón aparte de realizarse este proceso también aparecerá un campo con el número total de registros en la base de datos; véase el color verde que caracteriza al total.

Las claves de los procedimientos de procesamiento a la información correspondientes aparecen en un marco de tabla de uso general para la ficha; si son todos los registros de la base de datos el encabezado del marco tomará también el color verde. El formulario de la izquierda de la forma, contiene para cada clave de procedimientos de procesamiento a la información su especificación relativa al Plan de Estudios sobre asignatura, tema y subtema.

REFERENCIAS AL CAPITULO 8.

Checkland P.B. and Scholes, J. (1990), *Soft Systems Methodology in Action*, John Wiley, Chichester.

Checkland P.B., 1981, *Systems Thinking Systems Practice*, John Wiley, Chichester.

Hoffman K, Padberg M, Set Covering, Packing and Partitioning Problems, http://iris.gmu.edu/~khoffman/papers/set_covering.html, 1993

LINDO API, *User's Manual*, LINDO Systems, Inc.

Borland International, Inc (1992), *ObjectPAL Reference*, Paradox for Windows. CA, USA.

Wilson B., (1980), The Maltese Cross- A Tool for Information Systems Analysis and Design, *Journal of Applied Systems Analysis*, Vol. 7.

Wilson B., *Systems: Concepts, Methodologies and Applications*, 1983, John Wiley and Sons Ltd.

Wilson B., *Soft Systems Methodology: Conceptual Model Building and Its Contribution*, 2002, John Wiley and Sons Ltd.

INDICE DE SIGLAS AL CAPITULO 8

SIGLA	DEL INGLES	ESPAÑOL
MC	Maltese Cross	Cruz Maltesa
DBMS	Database Management System	Sistema Manejador de Bases de Datos
SSM	Sof Systems Methodology	Metodología de Sistemas Suaves
PC	Personal Computer	Computadora Personal
API	Application Programming Interface	Interfaz para Aplicación de Programación
LINDO	LINDO Systems, Inc.	LINDO Systems, Inc.
MPS	Mathematical Computer Programming System	Sistema Computacional de Programación Matemática
IBM	International Business Machine	IBM
CPTM		Modelo de Tarea Primaria Consensuado
IPP		Procedimientos de proceso a la información.

PARTE IV FINAL

CAPITULO 9 CONCLUSIONES

El contenido de esta tesis se resume mostrando en una primera parte, tres capítulos abordando el contexto sistémico que existe alrededor de mi propuesta doctoral: extender el mecanismo de la Cruz Maltesa, adicionando una capacidad de selección por optimización de los procedimientos vigentes, esta propuesta es la parte dos, con dos capítulos; la viabilidad práctica de mi propuesta la demuestro en una tercer parte conteniendo tres capítulos más, los cuales describen la aplicación que hago al problema "suave" de revisar un plan de estudios de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la UNAM. Finalmente, una cuarta parte se refiere a las conclusiones y recomendaciones derivadas del quehacer implicado en esta investigación.

9.1 EL RESUMEN DE HECHOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Inicio mi investigación doctoral explorando problemáticas en diferentes contextos y en ese proceso descubro, en principio la potencialidad de la Metodología de Sistemas Suaves del autor contemporáneo Peter Checkland, para intervenir en situaciones propias de la Planeación. Asimismo descubro también a otro autor (Brian Wilson), fundador también de la SSM, pero cuyo enfoque estriba en proponer formas de "cómo hacerlo" siendo una de esas formas precisamente el mecanismo de la Cruz Maltesa, elemento fundamental en el campo del análisis de requerimientos de Wilson. Como consecuencia de mi formación como ingeniero, típico practicante de los sistemas duros, me propuse identificar una forma de que la Cruz Maltesa aportara un diagnóstico "formal" y que no solo "sugiriera", esto mediante la conexión de una de las metodologías de los sistemas duros, la optimización, a los sistemas suaves. Este mecanismo de chequeo de requerimientos se logra relacionando elementos de cuatro matrices, tal como Wilson lo propusiera desde 1981 al estudiar la reorganización de la empresa British Airlines.

La problemática que trata de aliviar mi propuesta doctoral es el uso restringido de la Cruz Maltesa, debido a su tamaño e informalidad de resultados. La primera restricción de uso se refiere a la gran cantidad de elementos del problema ya que, cuando es grande es casi imposible aplicar los conceptos propios Cruz Maltesa de manera visual y efectiva. La segunda restricción que es consecuencia de la primera, se refiere al modo visual de comparar para la selección de los procedimientos implicada en las relaciones matriciales de la Cruz maltesa.

Una solución a la problemática restrictiva del tamaño la logro introduciendo un manejador relacional de bases de datos, lo cual me permite controlar y sincronizar el despliegue de cualquier elemento que estuviera en alguna de las cuatro matrices de la Cruz Maltesa.

