

N° 8 - 2005

tekhne

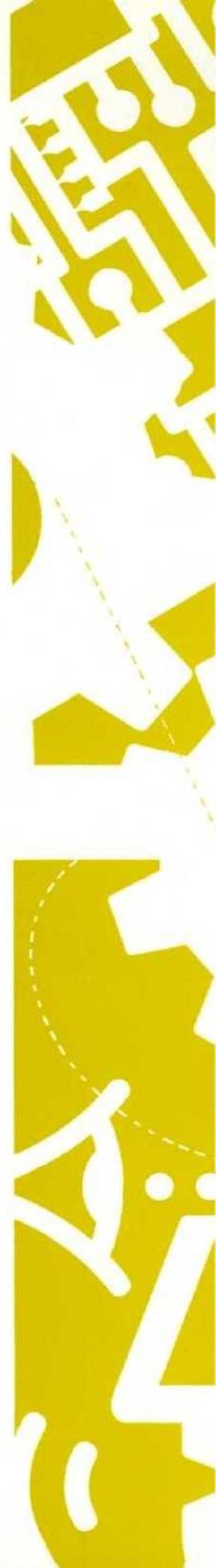
Revista de la Facultad de Ingeniería



Universidad Católica Andrés Bello



Caracas, Venezuela



Rector

Luis Ugalde, S.J.

Vicerrectora Académica

Myriam López de Valdivieso

Vicerrector Administrativo

Lorenzo Caldentey

Secretario

Gustavo Sucre, S.J.

Director de la Revista

Ing. Rafael Hernández S.

Decano de la Facultad

Jefe de Redacción

Ing. Alonso Pérez Luciani

Consejo Editorial

Ing. Rafael Hernández S.

Ing. Lorenzo Caldentey

Lic. Emilio Piriz Pérez

Ing. Alonso Pérez Luciani

Ing. José Ochoa

Ing. Vicente Napolitano

Ing. Lourdes Ortiz

Lic. Milagros Boschetti

Ing. Wickard Miralles

Ing. Diego Casañas

Ing. Raiza Reyes

Ing. Nelson Belardi

Lic. Roberto Escolar

Ing. José Manuel Ríos, S.J.

Coordinador

Ing. Alonso Pérez Luciani

Bach. Nehomar Sánchez Ramírez

Producción

Publicaciones UCAB

Diseño y Composición

Publicaciones UCAB

Diagramación

Alexandra Loginow

Impresión

Editorial Texto

Diseño de Portada

Jhon Bruzual

Foto de la portada

E. Piriz Pérez

Depósito legal

Pp 97-0007

ISSN: 1316-3930

<http://www.ucab.edu.ve/ingenieria/publicaciones/tekhne.htm>

E-mail: rahernan@ucab.edu.ve



PUBLICACIONES UCAB

Edificio de Biblioteca, tercer piso

Montalbán - La Vega

Apartado 20.332

Caracas 1020 - Venezuela

Tel: 407.42.08

Fax: 407.43.51

Editorial.....3

ESTUDIOS

1. Gestión de Conocimiento Tácito presente en la UCAB y en AUSJAL
Ortiz Sosa Lourdes5
2. Diseño Experimental para ingenieros civiles.
Ing. Bonilla Guillermo17
3. Transformaciones entre Flips y Flops "D_JK_T".
Ing. Uribe Luis23
4. Continuación de la Máquina de Carlos Aguerreverre.
Ing. Carlos Aguerreverre30
5. Mouse para minusválidos.
Fazzino Michelangelo y Sanchez Oswell46
6. El Indicador de Seguridad en Construcción ISC.
Ramón Rafael y Bujanda Juan55
7. Modelo de Operación del CIDI-UCAB basado en la Gerencia del Conocimiento y soportado en la Tecnología de la Información.
Contreras Axel y Chang Daniel65
8. Redes Neuronales para la carectización de yacimietos: Del Mito a las Aplicaciones Prácticas.
Banchs Rafael88
9. Sistema Autónomo de Desplazamiento en Robots con Reconocimiento de Patrones Geométricos Regulares.
Dos Santos Danny y Peñalver Rafael99
10. Recomendaciones de Diseño para la Construcción de Tablestacas para Refuerzo de Puertos Marítimos.
Méndez Ramírez C. T. y Ruiz Sibaja A.116
11. Desarrollo de un Prototipo Dedicado al Estudio y Reporte de Elementos para el Análisis Grafológico, específicamente la Inclínación de las Letras y el Espacio en Blanco en un Manuscrito.
Goncalves Yolanda, Stekman Iván y Peña Gustavo125
12. Gestión de Conocimiento Tácito en Universidades Jesuitas de América Latina: Modelo para el desarrollo de la Investigación.
Ortiz Sosa Lourdes 133

EDITORIAL

Iniciamos el 2005 con este número de TEKHNE que representa ocho años de continuo esfuerzo y dedicación en la publicación de la revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello. No ha sido fácil el camino, por lo que quiero expresar mis felicitaciones y gracias a todos los profesores e investigadores que han colaborado en sus páginas, así como al equipo de redacción. La constancia, una de las fundamentales características en el ámbito académico, se ha puesto de manifiesto y nos ha brindado año tras año la publicación de esta revista.

Dentro del año académico 2003-2004 se alcanzaron en nuestra Facultad las metas programadas de crecimiento y consolidación de las nuevas carreras y programas. Las escuelas continuaron su desarrollo, analizando los cambios introducidos en los planes de estudios y fijando nuevos retos siempre en pro de la mejor enseñanza y formación de ingenieros. Es importante destacar el acertado nuevo pensum de la Escuela de Ingeniería Industrial, las modificaciones en la Escuela de Ingeniería Informática y la continuidad del programa de Telecomunicaciones.

Dentro de esta octava edición se muestran nuevas ventanas, que en materia de informática y telecomunicaciones abren nuevos horizontes para nuestros profesores y estudiantes. Las investigaciones y trabajos docentes en estas áreas apuntalan las ya veteranas en ingeniería civil e industrial.

La gestión del conocimiento, diseños experimentales en ingeniería civil, redes neuronales y sistemas autónomos de navegación en robots, son algunos de los temas que han abordado nuestros colaboradores. Mención especial a los trabajos de grado de nuestros nuevos ingenieros que al ser calificados con la mención publicación aparecen en la revista.

La imagen de la portada consolida la reciente inauguración del edificio cincuentenario, símbolo palpable de nuestros cincuenta años como institución, que servirá de ejemplo a las nuevas generaciones de profesores y alumnos de cómo alcanzar las metas y que cosas pueden alcanzarse cuando nos dedicamos con ahínco a un logro.

Como siempre el agradecimiento de la Facultad a todos los que con su esfuerzo mantienen esta revista en especial a los diversos autores, personal de redacción, consejo editorial y a la dirección de publicaciones. De nuevo nuestra invitación a participar en esta palestra de la difusión de la ingeniería en Venezuela



GESTIÓN DE CONOCIMIENTO TÁCITO PRESENTE EN LA UCAB Y EN AUSJAL

Resumen

Como parte de la investigación titulada "Gestión de Conocimiento Tácito en Universidades Jesuitas de América Latina: Modelo para el desarrollo de la investigación", se desarrolló un estudio de campo referencial en el ámbito de la UCAB con su consecuente proyección a AUSJAL, dicho estudio puede ser visto como una investigación independiente y es reportada en este documento. El objetivo fundamental de este proyecto es el estudio de la presencia de iniciativas de Gestión de Conocimiento en la UCAB y en AUSJAL, para ello se formularon preguntas que constituyeran una guía, para el análisis del caso y la búsqueda de información en campo; se definió un modelo de análisis de iniciativas de Gestión de Conocimiento en Universidades y posteriormente se respondieron las preguntas planteadas, a través del estudio de campo y con el modelo de análisis propuesto. Entre los resultados más relevantes de esta investigación se encuentra el modelo propuesto para el análisis y la respuesta encontrada a cada una de las preguntas formuladas, siendo la conclusión más relevante la presencia de iniciativas de Gestión de Conocimiento identificadas de diversas formas, las cuales pudieran ser reconocidas como proyectos de Gestión de Conocimiento y potenciadas a través del uso sistemático de los modelos propios de la Gestión de Conocimiento y del caso del Conocimiento Tácito en particular.

■ Lourdes Maritza Ortiz Sosa

lortiz@ucab.edu.ve
Universidad Católica Andrés Bello
Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería(CIDI)

Universidad Politécnica de Madrid
Grupo de Investigación Organizativa (GIO)

Palabras Clave: Gestión de Conocimiento,
Universidad.

1. Reflexiones preliminares

La búsqueda del conocimiento tácito en la UCAB y en forma más extendida en AUSJAL, se ve afectado por las características particulares de este tipo de conocimiento, en consecuencia, como premisa para dicha búsqueda se plantearon las siguientes aspectos:

- El conocimiento se ve claramente afectado por el contexto, formando parte de él y en tal sentido, no bastará estudiar este conocimiento como una forma de activo de la organización, herencia, tradición o cultura.
- El Conocimiento Tácito deberá estudiarse en un enfoque sistémico que incluya estos y otros elementos que representan parte constituyente del mismo.
- De todas estas formas de conocimiento tácito, vale destacar que la debilidad inherente en el reporte de su existencia radica en la vulnerabilidad de convertirlo en una forma de expresión de conocimiento explícito, no menos importante, pero si ajeno a este estudio.

En virtud de estas reflexiones se ha intentado definir una forma de clasificación de este tipo de conocimiento en el contexto de estudio de este proyecto, respondiendo a las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuáles son las características más específicas del contexto en el cual se desarrolla el proyecto, las cuales podrían ser consideradas parte del conocimiento tácito?
2. ¿Qué tipo de conocimiento tácito podría existir en estas instituciones?
3. ¿Qué ejemplos de conocimiento tácito podrían reportarse como existentes en estas instituciones?
4. ¿Qué proyectos se han desarrollado en Materia de Gestión de Conocimiento Tácito en estas instituciones?
5. ¿Qué proyectos de Gestión de Conocimiento Tácito podrían desarrollarse en los próximos meses? ¿Qué características de contenido y tiempo tiene estos proyectos?
6. ¿Qué aportes podrían brindar la Tecnología de Información y Comunicación en el desarrollo de proyectos de Gestión de Conocimiento Tácito en la UCAB y AUSJAL?

En las siguientes secciones se dará un espacio al desarrollo de estas interrogantes.

Una nota importante previa al desarrollo de este documento es considerar que el acceso al conocimiento tácito y su gestión ofrece dificultades particulares por su estrecha relación con la naturaleza de los individuos de donde debe ser extraído, debido a ello, esta investigación ha basado la búsqueda de información en procesos de observación y cadenas de entrevistas, lo cual pudiera dejar por alto algunos hallazgos, sin embargo, vale destacar que esta investigación constituye un estudio previo que pretende evaluar la factibilidad y otros detalles relevantes para el desarrollo de uno o varios futuros proyectos.

2. ¿Cuáles son las características más específicas del contexto en el cual se desarrolla este proyecto, las cuales podrían ser consideradas parte del conocimiento tácito?

Para los efectos de esta pregunta, se determinó un contexto condicionado por:

2.1. Las condiciones que mundialmente caracterizan la misión de las instituciones universitarias, dejando un espacio particular para las características de las universidades de AUSJAL.

Las instituciones universitarias tienen una misión general que incluyen tres elementos fundamentales, de acuerdo a Kast y Rosenzweig (1993); la generación de conocimiento en las disciplinas profesionales en las cuales cumple una labor formadora, la difusión de conocimiento en las especialidades que maneja y la labor social comprometida con el contexto en el cual se desenvuelve. En este sentido las universidades que forman parte de AUSJAL se caracterizan por un énfasis en la difusión de conocimiento y una extendida labor social, sin pasar por alto la labor investigadora aún cuando no sea la actividad de mayor relevancia.

Adicional a los elementos de misión expresados, en estudios sobre posibles tipologías de las universidades (CNU, SEA, OPSU, 2002) se ha encontrado lo siguiente:

PAIS	TIPOLOGÍA DE UNIVERSIDADES
Alemania	<p>En Alemania hay <u>dos tipos de Universidades que varían fundamentalmente en el tipo de enseñanza que desarrollan y en el tipo de investigación que llevan a cabo</u>: las Universidades Clásicas con una enseñanza más teórica y con la tarea de realizar investigaciones básicas y las Universidades de Estudios Aplicados o de Ciencias Aplicadas, Fachhochulen (FH) con enseñanza más práctica y con la misión de realizar investigaciones aplicadas y proyectos de desarrollo.</p> <p>Ambos tipos de institución tienen la misma valoración en Alemania, pero tienen diferentes ofertas de estudios y títulos. El Título de Doctor sólo es ofrecido en la Universidad Clásica; mientras que los FH ofrecen títulos en 15 diferentes especialidades que habilitan para ejercer una profesión. Los diplomados de las FH tienen que continuar sus estudios en una Universidad clásica si desean obtener un grado académico superior.</p> <p>El número y tamaño de las instituciones es distinto. Hay 113 Universidades Clásicas con (1998) un millón y medio de estudiantes; 117 FH con aproximadamente 400.000 estudiantes, algunas con 20.000 estudiantes, pero la mayoría tienen entre 1000 y 5000 estudiantes y forman la mitad o la mayoría de todos los graduados en Alemania.</p>
Brasil	<p>El cuadro o clasificación de las instituciones superiores actual es:</p> <ul style="list-style-type: none"> Universidades: Federales, Particulares, Pluridisciplinarias y Asociadas Universidades Especializadas Centros Universitarios Facultades Integradas Institutos Superiores o Escuelas Superior <p>Un elemento importante es la consideración del equilibrio entre enseñanza e investigación en las diversas instituciones. Se procura que la Universidad no sea una mera transmisión de conocimientos, pero tampoco una cantidad de investigaciones que ocupe el tiempo de todos los profesores.</p>
Chile	<p>En Chile las Universidades se clasifican en dos grandes grupos: las de investigación y las docentes.</p> <p>El primer grupo fue subdividido según el número de áreas del conocimiento que imparten y se utilizó para diferenciarlas la Clasificación Internacional Normalizada de Educación (CINE) de la UNESCO que distingue ocho áreas. Entre ellas no se incluyeron las carreras validadas por el Consejo Superior de Educación.</p> <p>Los criterios empleados para clasificar una Universidad en alguno de los dos grupos son:</p> <p>UNIVERSIDADES DOCENTES: Universidades docentes con seis áreas del conocimiento, Universidades docentes con cinco áreas del conocimiento, Universidades docentes con cuatro o menos áreas del conocimiento, Universidades docentes especializadas.</p> <p>UNIVERSIDADES DE INVESTIGACIÓN: Poseen un fuerte compromiso con la generación de conocimiento avanzado. En tal sentido son instituciones de carácter nacional, independiente de su localización geográfica. Ofrecen programas y carreras de pregrado en diversas áreas del conocimiento. Cuentan al menos con tres programas de doctorados, habiendo la universidad graduado un mínimo de 10 estudiantes en los últimos tres años, o tienen una fracción igual o superior al 15 % de matrícula en maestrías y doctorados respecto a la matrícula de pregrado. Desarrollan en promedio anual más de 30 proyectos financiados por el sistema nacional de investigación (Fondecyt, Fondef, Milenio, Fondap, Fontec, FIA) y otros fondos. Poseen un componente de proyección internacional a través de las publicaciones de sus investigadores, que se expresa en al menos 100 artículos anuales en revistas de corriente principal. Sus actividades de investigación aseguran una docencia de pregrado actualizada y de calidad. En síntesis Chile posee una Tipología que es definida como una categorización que permite dos puntos de diferenciación: áreas del conocimiento que atiende y el grado de compromiso con la investigación.</p>
España	<p>Se considera que la tradicional clasificación de las universidades españolas en públicas y privadas debe orientar la implementación de sus planes en un concepto moderno de desarrollo que considera la calidad universitaria como un concepto relativo y multidireccional en relación a los objetivos y actores del sistema universitario.</p> <p>Como consecuencia de lo anterior, España ha establecido una relación entre la tradicional clasificación de las Universidades, el desarrollo del Plan Nacional de la Calidad de las Universidades y la evaluación que evidencie esa calidad.</p> <p>En síntesis, la clasificación tradicional española, se enriquece con la propuesta que parte de la variabilidad de la calidad en las diferentes instituciones y programas, se estimularía la diferenciación (competitividad) y se aplicaría una financiación selectiva. En consecuencia, podrían darse juicios comparativos sobre la calidad de programas e instituciones.</p> <p>Se aprecia formando parte y como punto de partida del Plan Nacional de la Calidad de las Universidades y del Plan Nacional de Evaluación de la Calidad de las Universidades, lo cual es una singularidad, no por sus características, sino por esa relación lógica que revela, conjuntamente con la consideración de la calidad como eje de esos procesos, una política integrada de planificación y evaluación.</p>

PAIS	TIPOLOGIA DE UNIVERSIDADES
<p>Estados Unidos de Norteamérica</p>	<p>La tipología que se presenta es una de las clasificaciones más conocidas e incluye elementos de carácter conceptual (categorías definidas antes del proceso de clasificación) y criterios de calidad. La desarrolla The Carnagie Foundation for Advancement of Teaching y fue publicada el 1973, perfeccionándose hasta el punto de constituir el sistema de referencia más usado en los Estados Unidos de Norteamérica.</p> <p>Según esa organización, de carácter privado, las universidades se clasifican así:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Universidades de Investigación I: ofrece una amplia gama de programa de licenciatura y programas de post grado en el nivel de doctorado (50 o más graduados anuales) y dan prioridad a la investigación (40 o más millones de dólares) 2.- Universidades de Investigación II: igual a la anterior pero reciben entre 18.5 y 40 millones de dólares anuales de subsidio federal. Produce 50 o más grados de doctor cada año. 3.- Universidades Doctorales I: igual a la anterior pero con 40 o más doctores en 5 o más disciplinas. Estudios de áreas pero sin énfasis en investigación. 4.- Universidades Doctorales II: igual a la 3, pero por lo menos 10 programas de doctorado al año 5.- Universidades de Maestría y Colleges I: licenciatura y programas de postgrado en el nivel de maestría, otorgan por lo menos 40 grados de maestrías en 2 o más disciplinas, al año. 6.- Universidades de Maestría y Colleges II: igual al 5 pero con por lo menos 20 postgrados de maestría en 1 o más disciplinas. 7.- Colleges de Licenciatura y Artes Liberales I: son fundamentalmente de pre-grado con énfasis en Licenciatura. Titulan al 40% o más de los estudiantes de Licenciatura en los campos de las Artes Liberales y son selectivos en su admisión. 8.- Colleges de Licenciatura en Artes Liberales II: igual al 7, pero titulan menos de 40% de los estudiantes de Licenciatura en Artes Liberales. Pocos selectivos en la admisión. 9.- Asociaciones de Colleges de Artes: instituciones que ofrecen programas para obtener certificados y grados en artes, con pocas excepciones no ofrecen grado o título. 10.- Instituciones Especializadas: instituciones que ofrecen grado o título que van desde Licenciatura hasta el Doctorado. Al menos el 50% de los grados otorgados pertenecen a una disciplina, son: Seminarios Teológicos, Colegios Bíblicos y otros que dan grado en religión, Escuelas o Centros Médicos: grados profesionales en medicina Otras Escuelas Profesionales de Salud: Enfermería, Farmacia, etc. Escuelas de Ingeniería y Tecnología: carreras casi exclusivamente técnicas Escuelas de Negocios y Dirección: campo de los negocios Escuelas de Arte, Música y Diseño: Arquitectura, etc. Escuelas de Leyes: grado en leyes Colleges de Educación: niveles superiores en educación o en campos relacionados. <p>Existen tipologías probadas con fines de evaluación y acreditación. Su objetivo no es mejorar sino certificar. Es realizada por una entidad privada, lo cual es una característica singular y utiliza como criterios generales la misión (qué hacen, investigación, etc.) número de títulos otorgados en doctorados y maestría (anual), en cuántas disciplinas otorgan esos títulos y cuánto reciben del subsidio federal.</p>
<p>Francia</p>	<p>La organización de la educación francesa actual data del año 1984 cuando a través de una ley se define la reagrupación de la instrucción superior. Esa ley; les dio a las universidades la autonomía que requerían para enfrentar los nuevos retos, al sustituir o disminuir el sistema tutelar del estado. Esta autonomía fue administrativa, financiera, educativa y científica</p> <p>La reforma recogió la diversidad de instituciones existentes en Francia y la amplitud para el otorgamiento de títulos que podrían considerarse los dos criterios generales de organización de las instituciones de educación superior. Así se plantean dos grandes tipos de instituciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Las Grandes Escuelas: orientadas hacia la práctica profesional, con duración de 3 a 4 años y que incluye escuelas de Ingeniería, Comercio, Medicinas y Escuelas Normales Superiores 2.- Las Universidades: son pluridisciplinarias, con unidades de formación a investigación y tienen algunos objetivos comunes. Pueden reagrupar institutos y las escuelas creadas por decreto, así como las secciones, laboratorios y centros de investigación creados por el cuadro de actividades de las Universidades. <p>Consideran la educación superior en tres ciclos:</p> <p>Primer Ciclo: DEUG dura dos años y otorga título de Estudios Universitarios Generales</p> <p>Segundo Ciclo: Licencia (1 año), Maestría (2 años)</p> <p>Tercer Ciclo: DESS Diploma de estudios Superior Especial (1 año)</p> <p>DEA: Diploma de Estudios a Profundidad</p> <p>DN: Diploma de Universidad (1 año)</p> <p>DIEJ: Diploma de Instituto de Estudios Jurídicos</p> <p>DIAE: Diploma de Instituto de Estudios políticos</p> <p>Doctorado: 2 a 4 años</p>

PAIS	TIPOLOGIA DE UNIVERSIDADES
	<p>En síntesis Francia ha venido actualizando y reglamentando la clasificación oficial que existe desde 1984 con un Sistema que privilegia la autonomía, la diversidad y la amplitud en el otorgamiento de títulos. Se han actualizado los currícula y se ha profesionalizado las acreditaciones universitarias a todos los niveles. Se pasó de un "Sistema de disciplinas exclusivas y tradicionales a un sistema de cursos disciplinarios en muchas áreas".</p> <p>Por ley, todos los bachilleres franceses pueden ingresar, sin ningún tipo de examen, a las universidades, lo cual ha generado una falta de adecuación entre la demanda social y la capacidad física de las universidades.</p> <p>La función principal es la certificación de los estudios y en consecuencia orienta la evaluación institucional.</p>
México	<p>La tipología mexicana es un producto del esfuerzo de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior que culminó con su aprobación en la XXIX Sesión Ordinaria de la asamblea en 1998.</p> <p>Ha desarrollado una tipología que responde a la diversidad presente en las 1259 instituciones que existen en el país. Ese alto grado de diversidad lo motivan dos tipos de factores.</p> <p>1. Factores de Carácter Normativo y de Organización Institucional</p> <p>a.- Diferente situación jurídica</p> <ul style="list-style-type: none"> -Pública-Particular -Autónoma-No Autónoma -Federal-Estatal -etc. <p>b.- La naturaleza de la Institución: expresada en su razón social- Universidades, Institutos Tecnológicos, de Educación Normal, etc.</p> <p>c.- La oferta educativa: de amplio o reducido espectro</p> <p>d.- El nivel de los programas que conforman la oferta educativa: de educación media superior y licenciatura, exclusivamente licenciatura, licenciatura y postgrado, exclusivamente postgrado</p> <p>e.- La forma de organización académica: facultades, departamentalizada, matricial, en campus o unidades, etc.</p> <p>f.- El tamaño de la matrícula</p> <p>2.- Factores concernientes a múltiples elementos internos y externos del desarrollo institucional (autoridades, académicas, estudiantes, recursos económicos disponibles y las características del entorno social, político y económico de la entidad)</p> <p>De los materiales analizados, la Tipología que se trabaja en México fue la que mejor respondió a las preguntas básicas de la Guía utilizada para recabar y analizar la información, con respuestas, completas y específicas, como en el caso de los objetivos de tipología, por lo cual se presenta una síntesis para cada una de las seis preguntas de investigación.</p>
Reino Unido	<p>Las instituciones de educación superior se clasifican esencialmente por su antigüedad, sin embargo, en los últimos tiempos el esfuerzo se ha dirigido a jerarquizar las universidades y sus instituciones educativas con base en criterios de calidad, lo que facilitará la evaluación institucional.</p> <p>Las universidades británicas se clasifican en nueve categorías:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Las dos universidades más antiguas (Oxford y Cambridge). 2.- Las universidades escocesas. 3.- Las universidades de Londres y Gales. 4.- Las universidades modernas y cívicas. 5.- Las nuevas universidades. 6.- Las diez nuevas universidades tecnológicas. 7.- La universidad abierta. 8.- Los antiguos politécnicos a los cuales se les dio el estatus de universidad, a través del Acta de Educación Superior de 1992
Venezuela	<p>La tipología de las universidades venezolanas está en desarrollo, habiendo en la actualidad una única distinción como universidades públicas (oficiales) y privadas, los intentos de definición de una tipología han llevado a las siguientes conclusiones:</p> <p>La tipología no implica una valoración de las instituciones, es sólo una clasificación para adaptar los estándares de calidad a las características de cada grupo.</p> <p>La clasificación de las universidades oficiales se soporta en dos ejes: investigación – profesionalización y tecnología – humanismo.</p> <p>La clasificación de las universidades privadas descansa en dos variables: matrícula y número de postgrados.</p>

Tabla 1. Tipologías de universidades.
Fuente: CNU, SEA, OPSU(2002)

De esta tabla se puede desprender la importancia de estudiar al grupo de universidades AUSJAL y su dedicación actual y posible a la gestión del conocimiento tácito, considerando la propia misión de cada una de estas instituciones y su énfasis en la investigación y labor social como fuentes de generación de conocimiento; su énfasis en la docencia como labor de difusión de conocimiento; la importancia por ellas otorgada a la autofinanciación como fuente de valoración del conocimiento y alternativa de creación y difusión, entre otros factores.

En este sentido, se ha diseñado un modelo de análisis de acciones de Gestión de Conocimiento que permita observar el énfasis de cada universidad y de AUSJAL en general de acuerdo a su tipo de iniciativa de Gestión de Conocimiento (Davenport y Prusak, 1998); el área académica, de investigación o administrativa con la cual se vincula la iniciativa y finalmente el impacto en la misión general expresada por Kast y Rosenzweig (1993) (Ver figura 1: Clasificación de iniciativas de Gestión de Conocimiento en universidades). En esta clasificación se puede observar el énfasis en determinado tipo de proyecto, área universitaria o elemento de misión, a través de áreas rellenas en el cubo, pudiendo diferenciar el tipo de conocimiento que ellas tratan a través de coloraciones sobre el cubo para facilitar la visualización de una posible cuarta dimensión.

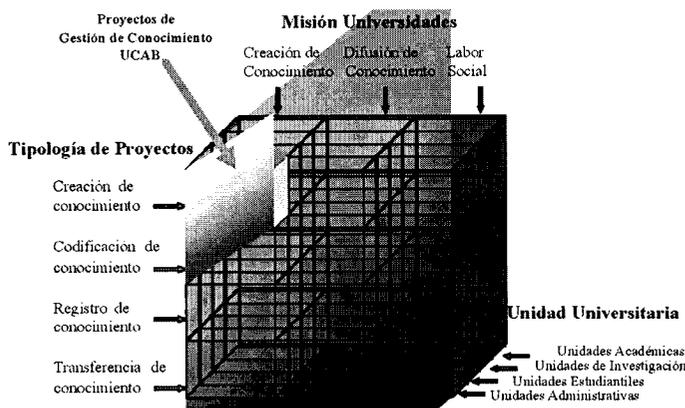


Figura 1: Clasificación de iniciativas de Gestión de Conocimiento en universidades. Fuente: Elaboración propia

En el caso de las universidades de AUSJAL, se sugiere hacer un caso extendido de este modelo fusionando los cubos propios de cada universidad, en un solo cubo corporativo de la asociación, tal como lo muestran la figura 2 (Clasificación e iniciativas de Gestión de Conocimiento en universidades asociadas)

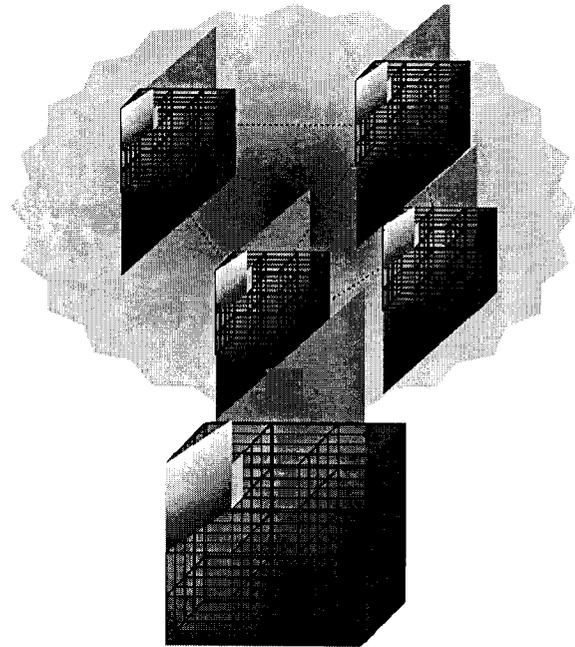


Figura 2: Clasificación e iniciativas de Gestión de Conocimiento en universidades asociadas. Fuente: Elaboración propia.