En la segunda problemática, la informalidad para establecer un diagnóstico categórico en la selección de los procedimientos, la resuelvo a través de incorporar un sistema de tecnología dura, la programación matemática concretamente, utilizando el modelo de Cobertura de la optimización entera binaria.

Ante la posibilidad del lógico cuestionamiento de que esta propuesta resultara prácticamente infactible, esto es, con el fin de demostrar la viabilidad de conjuntar el modelo de optimización binaria de Cobertura con los conceptos informales de la SSM, decido ensayarla propuesta en un viejo problema complejo del ámbito académico: revisar los requerimientos curriculares de un plan de estudios.

Esto me llevó en la investigación, a implementar diversas actividades metodológicas para ese problema: los Sistemas Suaves, el Análisis de Requerimientos y la Cruz Maltesa como marco de referencia más inmediato para aplicar la optimización y a interpretar los resultados.

En esto destaco las actividades de diseño y construcción de un software que me permitiera manejar un problema de requerimientos, grande en cuanto al número de elementos y relaciones entre ellos.

9.2 LAS APORTACIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

La primera aportación es la idea de revitalizar el uso del mecanismo matricial de diagnóstico denominado Cruz Maltesa a través de:

Estructurar el contenido la Cruz Maltesa en un programa de optimización para por un lado explicitar su diagnóstico expresado y por otro, abordar problemas más grandes con este mecanismo de ingeniería de requerimientos.

Automatizar el manejo de la información contenida en una Cruz Maltesa, haciendo uso de bases de datos relacionales a través de un manejador que estructure la interacción entre actividades conceptuales y procedimientos de proceso a la información a través de categorías de información de las entradas y salidas de ambos.

La segunda aportación es tratar al problema de revisión del plan de estudios de una carrera profesional con un enfoque de sistemas. Este hecho por si solo le da al problema una nueva perspectiva, independientemente de sub- enfoque que se aplique.

En mi caso, la innovación consiste en un unir mi propuesta conceptual de una Extensión Optimizante a la Cruz Maltesa de la Metodología de Wilson con un problema académico-social de revisión del plan de estudios de una carrera profesional.

9.3 LAS REFLEXIONES EN LA INVESTIGACIÓN

Mis reflexiones en el trabajo de investigación versan acerca de la selección del tema, ya que considero que tuve toda la libertad para elegirlo y que en ello influyeron factores internos a mi persona como del contexto.

En el fuero interno, el hecho de haber intervenido como analista en una gran cantidad de proyectos de planeación en mi vida profesional, casi todos ligados con la infraestructura física, y de seguir considerando insatisfactoria a la metodología de la planeación, por parecerme solo el llenado de un formulario y por la necesidad de llegar a aceptar, sin una relación de causa a efecto, el dictado de una solución por terceras personas; me llevó a que

me deslumbrara la Metodología de Sistemas Suaves, porque permite ir construyendo un proceso lógico y justificado para alcanzar un plan de acción.

En este sentido, debo hacer un reconocimiento a uno de mis profesores, el Dr. Felipe Ochoa Rosso, que a principios de los años setentas ya nos enseñaba una metodología para enfrentar problemas; esto sucedía casi 6 años antes que apareciera el primer libro de Peter Checkland "Pensamiento de Sistemas Práctica de Sistemas".

9.4 LAS CONTRIBUCIONES AL CONOCIMIENTO.

Aquellas que puedo perfilar, giran en torno a lo siguiente:

Una extensión metodológica al mecanismo gráfico de comparación denominado Cruz Maltesa, incorporando la optimización en la selección de los procedimientos en problemas de planeación donde el aspecto análisis de requerimientos sea central.

De manera indirecta y dependientes de la contribución central, se encuentran las siguientes contribuciones:

En el aspecto práctico, un nuevo enfoque para abordar el problema de revisar los requerimientos de un plan de estudios de una carrera profesional.

Una mayor formalidad en la SSM en el marco del análisis de Requerimientos y del proceso de auditoría gráfica en el modelo de la Cruz Maltesa.

Un desarrollo mayor del análisis de Requerimientos de Wilson a través de un mecanismo de planeación como es la Cruz Maltesa.