2. Influencia del medio social, político y económico de la UCAB y de las universidades de AUSJAL

En el entorno social, político y económico de la UCAB y de las universidades de AUSJAL, se halla una fuente inagotable de conocimiento tácito que se ha expresado en momentos específicos de la historia de estos países a través de la respuesta de las universidades a través de docencia, investigación, labor social y apoyo a la solución de problemas nacionales de cada país y donde la referencia a las enseñanzas del pasado de cada nación, de AUSJAL y de la Compañía de Jesús en general han sido determinantes. Esta manifestación de conocimiento, lamentablemente, no resulta fácil de extraer de sus fuentes y con ello llevar a cabo una divulgación apropiada, ya que surge como un saber hacer que se construye de los recuerdos y conocimientos especializados, en respuesta a situaciones específicas, he allí uno de los inconvenientes principales del estudio de este tipo de conocimiento, el cual nos pone ante la pregunta ¿debemos estudiar el conocimiento tácito o su forma de generación?

Estos planteamientos han llevado a las siguientes conclusiones con relación a las posibilidades de esta investigación:

1. Se estudiará la existencia de **conocimiento tácito potencial** por el ámbito de uso o por la madurez del mismo, considerando que este sólo se convertirá en conocimiento tácito propiamente al hacerse conocido incluso por su propio creador, lo cual dará lugar a la posible codificación y transmisión / uso más general.
2. El **conocimiento tácito** que se pueda reportar de forma documentada, ya se encontrará en forma de conocimiento explícito, por lo cual será reportado por su origen tácito más que por su disponibilidad explícita.
3. El **conocimiento tácito emergente**, el que surge de procedimientos reactivos sin conocer la fuente potencial de conocimiento, sólo será tratado a través de sus manifestaciones factibles de codificar, dado el gran potencial imposible de explorar en una perspectiva no psicológica y situacional. Ejemplo de ello es la respuesta de líderes emergentes en situaciones de crisis.

3. *Influencia de la Compañía de Jesús en la labor de las universidades de AUSJAL*

La influencia de la Compañía de Jesús es determinante en la labor de las universidades de AUSJAL pues los lineamientos establecidos por el padre mayor de la compañía Peter-Hans Kolvenbach, determina el rumbo de cada universidad y por tanto sus prioridades de proyectos y acciones específicas, es así como para el plan UCAB 2010 y el plan estratégico AUSJAL están coordinados de manera cónsona con los lineamientos de la compañía, por lo que toda acción o proyecto en Gestión de Conocimiento deberá regirse por las prioridades de la compañía sin que ello pretenda limitar las libertades de creación y expresión.

4. *Influencia de la era del conocimiento en AUSJAL*

Dadas las prioridades de AUSJAL de constituirse como red de universidades potenciando a cada institución que la conforma, la era del conocimiento se hace determinante facilitando la creación de conocimiento potenciada a través de las redes de expertos las cuales ya se han iniciado a través de la conformación de redes de homólogos en áreas específicas en lo académico, administrativo y de investigación. Adicionalmente, la valoración acertada del conocimiento abre las puertas a la autofinanciación de las universidades y a la difusión del conocimiento a través de las redes locales de

cada país y las redes extendidas accesibles a través de AUSJAL. Es prioridad de AUSJAL el establecimiento de redes expertas sólidas que potencien el desarrollo de las instituciones y en tal sentido, los proyectos que pudieran iniciarse apuntarían al mejoramiento local y al desarrollo de la asociación a largo plazo, AUSJAL tiene una labor rectora y de enlace, sin afectar la autonomía de cada universidad.

3. ¿Qué tipo de conocimiento tácito podría existir en estas instituciones? Y ¿Qué ejemplos de conocimiento tácito podrían reportarse como existentes en estas instituciones?

Para el estudio del tipo de conocimiento tácito que podría hallarse en las universidades de AUSJAL se ha elaborado la siguiente tabla, tomando como referencia los tipos de conocimiento tácito identificados por diversos autores, producto de una investigación documental previa.

Tipo de Conocimiento Tácito	Fuente de posible existencia del mismo en las universidades de AUS-
<p>Para Gordon(2000), existen dos visiones opuestas del concepto conocimiento; una donde se considera el conocimiento como derivado principalmente del mundo donde vivimos, a través de las experiencias, y otra visión donde se considera que el verdadero conocimiento solo puede ser derivado de la abstracción</p>	<p>El conocimiento producto de experiencias transformado en su forma explícita, se puede hallar en los reportes del saber histórico de las universidades y de AUSJAL propiamente, ejemplo de ello es la documentación que se ha desarrollado sobre principios pedagógicos.</p> <p>El conocimiento producto de experiencias no documentados se hallan en personas expertas que tienen una larga trayectoria en las universidades de la Compañía de Jesús. En el caso de la UCAB, actualmente se han iniciado procesos de transferencia formal de parte de esta experticia ya que por la crítica situación nacional, algunas de estas personas han sido sometidos a procesos de jubilación que obligan a buscar soluciones para no perder el conocimiento por ellos adquiridos a través de su larga experiencia.</p> <p>En cuanto al conocimiento producto de la abstracción, se podría decir que gran parte del conocimiento producto de investigaciones representan abstracciones de problemas reales y sus soluciones factibles. Sin embargo, pensando en Conocimiento tácito, este tipo de conocimiento producto de abstracciones generalmente se manifiesta a través de su forma de conocimiento explícito en documentación de investigaciones o a través de su puesta a prueba en la solución de problemas reales, lo cual podría incluirse en el conocimiento tácito producto de experiencias, indiferentemente de que se haya generado por abstracciones anteriores de problemas similares.</p>
<p>Polanyi, referido por Wilkesmann y Rascher(2002), destaca el conocimiento tácito y el explícito, determinando el conocimiento en su forma explícita puede ser expresado en palabras e intercambiado como dato, mientras que el conocimiento tácito es individual, contextual, analógico y relativo a la práctica, lo que hace necesaria su transferencia solo cara a cara.</p>	<p>El conocimiento tácito de cada individuo es imposible de estudiar en una investigación de naturaleza organizacional, dada la complejidad de la diversidad de conocimiento y el difícil acceso a través de las personas, sin embargo, si el conocimiento estudiado se contextualiza a un problema o área particular se pueden establecer redes de individuos de los cuales se podría extraer conocimiento y establecer relaciones para obtener una base de conocimiento tácito especializado en un área, ejemplo de ello son las redes de homólogos existentes y por crear en AUSJAL. El conocimiento tácito relativo a la práctica al igual que el descrito anteriormente de naturaleza individual, está asociado a un contexto situacional en el cual se genera, en tal sentido, sus manifestaciones están asociadas a áreas problema específicas. En relación a la transmisión cara a cara propia del conocimiento tácito, generalmente (mínimo dos veces al año) la UCAB hace reuniones de reflexión donde la idea es exponer experiencias y proyectos de todas las áreas de la universidad, discutir lineamientos propios de la Compañía de Jesús y llegar a conclusiones luego de un proceso de intercambio abierto. Esta actividad conduce a la transmisión de conocimientos tanto explícitos como tácitos que emergen de las discusiones.</p>
<p>En el sentido de empirismo lógico y positivismo de Wittgenstein dominante en el período 1889 - 1951, que surge del estudio histórico del concepto conocimiento Gordon(2000) y donde surge explícitamente el concepto de conocimiento tácito por contraposición al uso del lenguaje que viene a ser una forma de codificación de conocimiento (conocimiento explícito)</p>	<p>En esta concepción de conocimiento tácito las manifestaciones presentes en la UCAB y en AUSJAL se enmarcarían en el conocimiento previo a su codificación verbal, el cual podría denominarse como conocimiento potencial y del cual sólo podrían reportarse áreas en las que existe alta probabilidad de encontrar conocimiento valioso. Estas áreas potenciales son de gran valor en la Gestión de Conocimiento Tácito pues se podría decir que son las minas donde principalmente habrá que acudir para su explotación en una labor de minería de conocimiento.</p>
<p>El conocimiento tácito es expresado a través de la acción, basado en las habilidades y no puede ser reducido a reglas y recetas. (Universidad de Toronto, 2002)</p>	<p>En esta interpretación la existencia de conocimiento tácito se ve limitada a conocimiento que no se traduce en reglas y recetas. Ejemplo de ello, en el caso de este proyecto, es el conocimiento sobre pedagogía ignaciana, muy divulgado en la institución, recuperado de la historia y no obligatorio, aún cuando es de amplia recomendación hacer uso de él.</p>
<p>El conocimiento tácito es conocimiento no reconocido como conocimiento por estar oculto en la mente humana, diferenciándose del conocimiento implícito por ser este último difícil de registrar y describir pero más accesible que el conocimiento tácito. (Van der Vegte,2002) Busch y Richards(2001) establecen la diferenciación entre el conocimiento tácito articulable y no articulable, interpretándolo de manera muy semejante al conocimiento implícito y tácito de la Van der Vegte (2002)</p>	<p>En esta interpretación vale la pena destacar la diferencia entre el conocimiento en su forma implícita y tácita, ya que de acuerdo a esto cualquier reporte de conocimiento tácito debería ser diferenciada del conocimiento implícito. Esta diferenciación obliga la separación entre el conocimiento que se sabe existe aún cuando su transmisión se haya visto dificultada por su propia naturaleza y el conocimiento que se sabe potencial pero no se sabe de su existencia propiamente. Este sería el caso de las experiencias y cultura que se transmite de generación en generación y que se hace difícil de explicitar para su transferencia, de esta manera estaríamos hablando de conocimiento implícito, dejando el conocimiento tácito para un estudio mucho más individual y que obligaría a la investigación en acción con los generadores de conocimiento para extraer el conocimiento tácito que emerge de la experiencia y abstracción. El conocer las fuentes del verdadero conocimiento tácito potencial podría ser la base de tal tipo de investigación.</p> <p>La interpretación de las formas de conocimiento tácito articulable y no articulable, radica principalmente en la posibilidad de codificación del conocimiento. En esta investigación se prestará particular importancia al conocimiento factible de ser codificado dada su posibilidad de ser gestionado, dado que en el caso no articulable se tratará principalmente de la gestión del recurso humano más que del recurso conocimiento.</p>

Tipo de Conocimiento Tácito	Fuente de posible existencia del mismo en las universidades de AUS-
<p>El conocimiento tácito incluye mucho de intuición, perspectiva, creencias y valores de las personas como resultado de su experiencia, debido a estas características, Saint-Onge, referido por Busch y Richards(2001) define el conocimiento tácito como un nivel individual, incluido en un nivel organizacional de cultura.</p>	<p>El conocimiento tácito como nivel individual incluido en un nivel organizacional de cultura, en el caso de las instituciones de AUSJAL se manifiesta a través de los elementos propios de la cultura de la Compañía de Jesús, la cual se manifiesta no solo a través de los elementos propios de la cultura cristiana sino a través de la aplicación institucional de estos principios y la práctica de los mismos en los individuos de cada organización. Vale destacar que los elementos teológicos de la cultura cristiana no son requisito en las prácticas religiosas de las personas que laboran en tales instituciones a pesar de que es innegable la influencia de los principios del comportamiento cristiano no discrepante con otras creencias religiosas.</p>
<p>De acuerdo a Brézillon y Pomerol(2001), el contexto puede ser considerado como una forma de conocimiento tácito, ya que el mismo puede ser definido como un conjunto de condiciones relevantes que influyen en el qué hacer en una situación única y comprensible, el contexto puede ser visto como un conjunto cognitivo o estado motivacional de un individuo que modifica el efecto ante un estímulo o actividad orientada, esto define el conocimiento contextual</p>	<p>El contexto actúa como un condicionante para dar salida al conocimiento tácito de los individuos y las organizaciones, transformándose en una forma de conocimiento también tácito y de articulación muy compleja, dada la cantidad de variables que lo componen. En el caso de las universidades de AUSJAL, el contexto está determinado por elementos específicos como el conocimiento de las características sociales, políticas y económicas de los países subdesarrollados y su influencia en la docencia, investigación y labor social universitaria. La colaboración entre universidades y la solución de problemas conjuntos son reflejo de este tipo de conocimiento, lo cual se destaca en los objetivos de AUSJAL.</p>
<p>El conocimiento tácito puede ser dividido en tres tipos (Addis, 2002): Habilidades motoras o conocimiento kinestésico (habilidad para interactuar físicamente con el mundo). Conocimiento perceptual (habilidad para observar el mundo en un sentido activo) Gestalt (habilidad para reconocer patrones o situaciones en el mundo)</p>	<p>El conocimiento en su sentido de habilidad motora no podrá ser considerado en esta investigación por su naturaleza individual sin impacto organizacional, siendo las interpretaciones perceptual y gestalt más aplicables a pesar de su vinculación a la individual. En este sentido es importante destacar que si bien se reconoce el valor de la cultura como una forma de conocimiento tácito, esta actúa como un cristal a través del cual se aprecia el conocimiento contextual que se integra al conocimiento tácito organizacional, actuando como determinante en la gestalt que se manifiesta ante situaciones específicas, haciendo que se exprese el conocimiento históricamente registrado en el saber de la organización y sus miembros. Ejemplo de esto es el saber actuar de los miembros de la Compañía de Jesús y la influencia de la cultura de la compañía en el pensamiento y comportamiento de sus miembros. Este tipo de conocimiento es de gran complejidad para su articulación.</p>
<p>Una forma más compleja del Conocimiento Tácito es el Conocimiento Tácito Colectivo, referido por Swart y Pye (2002), el cual se refiere como un proceso de redescrición en el cual: La <u>representación</u> acompaña imágenes en acción incluyendo interrelación de patrones y sus dimensiones espaciales. Esta noción corresponde con la visión de un complejo sistema social que es construido a través de la acción en su sistema social. El <u>diálogo creativo</u> encierra un proceso interactivo de reflexión activa (personal y colectiva) y redefinición de representaciones que puede dar como resultado un mapa de conocimiento tácito colectivo. La <u>práctica colectiva</u> como fuente de las representaciones finalmente captura la acción orientada hacia la conceptualización del conocimiento organizacional.</p>	<p>El Conocimiento Tácito Colectivo podría decirse que es uno de los más relevantes para este proyecto dado que en el se centra la influencia colectiva de y en esta forma de conocimiento. Su representación, diálogo creativo y práctica colectiva están marcados por la cultura de la Compañía de Jesús y sus instituciones, así como la influencia del saber histórico de la organización. Ejemplo de ello se recoge en los discursos y libros que emergen de los directivos de las universidades y de la compañía y que se difunden a través de su propia presentación o en los comentarios de los que los han escuchado directamente.</p>

Tabla 2. Conocimiento Tácito en AUSJAL
Fuente: Elaboración propia

4. ¿Qué proyectos se han desarrollado en Materia de Gestión de Conocimiento Tácito en estas instituciones? Y ¿Qué proyectos de Gestión de Conocimiento Tácito podrían desarrollarse en los próximos meses? ¿Qué características de contenido y tiempo tiene estos proyectos?

Después de conversaciones con la coordinación de AUSJAL y algunos de sus miembros, considerando el modelo de Cubo (ver Figura 1: Clasificación de iniciativas de Gestión de Conocimiento en universidades) y en una investigación basada en la revisión de los sitios web de las universidades de AUSJAL y la búsqueda general en la web, se encontró que no existen evidencias claras de proyectos de Gestión de Conocimiento en las universidades de AUSJAL, sin embargo, se llegó a la conclusión de que esta ausencia de proyectos tal vez se debe a que las experiencias puestas en marcha no se han agrupado como experiencias en Gestión de Conocimiento a pesar de poder serlo, ejemplo de ello son las siguientes experiencias encontradas en un proceso de entrevistas y observación en la UCAB:

Proyecto	Área Organizacional de influencia	Elementos de la Misión que influye	Tipo de proyecto
Proyecto MAD. Modelo de Administración Documental que registra de manera organizada todos los documentos elaborados en las unidades administrativas de a universidad.	Administrativa	Docencia	Creación de Bandejas de Conocimiento
Redes de Homólogos internas a las universidades y extendidas a AUSJAL	Administrativa Docente Investigación	Docencia Investigación Labor Social	Mejoras en el acceso al conocimiento
Encuentros periódicos para intercambio de experiencias y Redes de Homólogos	Administrativa Docente Investigación	Docencia Investigación Labor Social	Realce del ambiente de conocimiento
Publicaciones varias en libros, web y folletos ¹	Administrativa Docente Investigación	Docencia Investigación Labor Social	Administración de conocimiento como un activo
Desarrollo de un modelo de Centro de Investigación basado en Gerencia del Conocimiento y apoyado en tecnología de información ²	Docente Investigación	Docencia Investigación	Creación de Bandejas de Conocimiento Mejoras en el acceso al conocimiento Administración del conocimiento como un activo Realce del ambiente de conocimiento Estructuración del Capital Humano experto facilitando la creación de Capital Relacional
Creación de programas de formación en temas de Gerencia del Conocimiento como medio para facilitar la comunicación en un lenguaje común	Docente Investigación Administrativa	Docencia Investigación Labor Social	Creación de Conocimiento
Creación de una línea de Investigación en el área de Gerencia del Conocimiento, con miras al desarrollo de diversos proyectos de investigación y trabajos de grado de pregrado y postgrado, cuyo contexto se enmarca en la UCAB, AUSJAL, la Compañía de Jesús y otras organizaciones educativas y del sector productivo venezolano	Docente Investigación	Docencia Investigación Labor Social	Creación de Conocimiento Mejoras en el acceso al conocimiento

Tabla 3. Proyectos de Gestión de Conocimiento UCAB / Fuente: Elaboración propia

1. Caso especial de este tipo de proyectos, es la gran cantidad de material disponible con relación a la cultura educativa jesuita, en lo cual destaca el sitio web eduignaciano.Tripod.com

2. Este proyecto ha surgido como consecuencia del proceso de investigación acción realizado durante el año académico 2002-2003, en el cual la autora se ha visto involucrada como parte de la propia organización.

En cuanto a las posibilidades de proyectos futuros en Gestión de Conocimiento Tácito aún no se halla información precisa, sin embargo, se ha planteado la posibilidad de crear desde Venezuela el **Centro Latinoamericano de Capital Intelectual**, orientado a la Formación de especialistas y a la Asesoría y Consultoría en Gestión de Conocimiento, teniendo como marco la experiencia y capital relacional de AUSJAL en cada país.

5. ¿Qué aportes podrían brindar la Tecnología de Información y Comunicación en el desarrollo de proyectos de Gestión de Conocimiento Tácito en la UCAB y AUSJAL?

En cuanto al origen y razón de ser de este proyecto, se plantea la pregunta expuesta que busca establecer la relación de este estudio con el marco de líneas de investigación en el cual se desarrolla, en este sentido se considera lo siguiente:

1.- La Gestión de Conocimiento tiene aportes fundamentales en el desarrollo de las instituciones universitarias dado que uno de los activos claves para este tipo de organización, es el conocimiento con el cual mantiene su reconocimiento local y regional.

2.- La tecnología de la información y comunicación puede favorecer el desarrollo de la Gestión de Conocimiento tácito en las universidades de AUSJAL a través de medios de comunicación que favorezcan el intercambio, faciliten la creación y garanticen el registro para uso futuro del conocimiento.

6. Conclusiones

Entre las conclusiones más relevantes de este estudio se encuentra la presencia de iniciativas de Gestión de Conocimiento identificadas de diversas formas, las cuales pudieran ser reconocidas como proyectos de Gestión de Conocimiento y potenciadas a través del uso sistemático de los modelos propios de la Gestión de Conocimiento y del caso del Conocimiento Tácito en particular.

En relación al modelo del cubo propuesto, el mismo deberá ser aplicado en estudios posteriores en contextos universitarios dando la posibilidad de realizar los ajustes necesarios para su aplicación generalizada en el estudio de la Gestión de Conocimiento en universidades.

7. Bibliografía

- Kast Fremont E.; Rosenzweig, James (1993) *Administración en las organizaciones. Enfoque de sistemas y de contingencias*. Mc Graw Hill: México
- CNU, SEA y OPSU (2002) *Tipología de Universidades de Venezuela*.
- Davenport, Thomas H.; Prusak, Laurence. (1998). *Working Knowledge. How organizations manage what they Know*. Harvard Business School Press: Boston
- Kolvenbach, Petr-Hans. (1998) *Opciones y Compromisos* Provincia de Venezuela-Compañía de Jesús y Universidad Católica Andrés Bello: Caracas
- AUSJAL (2001) *Plan Estratégico AUSJAL 2001-2005*. Publicaciones UCAB: Caracas
- Gordon, John (2000) *Creating Knowledge Maps by Exploiting Dependent Relationship* ES99 Conference-Applied Knowledge Research Institute: Lancashire. Tomado de la dirección electrónica <http://www.akri.org/papers/pdf/es99a.pdf> en diciembre de 2002.
- Wilkesmann, Uwe; Rascher, Ingolf (2002) *Motivational and structural prerequisites of knowledge management*. XV congreso mundial de sociología: Brisbane. Tomado de la dirección electrónica www.ruhr-uni-bochum.de/km/WorldCongress.pdf en abril de 2002.
- Universidad de Toronto (2002) *Types of Organizational Knowledge Material* no publicado. Tomado de la dirección electrónica choo.fis.utoronto.ca/mgt/MGT1272kc.pdf en abril de 2002
- Van der Vegte, Wilfred (2002) *From data management to knowledge management*. Delft University of Technology: The Netherlands. Tomado de la dirección electrónica <http://www.io.tudelft.nl/education/ide441/College%2020918/From%20data%20management%20to%20knowledge%20management.pdf> en diciembre de 2002.
- Busch, Peter; Richards, Debbie (2001) *Visual mapping of articulable tacit knowledge* Diciembre 2001. Australian Symposium on information visualisation: Sydney. Tomado de la dirección electrónica www.jpfit.flinders.edu.au/confpapers/CRPITV9Busch.pdf en abril de 2002
- Brézillon, Patrick; Pomerol, Jean-Charles. (2001) *Is context a kind of collective tacit knowledge?* Universidad de Paris. Tomado de la dirección electrónica www.poleia.lip6.fr/~brezil/Pages2/Publications/CSCW-2001.pdf en abril de 2002.

Addis, T.R. (2002) Knowledge science: A pragmatic approach to research in expert systems. Computer Science Department, University of Reading. Tomado de la dirección electrónica <http://www.tech.port.ac.uk/staffweb/addist/Knowledge%20Science.pdf> en noviembre de 2002.

Swart, Juani y Pye, Annie (2002) Conceptualising organizational knowledge as collective tacit knowledge: a model of redescription Third European Conference on Organizational Knowledge. Learning and Capabilities: Atenas. Tomado de la dirección electrónica <http://www.btinternet.com/~juanimar/TacitKnowing/ID315.pdf> en noviembre de 2002.



DISEÑO EXPERIMENTAL PARA INGENIEROS CIVILES

■ Guillermo Bonilla
Ing. Civil. Facultad de Ingeniería –UCAB
Correo: gbonilla@ucab.edu.ve

■ Yelitza Sirit
TSU. Construcción Civil.
Laboratorio de Materiales – UCAB
Correo: Ysirit@ucab.edu.ve

La Universidad Católica Andrés Bello con apoyo del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, desarrolla en el área de la Ingeniería Civil una Investigación cuyo objetivo es zonificar los métodos para diseño de mezclas de concreto fresco a nivel nacional, utilizando como referencia el método para diseño de mezclas propuesto en el Manual de Concreto Estructural (antiguo Manual de Concreto Fresco).

Al revisar Trabajos Especiales de Grado, previo a la ejecución del Proyecto, así como al contactar profesores y alumnos de diferentes universidades, a lo largo de la geografía nacional; resaltaron dos aspectos: El uso no adecuado de la Metodología de Investigación y, la breve aplicación de herramientas estadísticas. En consecuencia resulta difícil establecer comparaciones entre tan variada información existente.

Bajo este contexto, los responsables de la Investigación que se desarrolla en la UCAB, consideran conveniente exponer de forma sucinta el método aplicado, que pudiera servir de referencia para elaborar proyectos con igual objetivo. También se aprovecha la oportunidad para introducir algunos tópicos relativos al Diseños Experimental, a los que usualmente el estudiante de ingeniería no tiene acceso.

1. EL DISEÑO EXPERIMENTAL

Principios necesarios

La finalidad de los diseños de experimentos es determinar como la variación de un grupo de factores denominados variables, afectan el comportamiento de un sistema que es ensayado bajo condiciones controladas.

Ahora bien, como los experimentos se realizan sobre muestras y no sobre la totalidad de la población que compone un universo, se requiere cumplir con condiciones específicas para asegurar, dentro de un nivel de probabilidad aceptable, que el universo del material en estudio cumplirá con los resultados obtenidos si se mantienen las condiciones establecidas durante la experimentación.

Entonces, desarrollar un experimento exige conocer tópicos relacionados con teorías de Probabilidad y Estadística, en conjunto con otros aspectos que en parte se citan a continuación:

1.1. Planificación adecuada

La planificación adecuada obliga a tener conocimiento previo y claro de los objetivos específicos junto a la manera de alcanzarlos; para llevarla a cabo hay que identificar aquellas variables que serán consideradas en la fase experimental.

Así mismo, se debe tener conceptos precisos de lo que será evaluado, métodos específicos a ser utilizados y los recursos, tanto necesarios como los disponibles.

1.2. Tres principios básicos

Es imposible llevar a cabo actividades de experimentación sin la presencia de errores; por esta razón resulta imprescindible manejar conceptos básicos como media, desviación, varianza o límites de confianza. Entre otros, de manera de poder estimar y controlar la magnitud del error.

Por otra parte, tres principios básicos son necesarios para limitar dicho error dentro del experimento; éstos son: La ejecución de réplicas, aplicación aleatoria y formación de bloques (Montgomery, 2002).

La ejecución de réplicas (repetibilidad) es la acción de repetir el experimento por un mismo operador bajo condiciones similares; la repetibilidad permite

establecer la varianza del error experimental incrementando la certidumbre del valor encontrado; por lo que es necesario repetir los ensayos para obtener un promedio que represente una cifra cercana al parámetro real del universo en estudio.

No obstante, como se verá posteriormente incrementar sin control el número de repeticiones es poco práctico, innecesario y contraproducente porque además de consumir recursos generará errores de distinta índole. Por esta razón, el número de réplicas deberá ser relativamente pequeño, dependiendo en especial del tipo de ensayo, las características de la muestra a ser ensayada y de la experiencia del laboratorista.

La aplicación aleatoria o aleatorización busca asegurar que cualquier elemento de la población en estudio cuente con igual probabilidad de ser evaluado; de esta manera se procura que determinadas muestras con propiedades similares no estén seleccionadas repetidas veces, lo que generaría sesgo en los resultados.

En realidad la aplicación aleatoria es parte de lo que se puede llamar Manejo de Muestra, que se inicia mediante un Plan de Muestreo que contempla aspectos que van desde el número de muestras, tamaño y método de extracción, hasta transporte y conservación.