Mirando en más detalle cada uno de las áreas de la tesis, las contribuciones pueden especificarse como sigue:

Para la Metodología de Sistemas Suaves, la tesis

- desarrolla extensión a la teoría explícita del análisis de requerimientos que no es dependiente en el modelo del ciclo de vida de los sistemas duros.
- desarrolla una manera más estratégica del pensamiento metodológico en la Cruz Maltesa, qué es más apropiado que la solución mental para diagnosticar.
- desarrolla el modelado de la optimización como una técnica confiable para alcanzar una solución posible.
- fortalece el marco del análisis de requerimientos de Wilson incorporando una bien formulada utilización de la Cruz Maltesa. Para el análisis de requerimientos, la tesis clarifica el papel de la Cruz Maltesa en el Modelo Conceptual.
- adapta la estructuración de la Cruz Maltesa a la automatización, lo que ofrece un modelo operativo para desplegar la teoría en problemas más amplios.

Para el problema de la revisión de un plan de estudios, la tesis

- demuestra el uso de teoría general de Sistemas en la investigación de acción correspondiente.
- demuestra la validez de un modelo combinado de sistemas suaves y sistemas duros de investigación de acción.

Finalmente, para el desarrollo de sistemas duros, la tesis

- desarrolla un método de investigación de acción para enfocar los elementos sociales en un problema de optimización.

9.5 LAS LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

La limitación mayor de la investigación consistió en la poca confianza que inspira el desarrollo de los estudios de sistemas suaves. En México los estudiosos de los sistemas, ingenieros, se formaron en el tiempo en que solo existía el lenguaje de los modelos matemáticos. Si una tesis no trae su sustento principal basado en ecuaciones, es desconfiable su validez.

Una de las limitaciones es la falta de proyectos que se desarrollen con la Metodología de Sistemas Suaves, no existen referencias. Todos están de acuerdo en la necesidad de la metodología, pero nadie la práctica.

En cuanto a la aplicación, en el seno de los grupos de trabajo no existe un reconocimiento a aquellos de sus miembros en los cuales reside una preparación sistémica o de planeación. Todos podemos debatir por igual, todos podemos conducir el proceso. No importa si partimos de una metodología primitiva, no importa si avanzamos por un camino herrado, ¿por qué no hacerle caso al especialista en Planeación? : debe saber hacer su trabajo.

9.6 LAS REFLEXIONES METODOLÓGICAS.

LAS REFLEXIONES EMPÍRICAS.

Una de mis reflexiones metodológicas involucró las diferencias evidentes entre el trabajo de Checkland y Wilson, en particular el uso de uno o varios Modelos Conceptuales. Por un lado Checkland recomienda un trabajo con una visión más abierta, de exploración de diferentes definiciones raíz; Wilson por su parte nos trata de conducir por un solo modelo conceptual, un camino con más seguridad para alcanzar un plan de acción. Esta tesis guarda una posición más sesgada hacia la visión de Wilson, no podemos olvidar que la visión de la Cruz Maltesa es de su autoría.

En este sentido, debe quedar claro que mi investigación versó sobre aquella parte de la metodología de sistemas suaves donde ya se han separado las visiones de Peter Checkland y Brian Wilson. No cabe la aplicación de la Cruz Maltesa en la Metodología de Sistemas Suaves de Checkland.

LAS REFLEXIONES TEÓRICAS

El proyecto fue largo y complejo. Al final del proyecto, este alumno casi consideraba la intervención un fracaso, como muchos otros al no alcanzar completamente los objetivos iniciales. El análisis y reflexión del proyecto, particularmente sobre la combinación de sistemas suaves con duros, activó una reflexión de la práctica:

Considero que siempre ha existido la combinación de sistemas suaves con duros, incluso hasta en los primeros años del enfoque de sistemas, ya que para aplicar cualquier método de sistemas duros se hubo de requerir previamente emplear la Metodología de Sistemas

Suaves: ¿Qué voy a optimizar y por qué?. Esto no se reconoce, aun por los autores mencionados Checkland y Wilson, ellos entienden que los sistemas duros pueden auxiliar a los suaves pero no al revés; Ackoff por su parte, en uno de sus manifiestos llega a admitir, al menos como yo lo interpreto, que los duros ya no son suficientes y es necesario voltear a ver a los sistemas suaves.

9.7 LA PROPUESTA PARA TRABAJOS FUTUROS.

El vehículo adoptado para puentear los conceptos teóricos, suaves y duros, ha cumplido a su propósito en esta tesis. Sin embargo, como todos los conceptos poco especificados sirve probablemente también para confundir.

En relación a la revisión del plan de estudios de una carrera profesional, el hecho de existir una herramienta para su realización, presupone que también existirá una facilidad para revisar más continuamente los contenidos curriculares. Este software- herramienta servirá para auditar los planes de estudio y por lo tanto para ajustar sus contenidos a la evolución de la realidad nacional. En este sentido la investigación arroja una propuesta para que de manera dinámica hacer revisión del plan de estudios de una carrera profesional. Se aplican así aquellos conceptos que dieron motivo a la aparición del artículo de Brian Wilson en 1981 proponiendo el uso de la Cruz Maltesa.