La formación de bloques consiste en agrupar las unidades en estudio de manera que su variabilidad dentro de cada grupo sea menor que entre las unidades antes de agruparse (Kuehl, 2001); en otras palabras, al formar bloques se reduce el error experimental porque se homogenizan los elementos a evaluar; esto se entiende mejor con un ejemplo: Suponga que se tiene la siguiente información resultados de ocho ensayos:

1345, 1335, 1354, 1340, 1375, 1358, 1360, 1370

Cuya media (\bar{X}) es 1355 y la desviación estándar (S) es 14. Si agrupa los resultados en dos bloques se obtendrá:

Bloque A: 1345, 1335, 1354, 1340 $\bar{X}=1343$ S=8

Bloque B: 1375, 1358, 1360, 1370 $\bar{X}=1366$ S=8

Observe que la desviación total entre los ocho valores es 14; mientras que al agrupar por bloques, la desviación disminuyó a 8 en cada grupo.

3.3. Métodos validados y confiables junto a resultados precisos y exactos.

Para que una investigación experimental tenga carácter científico tiene que sustentarse en métodos que cuenten con validez y confiabilidad. Además los resultados deben asegurar precisión y exactitud.

La validez, en el caso de investigaciones experimentales de Ingeniería Civil, se alcanza desarrollando ensayos conforme a las normas COVENIN, ASTM y AASHTO, entre otras. Pero la confiabilidad está relacionada con un término probabilístico relativo al intervalo que contiene la media " μ " del universo en estudio, dentro de una probabilidad definida.

La precisión expresa la cercanía entre los resultados de las réplicas de un mismo ensayo y la exactitud indica si efectivamente se está obteniendo el valor debido. En este sentido, un experimento puede ser preciso pero no exacto, lo que significa que presenta sesgo; exacto pero no preciso, entonces tendrá gran dispersión entre los resultados; no preciso ni exacto y preciso y exacto. Entonces, durante la ejecución de los ensayos se debe buscar, dentro de ciertos límites, que el experimento sea preciso y exacto.

La figura N°1 es un ejemplo gráfico de la distinción entre ambos términos; imagine los resultados de seis réplicas de un experimento expresados mediante cuadrados y triángulos, cuya media real \bar{X} es el valor XM.

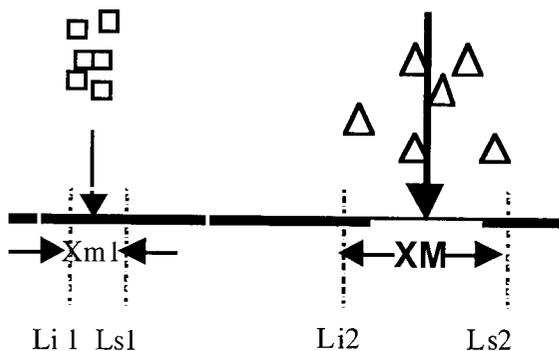


Figura N°1- Precisión y Exactitud

La media obtenida por los ensayos indicados con cuadrados es Xm1; observe que los resultados de este grupo se ubican dentro de un entorno pequeño delimitado por los límites inferior "Li1" y superior "Ls1"; sin embargo, el valor de la media Xm1 se encuentra alejado del valor real XM; estos resultados son precisos, pero no exactos.

Por su parte, la media del grupo representado por los triángulos, coincide con el valor real XM, pero los resultados de cada ensayo se ubican dentro de un intervalo de mayor amplitud que está definido por los límites Li2 y Ls2. Estos resultados son exactos pero poco precisos.

La precisión se incrementa con las réplicas; de hecho, es proporcional a la raíz cuadrada del número de repeticiones y sigue una curva como la que se muestra en la figura N° 2.

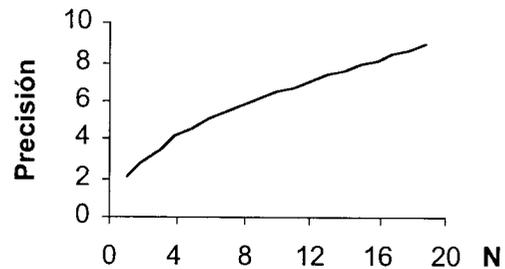


Figura N°2- Influencia de réplicas en la precisión

En consecuencia desde el punto de vista estadístico sería recomendable incrementar los ensayos a un número alto de veces; pero razones de tipo práctico limitan esta realidad a un máximo que varía según el experimento, obligando a manejarse dentro de intervalos de confianza.

1.4. La media \bar{X} y la desviación S no son suficientes

La media " \bar{X} " es considerada el valor más representativo cuando se concentra la data de los resultados de ensayos; no obstante, la media por si sola es un valor que transmite poca información; por esta razón se completa con otros elementos como la desviación estándar "S" que es una medida de la amplitud de la curva de distribución de los datos; al cuadrado de la desviación estándar se le conoce como varianza " S^2 ".

Por otra parte, también es necesario hacer uso del error estándar de la media EEM, representado por el valor S/\sqrt{N} , siendo N el número de datos empleados para la obtención de la media.

3.5. Límites de Confianza

Si se pudiera evaluar la totalidad de los elementos que conforman una población, se obtendría el estimador exacto de la Media “μ” de ese universo; pero en vista que lo anterior es imposible, es necesario recurrir a valores que delimiten el intervalo donde se encuentra μ con una probabilidad determinada; estos extremos, se conocen como Límites de Confianza.

Dicho de otra forma los Límites de Confianza establecen un intervalo alrededor de la media de las muestras \bar{X} , donde se ubica μ; dicho intervalo se define mediante la siguiente expresión:

$$\bar{X} - \mathfrak{K} \times \frac{S}{\sqrt{N}} < \mu < \bar{X} + \mathfrak{K} \times \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Siendo \mathfrak{K} un factor que depende de la función de probabilidad a la cual se adapta la distribución en estudio; a nivel práctico se obtiene mediante tablas que dependen del número de ensayos “N” y el nivel de confianza deseado. Ver La tabla N°1

Deteniéndose en la expresión anterior, destaca que la amplitud del intervalo de confianza se incrementa al aumentar la desviación “S” o el factor \mathfrak{K} y decrece con el aumento de N.

Las funciones de probabilidad son curvas continuas que responden al comportamiento de variables aleatorias; de hecho existen curvas específicas para cada problema y se puede dar el caso de que varios estudios de índole diferente, respondan a la misma función de probabilidad (Centeno, 1982). Sin embargo, los ensayos relativos a concretos y materiales cumplen con la Curva Normal (Porrero, Ramos, Grases y Velazco, 1992).

Sobre esto, hay que considerar que la Curva Normal, es aplicable cuando el número de datos es mayor que 30; de lo contrario la t de Student resulta apropiada. En la tabla N°1 se aprecian los valores correspondientes a esta función para 3, 4, 6 y 10 repeticiones, con nivel de confianza de 90% y 95%.

N	3	4	6	10
90%	4.3027	3.1825	2.5706	2.2622
95%	6.2053	4.1765	3.1634	2.6850

Tabla N°1- Valores de \mathfrak{K} para confiabilidad de 90% y 95% con N < 30

Es de notar que a medida que aumenta la confiabilidad también se amplía el intervalo de confianza, lo que es fácil de observar en la misma tabla N°1, donde el valor \mathfrak{K} aumenta al pasar el nivel de confianza del 90% a 95%.

1.6. Conozca las variables en estudio

Conocer las variables en estudio exige determinar con antelación los elementos dependientes e independientes, junto a la posible relación entre ellos; por otra parte, requiere definir aquellos valores a mantener constante.

Cada variable dependiente agregará más esfuerzo de ensayos y relaciones a ser analizadas que no necesariamente mejoran el aspecto científico. Por esta razón en se presentan casos donde conviene mantener algunos parámetros constantes.

1.7. Verificación de recursos

Toda Investigación consume recursos de distintas índole que se transforma en tiempo y dinero; usualmente se cuenta con laboratorios de las instalaciones universitarias, pero eventualmente se necesitará materiales y suministros menores que disponer.

Los recursos son limitados, por lo que pueden limitar el alcance de la investigación, una verificación previa de recursos determinará lo que se puede hacer y obligará a establecer criterios de prioridad.

2. APLICACIÓN

Caso: Regionalización de coeficientes para diseño de mezclas de concreto

Para ilustrar lo expuesto, a continuación se exponen los criterios que rigen el proyecto en estudio; por razones didácticas se ofrecen sólo aspectos básicos, por lo que la investigación que se ejecuta en la UCAB incluye elementos no considerados en este material.

2.1. Objetivo general

Regionalizar el método del Manual de Concreto Fresco

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los agregados gruesos en zonas en estudio
- Caracterizar los agregados finos en zona en estudio
- Desarrollar validando estadísticamente los coeficientes de diseño de mezclas regionalizados para las zonas en estudio.

2.3. Variables dependientes

Asentamiento "S" evaluado mediante Cono de Abrams.

Resistencia "Rcc" a los 28 días de cilindros normalizados.

2.4. Variables independientes

Relación agua/cemento " α "

Tipo de agregado

Cantidad de cemento

Tiempo de ensayo (28 días)

2.5. Elementos a mantener constante

Marca de cemento

Tipo de cemento

Tamaño máximo del agregado grueso

Rango de Granulometría de agregados

Combinados (β)

2.6. Relación entre variables

La relación agua/cemento " α " y la resistencia a compresión a una edad "t" días, está regida según la Ley de Abrams y tiene una expresión del tipo:

$$R_t = \frac{M}{N^\alpha}$$

Donde: R representa la resistencia media esperada a los t días; M y N son constantes que dependen de los agregados componentes de las mezclas y la edad del ensayo.

El asentamiento "S", la relación agua/ cemento " α " y la dosis de cemento "C" están gobernados por la Ley Triangular:

$$C = \frac{K * S^n}{\alpha^m}$$

donde: C se expresa en Kg/mt³ y K, m, n son constantes dependientes de los agregados

2.7. Criterios de validación

Los ensayos a ejecutar están normalizados y se indican en la tabla siguiente:

Agregados Gruesos

ENSAYO	COVENIN
Granulometría	255
P. específico y absorción	268
P. U. Suelto y compacto	263
Desgaste de los Ángeles	267
Cociente dimensión máx/mín.	264
Contenido de humedad total	1357

Agregados Finos

ENSAYO	COVENIN
Granulometría	255
P. específico y absorción	268
P. U. Suelto y compacto	263
Determinación de Impurezas	256
Contenido de humedad total	1357

Además

ENSAYO	COVENIN
Muestreo de agregados	
Elaboración de probetas cilíndricas	340
Asentamiento mediante Cono de Abrams	339
Diseños de mezclas en laboratorio	354

2.8. Criterios estadísticos

Se estableció que debido a que se efectúan menos de 30 ensayos por muestra, el estadístico a utilizar es la t de Student, para un nivel de confiabilidad del 95%.

Las varianzas se evalúan mediante el Test de Barlett (Valcárcel-Ríos, 1982) y la verificación de extremos mediante Test de Q de Dixon (Centeno 1982).

2.9. Réplicas por muestra

Agregados Gruesos

ENSAYO	N
Granulometría	3
P. específico y absorción	3
P. U. Suelto y compacto	6
Desgaste de los Ángeles	0
Cociente dimensión máx/mín.	6
Contenido de humedad total	6

Agregados Finos

ENSAYO	N
Granulometría	3
P. específico y absorción	3
P. U. Suelto y compacto	6
Determinación de Impurezas	2
Contenido de humedad total	6

Además, para ejecución de cilindros

ENSAYO	N
Elaboración de probetas cilíndricas	3
Asentamiento mediante Cono de Abrams	0

3. PARA FINALIZAR

Cuando se condensa mucha información en pocas líneas resulta imposible profundizar en tantos aspectos importantes; en este sentido, los autores recuerdan que la intención del artículo fue ofrecer un marco referencial para desarrollar Trabajos Especiales de Grado en el área de Ingeniería Civil; por lo que invitan a los interesados a comunicar vía correo electrónico sus dudas o sugerencias.

Además, aprovechan la oportunidad para agradecer a los Ingenieros Roberto Centeno, Gilberto Velazco, Mario Paparoni y Diego Calvo, asesores del Proyecto; por el tiempo dispuesto para que aprendamos el arte de llevar a cabo experimentos.

Bibliografía

- Centeno, Roberto. Inspección y Control de obras. Ed. Vega. Año 1979
- Kuehl, R. Diseño de Experimentos. Ed. Thomson Learning. Año 2000
- Montgomery Douglas. Diseño y Análisis de Experimentos. Ed. Limusa Wiley. Año 2002
- Normas: Comisión de Normas Venezolanas. COVENIN.
- Porrero Joaquín; Ramos Carlos; Grases José; Velazco, Gilberto. Manual de Concreto Fresco. Editorial Sidetur. Año 1995
- Valcárcel, M; Ríos, A.. La Calidad en los laboratorios Analíticos. ED. Editorial Reverté S.A. Año 1992



TRANSFORMACIONES ENTRE FLIP-FLOPS “D_JK_T”

Abstract— Se presenta un método que reduce en más de tres cuartas partes el proceso de diseño de Redes Secuenciales con flip-flops. Mediante las transformaciones “D_JK_T” se obtienen –casi en un solo paso– las *cuatro* ecuaciones de control (D, J, K y T), derivadas todas de *un* único Mapa de Karnaugh (por flip-flop), inferido directamente del Diagrama de Estados. Se logra también una inobjetable ganancia en la claridad del diseño; son evidentes las economías que en esfuerzo y trabajo se consiguen, y hay una merma en la posibilidad de cometer errores, gracias a la mayor simplicidad de todo el procedimiento. Lo anterior hace de ésta una cómoda herramienta, indispensable para el diseño de Redes Secuenciales.

Index Terms—Circuitos Digitales; Diagramas de Estados; Flip-flops; Máquinas Algorítmicas; Diseño Lógico; Metodología de Diseño de Redes Secuenciales; Mapas de Karnaugh; Máquinas de Estados Finitos; Máquinas Secuenciales; Transformación “D_JK_T”; Máquinas de Moore y de Mealy.

■ Luis Guillermo Uribe Cataño
UCAB

L. G. Uribe se desempeña como Vicepresidente de Investigación y Desarrollo de Electriahorro.com, Caracas, Venezuela y es profesor de Sistemas Digitales en la Universidad Católica Andrés Bello, UCAB y en la Universidad Simón Bolívar USB. Mayo de 2004 (<mailto:GUribeC@cantv.net>)

I. Nomenclatura

En este artículo se hace referencia a los componentes básicos de las Redes Secuenciales: flip-flops tipo "D" (Delay), "T" (Toggle) y "JK". Se supone que el lector conoce el procedimiento clásico para realizar el análisis y la síntesis de circuitos empleando los mencionados dispositivos. Deben entenderse a cabalidad los conceptos de Diagrama de Estados, Minimización y Codificación de Estados; las antiguas ideas de Matriz de Estados Futuros y Matrices de Control y, en general, el proceso convencional de Diseño de Redes Secuenciales.

En la simbología empleada, Q^n significa el valor presente de un biestable, Q^{n+1} representa su valor **negado**, y Q^{n+1} indica el estado futuro del flip-flop en consideración.

Las condiciones de indiferencia en los Mapas de Karnaugh se señalan mediante la letra "X".

En las ecuaciones lógicas la operación AND se representa mediante el símbolo "•" y el OR por el convencional "+".

II. Introducción

La teoría clásica del **Diseño** de Redes Secuenciales ofrece un método de Síntesis que permite partir de la descripción del problema hasta obtener las ecuaciones de control de cada flip-flop involucrado. Así, por ejemplo, si han de emplearse N flip-flops tipo "D", tendrá que generarse **una** ecuación de control para cada entrada "D" de los N biestables. Si los dispositivos escogidos son N flip-flops del tipo "JK", tendrán que obtenerse **dos** ecuaciones de control (una para la "J" y otra para la "K") de cada uno de los N circuitos incluidos.

La metodología de diseño actual parte, pues, de la »Descripción del Problema, procede a la obtención del »Diagrama de Estados, »Minimización y Asignación de Estados, »Matriz de Estados Futuros, »Matriz de Control para cada flip-flop, »Mapas de Karnaugh para cada entrada de Control, obtención de las »Ecuaciones de Control y de Salida, y culmina con el »Diagrama Lógico o el Circuitual. Note que el número de "mapas" necesarios para las Ecuaciones de Control tendrá que ser **uno** para cada flip-flop tipo "D" y "T", y **dos** para cada "JK". En general, los mapas de una clase de flip-flop se han tratado en forma independiente de los de las otras clases, y los

realizados para los flip-flops tipo "D" no ayudan en la elaboración de los "JK" o "T". La Matriz de Control se hace observando –para cada posición en la Matriz de Estados Futuros– qué valor tiene cada flip-flop (estado presente) y cuál será su estado futuro; se anotan así las entradas de control apropiadas para lograr dichas transiciones, según la correspondiente Tabla de Excitación de cada tipo de dispositivo. De allí se va a los Mapas de Karnaugh y luego a las ecuaciones.

Obsérvese la simplificación lograda con la metodología que aquí propondremos, que permite pasar directamente del Diagrama de Estados a **un** Mapa de Karnaugh por biestable, y a partir de ese **solo Mapa de Karnaugh** extraer las ecuaciones de control de todos los dispositivos: D, J, K y T.

Siendo el procedimiento de **Análisis** inverso al de Síntesis, la Transformación "D_JK_T simplifica también la metodología convencional en este terreno.

Es raro que una técnica tan sencilla como eficaz no se haya empleado hasta el momento, pero la verdad es que libros de texto, antiguos y modernos, de autores tan reconocidos como¹ Wakerly, Tocci, Mano, Gajski, Floyd y muchos más, la han ignorado por completo.

III. Antecedente

Para el ulterior desarrollo es fundamental reconocer el siguiente hecho: Cuando un Mapa de Karnaugh está poblado de condiciones de indiferencia en la mitad correspondiente a una variable, afirmada (**B**) o negada (**B'**), dicha variable se *desvanece* de la expresión final. Esto puede ilustrarse mediante un Mapa de Karnaugh de la siguiente forma:

TABLA I
Eliminación de la variable **B**

$B \setminus A$	0	1	$B \setminus A$	0	1	$B \setminus A$	0	1
0	a0	a1	0	a0	a1	0	X	X
1	b0	b1	1	X	X	1	a0	a1
	(a)			(b)			(c)	

La ecuación general, extraída del mapa (a) de la Tabla I, es la siguiente:

$$F(A, B) = (A' \cdot B') \cdot a0 + (A' \cdot B) \cdot a1 +$$

¹ Véase la bibliografía al final del documento (Referencias)

$$(A \cdot B') \cdot b0 + (A \cdot B) \cdot b1$$

Al considerar **b0** y **b1** –que ocupan la mitad del área de **B** o de **B'**– como condiciones de indiferencia, puede verse en los mapas (b) y (c) de la Tabla I que la ecuación se reduce a:

$$F(A, B) = A' \cdot a0 + A \cdot a1 = F(A)$$

La variable **B** desaparece de una expresión así.

IV. Deducción del Método

Los flip-flops tipo "D" son los dispositivos más sencillos de manejar a la hora de obtener las ecuaciones de control –a partir del Diagrama de Estados–, porque su Tabla de Excitación **no** muestra dependencias del Estado Presente; sólo del Estado Futuro. Es decir, que si el Estado Futuro es **0**, la entrada "D" deberá ser **0**, con independencia del estado actual del flip-flop; y si el Estado Futuro ha de ser **1**, la entrada "D" tendrá que valer **1** para lograrlo, sin importar en qué Estado Presente se encuentre. Así que el Diagrama de Estados, en los que se indican Estados Presentes y Estados Futuros, para el caso de biestables tipo "D" representa también Estados Presentes y **Variables de Control "D"**. Para los demás **tipos** de flip-flop es preciso analizar ambas condiciones: en qué estado se encuentran y hacia qué estado irán. En la Tabla II se presenta la Tabla de Excitación para los flip-flops más comunes.

TABLA II

Tabla de Excitación:

Qué valores hay que colocar en las entradas de los distintos tipos de flip-flops, a fin de lograr realizar una transición desde el estado **Qⁿ** hasta **Qⁿ⁺¹**

Q ⁿ \ Q ⁿ⁺¹	D	J	K	T	S	R
0 \ 0	0	0	X	0	0	X
0 \ 1	1	1	X	1	1	0
1 \ 0	0	X	1	1	0	1
1 \ 1	1	X	0	0	X	0

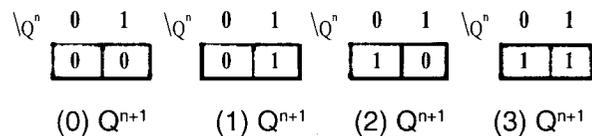
Esta sencillez no es una novedad; lo que sí sería innovador es que pudiéramos obtener las ecuaciones para los demás biestables, a partir de los mapas de Karnaugh realizados para los flip-flops del tipo "D". He ahí nuestro objetivo.

A. Transformación "D_JK"

Por inducción perfecta vamos a demostrar la transformación que relaciona los flip-flops tipo "D" con los "JK". Las cuatro posibles combinaciones que pueden formarse entre Estados Presentes y Estados Futuros para un solo biestable se muestran en la Tabla III; en ella los valores externos corresponden al Estado Presente, y los valores dentro de las celdas son los Estados Futuros:

TABLA III

Las cuatro posibles combinaciones entre el estado presente y el estado futuro, para un solo flip-flop



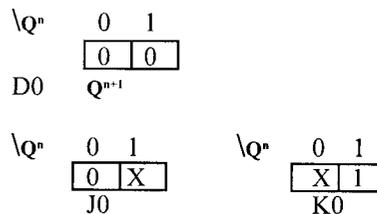
Si estos mapas correspondieran a cuatro flip-flops tipo "D", sus ecuaciones podrían escribirse de inmediato así:

$$D0 = 0; \quad D1 = Q^n; \quad D2 = Q^n; \quad D3 = 1$$

Si fueran, en cambio, flip-flops "JK", los mapas de Karnaugh resultantes, según la teoría convencional, serían los siguientes (en la Tabla IV se repiten una a una –para facilitar la referencia– las cuatro combinaciones de la Tabla III):

TABLA IV

Las cuatro posibles combinaciones entre el estado presente y el estado futuro, para un solo biestable, y los Mapas de Karnaugh correspondientes para **J** y **K**



$$\begin{array}{c} \backslash Q^n \quad 0 \quad 1 \\ \boxed{0 \quad 1} \\ D1 \quad Q^{n+1} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \backslash Q^n \quad 0 \quad 1 \\ \boxed{0 \quad X} \\ J1 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \backslash Q^n \quad 0 \quad 1 \\ \boxed{X \quad 0} \\ K1 \end{array}$$

TABLA IV (Cont.)

$$\begin{array}{c} \backslash Q^n \quad 0 \quad 1 \\ \boxed{1 \quad 0} \\ D2 \quad Q^{n+1} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \backslash Q^n \quad 0 \quad 1 \\ \boxed{1 \quad X} \\ J2 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \backslash Q^n \quad 0 \quad 1 \\ \boxed{X \quad 1} \\ K2 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \backslash Q^n \quad 0 \quad 1 \\ \boxed{1 \quad 1} \\ D3 \quad Q^{n+1} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \backslash Q^n \quad 0 \quad 1 \\ \boxed{1 \quad X} \\ J3 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \backslash Q^n \quad 0 \quad 1 \\ \boxed{X \quad 0} \\ K3 \end{array}$$

Compare cuidadosamente los cuatro casos, restringiéndose primero a las áreas de Q^n , es decir, donde Q^n vale 0. Note que para esa condición, **siempre** son iguales los valores de las "J" y los de las "D". Verifique también que en el área de Q^n (donde Q^n vale 1) hay **siempre** una condición de indiferencia en todos los mapas de las "J". Inferimos entonces que no se necesita establecer un mapa especial para cada "J", sino que bien puede su ecuación obtenerse leyéndola directamente del mapa que hicimos para el flip-flop tipo "D", *mientras nos limitemos a procesar el área en donde el flip-flop está negado (Q^n)*. El resto del área (la que estamos omitiendo y que es donde el flip-flop está afirmado) se encuentra llena de condiciones de indiferencia; por tanto la variable Q^n simplemente **no** aparecerá en la ecuación de la "J".

Ahora haga el mismo análisis para la "K" y encontrará que los valores de las "K" son **siempre negados** en relación a los correspondientes valores

de las "D", para el área donde el flip-flop está afirmado (Q^n); verifique también que en la otra mitad del mapa (donde el flip-flop está negado: Q^n) hay **siempre** una condición de indiferencia en todos los mapas de las "K". Deducimos que tampoco es necesario establecer un mapa para cada "K" sino que también su ecuación puede extraerse directamente del mapa que hicimos para la "D", *a condición de que nos limitemos a procesar el área en donde el flip-flop está afirmado (Q^n) y que, para seleccionar los implicantes, tomemos los "ceros" en lugar de los "unos"*. (Esta última imposición equivale a negar el mapa de las "D", para que sean idénticos a los de las "K"). Como el resto del área (la que estamos omitiendo, en donde el flip-flop está negado) está llena de condiciones de indiferencia, sabemos que la variable Q^n **no** formará parte de la ecuación lógica para la "K", según la premisa elaborada en el ANTECEDENTE.

Así, pues, si estos mapas hubieran correspondido a cuatro flip-flops tipo "JK", las ecuaciones podrían escribirse de inmediato, a partir de los mapas de "D", como sigue:

$$J0 = 0, K0 = 1$$

$$J1 = 0, K1 = 0$$

$$J2 = 1, K2 = 1$$

$$J3 = 1, K3 = 0$$

Puede verificar que obtendría los mismos resultados extrayendo las ecuaciones de los 8 Mapas de Karnaugh para los flip-flops "JK"; nosotros, en cambio, sólo hemos tenido que usar 4 mapas, los mismos de los fantásticos flip-flops "D".

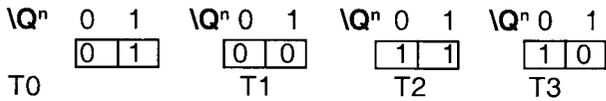
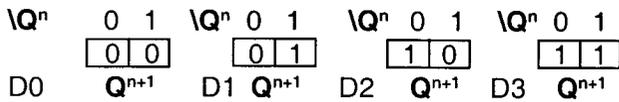
Note que la transformación D_JK es biunívoca; funciona tanto de D_JK como de JK_D. Esta característica es especialmente útil para el ANÁLISIS, ya que se puede partir de las ecuaciones "JK", obtener los mapas de "D" y de allí directamente el Diagrama de Estados del circuito.

B. Transformación "D_T"

A continuación establecemos una comparación similar entre flip-flops tipo "D" y tipo "T".

TABLA V

Las cuatro posibles combinaciones entre el estado presente y el estado futuro, para un solo biestable, y los Mapas de Karnaugh correspondientes para T:



Observe que los mapas de "D" y de "T" tienen la siguiente relación: son **iguales** en las áreas de **Q'** (en donde Q vale 0), y son **contrarios** en las áreas en donde el flip-flop está afirmado (**Q**). Para situaciones no triviales se recomienda generar mapas para los flip-flops tipo "T" (si es que hubiera necesidad de utilizar tales dispositivos), para lo cual *no habría que repetir todo el diseño*, sino que bastaría con hacer simplemente una copia mecánica a partir del mapa de "D", transfiriendo **intactos** los valores que se encuentran en el área en donde el flip-flop en cuestión está **negado (Q')** y **negados** los valores en donde el flip-flop esté **afirmado (Q)**.

Note también que la transformación D_T es biunívoca; funciona tanto de D_T como de T_D.

V. Metodología Propuesta

Demostraciones aparte, la metodología que proponemos se resume en esta sección, incluyendo el procedimiento completo que, como se verá, es en extremo sencillo.

Comience obteniendo el »Diagrama de Estados apropiado, de acuerdo al problema planteado; realice la »Asignación o Codificación de Estados y de allí »deduzca directamente los Mapas de Karnaugh para las entradas de control de flip-flops tipo "D". Dependiendo de cuál tipo de biestable es el que en realidad va a emplear, los pasos de la nueva metodología son los siguientes:

A. Flip-Flops tipo "D"

Si va a emplear flip-flops tipo "D", obtenga las ecuaciones directamente de sus Mapas de Karnaugh.

B. Flip-Flops tipo "JK"

Si va a emplear biestables del tipo "JK", extraiga las ecuaciones de las "J" –de los mismos mapas "D" que acaba de obtener– leyéndolas directamente del

área en donde el flip-flop para el cuál está escribiendo la ecuación vale 0 (Área de **Q'**). Al terminar, elimine todas las posibles ocurrencias de la **Q'** que correspondan a ese flip-flop.

Las ecuaciones de las "K" obténgalas –también de los mismos mapas "D"– a partir de los "**ceros**" que encuentre en el área afirmada correspondiente al flip-flop para el cuál está extrayendo la función (Área de **Q**). Al terminar, elimine cualquier aparición que hubiera ocurrido de la variable **Q** asociada al propio flip-flop.

C. Flip-Flops tipo "T"

Para obtener las ecuaciones de flip-flops tipo "T" es conveniente generar nuevos Mapas de Karnaugh, pero esta es, como ya se dijo, una operación mecánica muy sencilla que se hace transfiriendo *intactos* los valores que se encuentran en el área en donde el correspondiente flip-flop está *negado (Q')* y transfiriendo *negados* los valores en donde el flip-flop esté *afirmado (Q)*, a partir siempre de los mapas originales de los biestables tipo "D".

VI. Ejemplo I: Síntesis

Para mayor claridad se presenta a continuación el diseño del clásico contador en binario natural, base 16, con 4 flip-flops "DCBA", cuya secuencia de conteo es la siguiente (se presenta en forma de Tabla de Transiciones en lugar del Diagrama de Estados, por ser más sencilla de dibujar la tabla que el diagrama; pero éstos son equivalentes):

TABLA VI

Tabla de Transiciones de Estados para el contador binario natural de 4 bits

D ⁿ	C ⁿ	B ⁿ	A ⁿ	D ⁿ⁺¹	C ⁿ⁺¹	B ⁿ⁺¹	A ⁿ⁺¹
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	/	1
0	0	1	1	0	/	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	/	1
0	1	1	1	/	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	/	1
1	0	1	1	1	/	0	0
1	1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	1	1	/	1
1	1	1	1	0	0	0	0

TABLA VII

Mapas de Karnaugh para flip-flops tipo "D"

DC \ BA	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	1	0
D 11	1	1	0	1
10	1	1	1	1

D^{n+1}

$$D = D \cdot B' + D \cdot C' + D \cdot A' + D' \cdot C \cdot B \cdot A$$

$$= D \approx (C \cdot B \cdot A)$$

$$J_D = (D') \cdot C \cdot B \cdot A = C \cdot B \cdot A \quad (\text{Un solo uno})$$

$$K_D = (D) \cdot C \cdot B \cdot A = C \cdot B \vee A \quad (\text{Un solo "cero"})$$

Nota: Se elimina (D') de "J_D" y (D) de "K_D"

DC \ BA	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	1	1	0	1
11	1	1	0	1
10	0	0	1	0

C^{n+1}

$$D_C = C \cdot B' + C \cdot A' + C' \cdot B \cdot A$$

$$= C \oplus (B \cdot A)$$

$$J_C = (C') \cdot A \cdot B = A \cdot B$$

$$K_C = (C) \cdot A \cdot B = A \cdot B \quad (\text{Recuerde: se toman los ceros...})$$

Nota: Se elimina (C') de "J_C" y (C) de "K_C"

TABLA VII (Cont.)

DC \ BA	00	01	11	10
00	0	1	0	1
01	0	1	0	1
11	0	1	0	1
10	0	1	0	1

B^{n+1}

$$D_B = B' \cdot A + B \cdot A'$$

$$= B \approx A$$

$$J_B = (B') \cdot A = A$$

$$K_B = (B) \cdot A = A \quad (\text{Acuérdese de tomar los ceros...})$$

Nota: Se elimina (B') de "J_B" y (B) de "K_B"

DC \ BA	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	1	0	0	1
11	1	0	0	1
10	1	0	0	1

A

A^{n+1}

$$D_A = A'$$

$$J_A = (A') \cdot 1 = 1$$

$$K_A = (A) \cdot 1 = 1 \quad (\text{Recuerde: se toman los ceros...})$$

Nota: Se elimina (A') de "J_A" y (A) de "K_A"

La solución del ejemplo hecha con flip-flops tipo "T", y la correspondiente obtención de sus Mapas de Karnaugh, se deja como ejercicio trivial para el lector.

VII. Ejemplo II: Síntesis

Diseñar un circuito secuencial sincrónico que produzca en la línea "Z" un pulso del mismo ancho que un período del reloj, cada vez que se oprima una señal de entrada "I".

El problema puede ser representado por medio de la siguiente Tabla de Transiciones:

TABLA VIII

Tabla de Transiciones de Estados para el generador de un pulso.

Tabla de Salida Z

I \ Q	0	1	Q	0	1
0	0	0			
1	1	1	1		

Q^{n+1}

Q

Z

Q

$$Z = I \cdot Q'$$

$$D = I$$

$$J = I; \quad K = I' \text{ (No es sorprendente: así se hace un FF D con JK)}$$

$$T = I \oplus Q \text{ (Por inspección)}$$

Se trata de un contador binario ascendente (00, 01, 10, 11), con una línea "E" de habilitación ("Enable").

Se han obviado los siguientes pasos: Mapas de Karnaugh para las dos J y las dos K; Mapas de Excitación. Hubiéramos podido hacer en un solo paso la Matriz de Estados Futuros.

VIII. Ejemplo II: Análisis

Analice el siguiente circuito y describa su comportamiento:

$$J_1 = K_1 = E \cdot Q_0; \quad J_0 = K_0 = E$$

TABLA IX
Mapas "D" a partir de "JK"

E \	$Q_1 Q_0$ 00		01	Q_1		11	10
	0	0	0	1	1	1	1
1	0	1	1	0	1	0	1
			Q_0				
			Q_1^{n+1}				

E \	$Q_1 Q_0$ 00		01	Q_1		11	10
	0	0	1	1	0	1	0
1	1	0	0	0	1	0	1
			Q_0				
			Q_0^{n+1}				

TABLA X
Matriz de Estados Futuros

E \	$Q_1 Q_0$ 00		01	Q_1		11	10
	0	00	01	11	10	11	10
1	01	10	10	00	11	00	11
			Q_0				
			$Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$				

IX. Referencias

Libros:

- [1] John F. **Wakerly**, Stanford University, "Digital Design: Principles and Practices and Xilinx 4.2i Student Package", 3rd ed., ISBN: 0-13-176059-9, Ed. Prentice Hall, Published: 07/19/2002
- [2] Ronald J. **Tocci**, Monroe Community College, Neal S. Widmer, Purdue University, "Digital Systems: Principles and Applications", 8 ed, ISBN: 0-13-085634-7, Ed. Prentice Hall, Published: 05/26/2000
- [3] Thomas L. **Floyd**, Fundamentos de Sistemas Digitales, 7 ed, ISBN: 84-205-2994-X, Ed. Prentice Hall, Publicado 2000
- [4] Daniel D. **Gajski**, University of California, Irving, "Digital Design", ISBN: 0-13-301144-5, Publisher: Prentice may, Published: 09/09/1996
- [5] M. Morris **Mano**, California State University, Los Angeles, "Digital Design", ISBN: 0-13-062121-8, Ed. Prentice Hall, Published: 08/01/2001
- [6] Antonio Lloris et al., Sistemas Digitales, ISBN: 84-481-2146-5 McGraw-Hill, 2003
- [7] Luis G. **Uribe C.**, "Circuitos Lógicos", Publicado por la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá; 1972. Sirvió como texto en la Facultad de Electrónica de la Javeriana por más de 10 años.



CONTINUACIÓN DE LA MÁQUINA DE CARLOS AGUERREVERE

- Ing. Carlos Aguerrevere

Resumen

Creo que sigo presentando un estudio original y novedoso del SI, con el aporte de lograr una explicación coherente sobre los fundamentos de todas las unidades de medidas bajo un mismo esquema científico aplicado a todas las disciplinas. Todo lo hago siguiendo la filosofía de la Máquina de Atwood, que es captar las leyes de la física en forma coherente, y así entrelazar las unidades del SI de forma tal que se reafirme que es un sistema de unidades y no una simple yuxtaposición de unidades.

Especialmente aprovecho la etapa de operación a velocidad constante de la Máquina de Atwood, donde la energía que paulatinamente deja de estar relacionada con la masa que está bajando se va transfiriendo a la masa de balance que está subiendo, y de esta manera se capta de la forma más sencilla el concepto de transmisión de potencia (que es la Primera Ley de la Física).

Además, intercalo entre los eslabones de transmisión de potencia mecánica equipos reversibles de otras disciplinas (hidráulica, eléctrica, neumática, térmica, oscilantes, radiantes) para siempre destacar que el concepto que agrupa los demás conceptos de todas las disciplinas de la física es el concepto de potencia.

Me permito citar la frase: “no tratamos de hallar leyes para predecir; tratamos sólo de dar con leyes que ordenen la experiencia con la que contamos”, del investigador en física Norman Campbell. Porque expresa la razón de ser de este trabajo.

Preámbulo

La idea que procuro tomar para la continuación de mi máquina es la de **la mínima complicación**. Se debe observar que la unidad básica del SI para la masa es el kilogramo pero la unidad básica de corriente eléctrica es el amperio (coulombio/segundo). Así se pudiere pensar que si se tomare el camino de lo *más sencillo* se presentaría a discusión que la unidad básica eléctrica no debería ser el amperio sino el coulombio, pues este es un concepto análogo al del kilogramo.

Pero al tomar el camino de la mínima complicación, lo que hago es que en vez de exponer en base al kilogramo, desarrollo mi idea en base al flujo másico (kilogramos/segundo); que es un concepto análogo al del amperio (C/s). Esto me permite destacar analogías entre los conceptos de las unidades de la disciplina mecánica y los conceptos de las unidades de la disciplina eléctrica. Y manteniendo siempre este mismo criterio, paulatinamente voy tomando conceptos mecánicos que si bien no son los más sencillos, tienen la particularidad de ser análogos a los conceptos que se vayan considerando en todas las disciplinas de las unidades del SI.

Presento analogías originales que llegan al punto de ser controversiales, pero creo que finalmente se les aceptará. El caso más patético es que en la disciplina termodinámica presento una máquina que si bien es "atroz" bajo el punto de vista práctico, creo que se convendrá que es perfectamente considerable bajo el punto de vista de los laboratorios científicos y además se puede construir (aunque tenga una eficiencia mínima), y de esto creo se deriva que tiene buenos efectos pedagógicos para la reafirmación y para la adquisición de conocimientos. Una cosa son los conocimientos y otra cosa es la aplicación práctica de ellos. Para el uso práctico de los conocimientos hay muchos buenos libros; con el presente trabajo sólo aspiro a facilitar la adquisición de conocimientos.

Y volviendo a lo del flujo másico (kg/s) que por ser un concepto mecánico (palpable con las manos) lo uso para facilitar la comprensión del amperio, C/s, que también es algo real pero no tan palpable, hay que destacar que en el ámbito termodinámico el concepto análogo es el concepto del flujo de entropía (entropía/segundo); pero la entropía no es un concepto físico sino solamente es un concepto intelectual, aunque afortunadamente se puede ligar al desorden de los componentes de la masa (moléculas de un gas). Con todo esto a lo que quiero llegar desde este preámbulo es que en el ámbito de las radiaciones electromagné-

ticas no se tiene algún concepto análogo al del kilogramo por segundo (la radiación es un fenómeno que puede funcionar en el vacío, donde no hay ni kilogramos ni coulombios), y así como este trabajo es libre pensador me atrevo a criticar a la unidad básica de intensidad lumínica del SI, que es la candela. Pienso que a esta unidad se incluyó para poder incluir al aparato patrón físico que la produce; pero pienso que esto es un disparate porque no había necesidad de incluir al aparato *que además es incoherente con el criterio del SI*. Véase que a partir de la candela se deriva la unidad de flujo luminoso, el lumen, pero se tiene la incoherencia del factor de conversión 683 lumen/vatio.

Sinceramente creo que el párrafo anterior no se me aplica a mí como "la espada de Damocles", ya que manifiesto aprecio por los aparatos. Porque en mi ensayo anterior manifesté muy claramente que los conceptos que reproduce mi máquina (algo parecido a patrones) sólo sirven para facilitar la comprensión correspondiente, y se trata de una propuesta que presento para que eventualmente se la anexe al SI sin cambiar los documentos tradicionales. Y lo más bonito es que al considerar "finuras asintóticas" de construcción, como por ejemplo sería que las masas que transiten casi sin roce sobre los planos inclinados, lo hagan digamos sobre colchones de aire etc., mi máquina tiene franca tendencia de reproducir valores unitarios de las unidades; en fin, la parte de mi máquina ya publicada no presenta incoherencias.

De todas formas debo indicar que en el ensayo que ahora estoy presentando, en muchas oportunidades bajo la guardia en cuanto a reproducir valores unitarios de las unidades, pero siempre mantengo que mi máquina, que entrelaza los conceptos de las unidades, sirve para reafirmar que **el SI es un sistema de unidades y no una simple yuxtaposición**, como se puede pensar a partir de las tablas existentes.

Y como mi aspiración es de tipo inventiva, además presento unas máquinas mecánicas inéditas que son análogas a los transformadores y generadores eléctricos.

También tengo que aclarar que aunque en el presente documento y el anterior aparecen varias máquinas, el nombre sigue siendo sólo **MAQUINA DE CARLOS AGUERREVERE**, porque todo está derivado de mi interpretación de la filosofía de la MAQUINA DE ATWOOD.

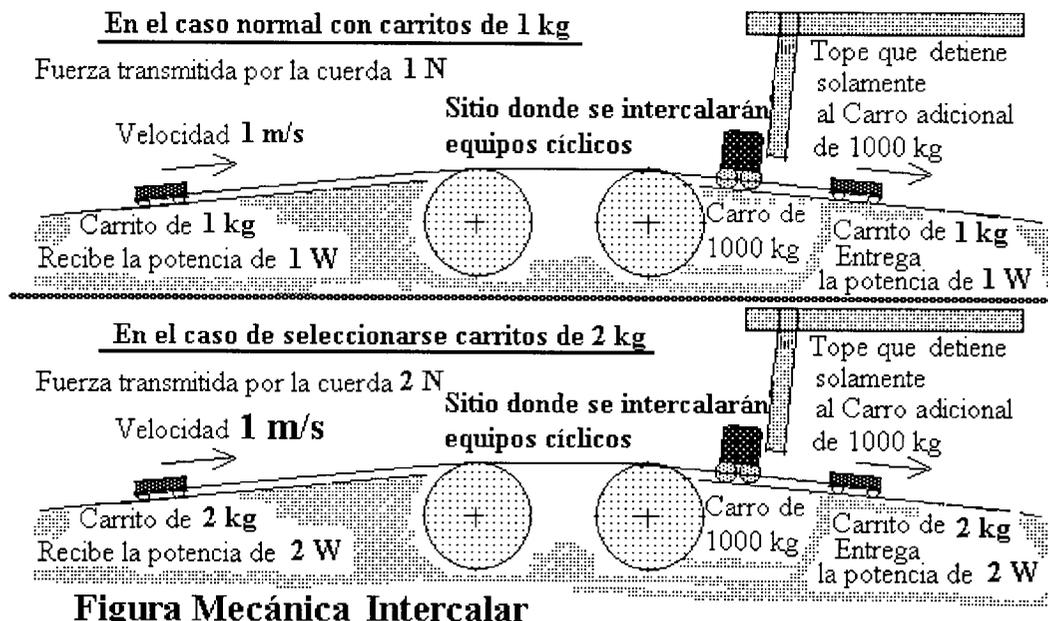


Figura Mecánica Intercalar

Ambiente de Unidades Mecánicas y Ambiente General de todas las disciplinas

Como se indica en la Figura Mecánica Intercalar, a la máquina modificada de Atwood del ensayo anterior se la puede complicar al construirla con dos poleas en vez de una. **Entre estas dos poleas se intercalarán los equipos que se estudiarán en el presente ensayo.**

Por lo pronto se debe reafirmar que en las condiciones establecidas, donde las masas de 1 Kg. montadas sobre planos de $5,853^\circ$ de inclinación tienden a caer con la fuerza de 1 N, y se trasladan con la velocidad constante de 1 m/s, se tiene que el concepto fundamental que participa es el de la potencia de 1 W. La masa que baja por el plano inclinado de la derecha es un motor que está entregando la potencia de 1 W, para accionar a la masa de la izquierda, que es un equipo que está recibiendo la potencia de 1 W. El mejor ejemplo es el reloj de pesas (masas) de la sala de los abuelos, que

no tiene la complicación que en este ensayo es necesaria de los planos inclinados.

Y si a este equipo, en vez de montarle masas de 1 Kg, se le montan masas de 2 Kg, se tiene que la potencia transmitida es de 2 W. Es conveniente recordar que como la masa adicional es muchísimo mayor que las masas de balance, se tiene que al terminar de recorrer el trayecto de 0,5 m antes de resultar detenida por el tope, determina que las masas de balance queden trasladándose a la velocidad constante de 1 m/s.

La ecuación relacionada con todo esto es:

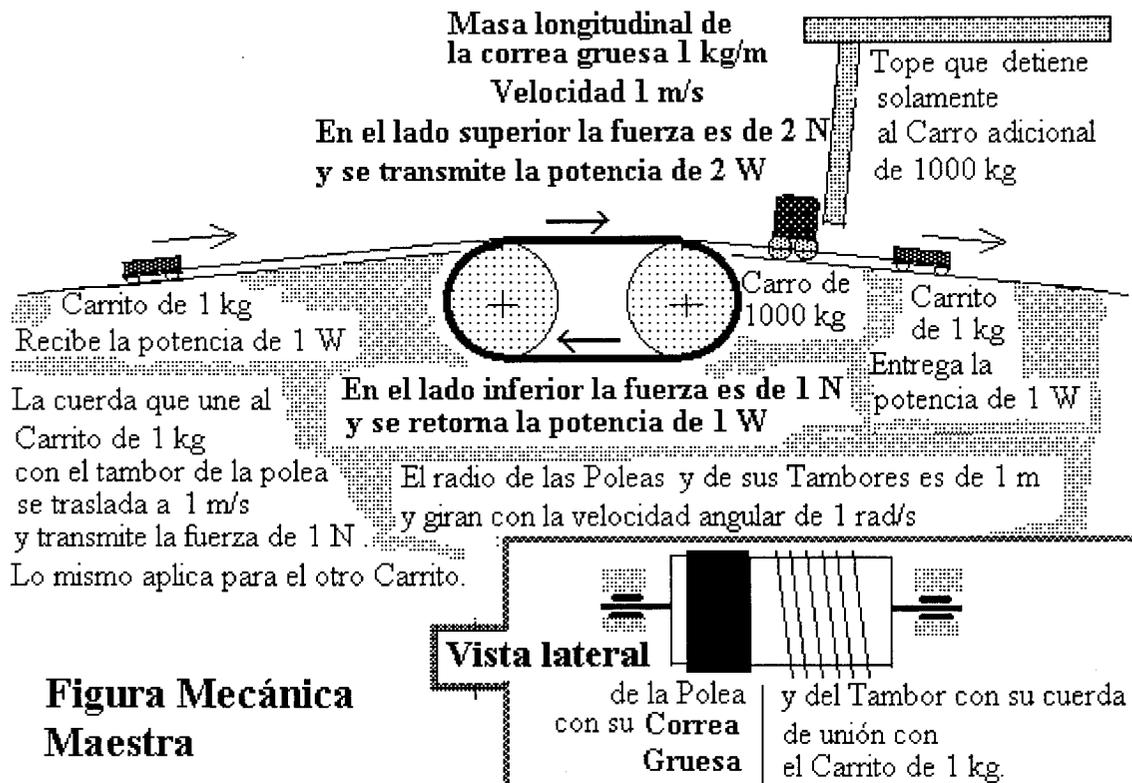
“cantidad” de potencia es igual a la “cantidad” de fuerza multiplicada por la “cantidad” de velocidad.

Y para el caso particular de montar masas de 1 Kg. relacionadas con la fuerza de 1 N, se tiene:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m/s.}$$

Y para el caso particular de montar masas de 2 Kg. relacionadas con la fuerza de 2 N, se tiene:

$$2 \text{ W} = 2 \text{ N} \cdot 1 \text{ m/s.}$$



Intercalación de Correa entre las dos poleas

Ahora según se indica en la Figura Mecánica Maestra, se puede modificar el aparato anterior de forma tal que se intercale una correa de acople entre las dos poleas, y se corte la cuerda que unía a las masas y los cabos se enrollen en tambores montados en cada uno de los ejes de las dos poleas.

Este aparato se puede ajustar desenganchando por un rato las masas de balance y separando la distancia entre las dos poleas hasta que la correa quede tensada con la fuerza de 1 N. Después, al volver a enganchar las masas de 1 Kg, se tiene que el lado superior de la correa queda tensado con la fuerza de 2 N y el lado inferior de la correa queda tensado con la fuerza de 1 N. Se pueden aplicar ajustes interactivos hasta que se alcancen los valores establecidos.

Con esta modificación se sigue teniendo que al operar el equipo con el proceso de siempre de arrancarlo con la participación momentánea de la

masa adicional, la cantidad de potencia transmitida entre las masas es de 1 W. **Pero la correa intercalada es un equipo cíclico que resultará el concepto básico para el estudio de equipos interdisciplinarios.**

La ecuación relacionada con todo esto es:

En el lado superior de la correa se transmite entre las dos poleas la potencia de 2 W, porque:

$$2 W = 2 N * 1 m/s$$

Pero en el lado inferior de la correa se regresa la potencia de 1 W, porque:

$$1 W = 1 N * 1 m/s$$

La diferencia de la potencia transmitida de 2 W menos la potencia regresada de 1 W determina que la potencia neta transmitida entre las masa de balance sea de 1 W. Este criterio de que la potencia neta transmitida es la diferencia entre la potencia que se transmite y la potencia que se regresa por medio de los eslabonamientos o lo similar de los

circuitos (ciclos) se mantendrá sistemáticamente en todo este ensayo; esto es especialmente útil para el estudio de ámbito termodinámico, donde en los casos prácticos se tiene la complicación de que no se regresa potencia, sino que se la aplica al ambiente, lo cual en el tiempo integra la energía no aprovechada (Segunda Ley de la Termodinámica).

Y ahora siguiendo el criterio de la mínima complicación, **se puede organizar que la masa longitudinal de la correa sea de 1 kg/m, lo cual resultará muy adecuado para el estudio interdisciplinario de este ensayo.** De esta forma se tiene que la potencia transmitida según se traslada (fluye, para lo interdisciplinario) la correa es:

En el lado superior de la correa la ecuación $2 W = 2 N \cdot 1 \text{ m/s}$ se puede complicar al multiplicar los términos del segundo lado de la ecuación en forma organizada por el inverso de la masa longitudinal y por la masa longitudinal. Con todo esto la ecuación queda:

$$2 W = 2 N \cdot 1 \text{ m/Kg} \cdot 1 \text{ m/s} \cdot 1 \text{ kg/m}$$

Y con simplificaciones queda:

$2 W = 2 N \cdot \text{m/Kg} \cdot 1 \text{ Kg/s}$. Y al tener en cuenta que al trasladar la fuerza de 2 N en la distancia de 1 m se hace es trabajo de transmitir la energía de 2 J, queda:

$$2 W = 2 \text{ J/Kg} \cdot 1 \text{ Kg/s}$$

Y ahora haciendo participar la cantidad de tiempo en el primer término del segundo lado de la ecuación, se tiene: $2 W = 2 \text{ J/s} / \text{kg/s} \cdot 1 \text{ kg/s}$. Y al tener en cuenta que si se transfiere la energía de 1 J/s la potencia es de 1 W, se tiene:

$2 W = 2 W / \text{kg/s} \cdot 1 \text{ kg/s}$. Y expresándolo en forma literaria se tiene que en el lado superior de la correa se transfiere continuamente la potencia de 2 W, porque en la disponibilidad (potencial, en otras disciplinas) de $2 W / \text{kg/s}$ se hace el uso de trasladar (flujo másico en otras disciplinas) 1 kg cada segundo.

En el lado inferior de la correa aplica conceptualmente lo mismo, sólo que al quedar sustituida la fuerza de 2 N por la fuerza de 1 N, finalmente se tiene que la potencia que se regresa es:

$$1 W = 1 W / \text{kg/s} \cdot 1 \text{ kg/s}$$

En forma genérica la ecuación donde participa la energía se puede expresar:

$"c"W = "c"J/kg \cdot "c"kg/s$ y la ecuación donde participa la potencia se puede expresar:

$$"c"W = "c"W / \text{kg/s} \cdot "c"kg/s$$

El término $"c"J/kg$ corresponderá a los conceptos de entalpía y de potencial eléctrico de otras disciplinas. Y en la forma de expresarlo $"c"W / \text{kg/s}$ corresponde al concepto de flujo de entalpía.

Es interesante comentar que esta máquina siempre se puede construir con diseños más eficientes; por ejemplo, a las masas se le puede montar sobre un sistema de suspensión del tipo que se conoce como colchones de aire. Además, como lo importante es la captación de los conceptos de las unidades y se puede disminuir la pasión por la precisión, se puede organizar que la masa que sube por el lado izquierdo del aparato sea algo menor que la establecida para el balance, consiguiéndose de esta forma que el equipo quede operando a velocidad constante por un tiempo tanto mayor cuanto mayor sea la dimensión de construcción de los planos inclinados. Esta misma acotación aplica también para los aparatos que se estudian en los demás ámbitos; y sólo para el aparato del ámbito térmico se necesitará que la masa que sube sea mucho menor que la masa que baja. Lo importante es que los ciclos en estudio pueden funcionar por un tiempo razonable para que se puedan efectuar los estudios correspondientes.

Intercalación de engranajes entre los tambores

Ahora, según se indica en la Figura Mecánica Engranajes, se puede intercalar entre las cuerdas relacionadas con cada una de las masas la presente transmisión de potencia por medio de engranajes. La razón de ser de esta modificación es que se sigue en el caso ideal transmitiendo la potencia de 1 W, sólo que ahora varían sus componentes de fuerza y velocidad, y además, varían los conceptos relacionados de momento de torsión o de rotación y de velocidad angular.

Considero que la figura es bastante clara, pero tengo que reafirmar que en el presente caso el tambor de donde se desenrolla paulatinamente la cuerda de la masa que está bajando tiene un radio de 1 m, y el tambor donde se va enrollando la cuerda de la masa que sube tiene un radio de 2 m.

Con esto se tiene en el eje (1) que como la cuerda se traslada a 1 m/s la velocidad circunferencial del tambor es de 1 m/s y como su radio es de 1 m se tiene que la velocidad angular de este eje es de 1 radián/s. Además se tiene que en el eje de unión del

tambor con su engranaje el momento de rotación es de 1 N.m (que para que no se confunda con el concepto del julio, alguna veces se expresa 1 N.m radián/radián). Y la velocidad circunferencial del engranaje cuyo radio es de 2 m es de 2 m/s.

Esta velocidad circunferencial de 2 m/s la recibe el engranaje de 1 m de radio del eje (2) , y siguiendo los conceptos ya indicados, se tiene que la velocidad circunferencial del tambor de 2 m de radio de este eje es de 4 m/s .

Entre todas las partes mecánicas de los equipos de los aparatos del presente ensayo se pueden intercalar cajas de velocidades, para tener siempre en lo ideal la misma potencia pero con los componentes que deseen.

Ambiente de Unidades Hidráulicas

Ahora, según se indica en la Figura Hidráulica Maestra, se pueden intercalar entre los dos tambores de la Figura Mecánica Maestra, una bomba hidráulica y una turbina hidráulica, que sustituyan a las poleas y correa anteriores.

En las dos tuberías de unión de estos equipos se puede organizar que el flujo másico sea de 1 kg de agua por segundo.

En el caso ideal la bomba y la turbina tienen las mismas dimensiones. Según el oficio que se les asignen es que adquieren su nombre (son equipos reversibles).

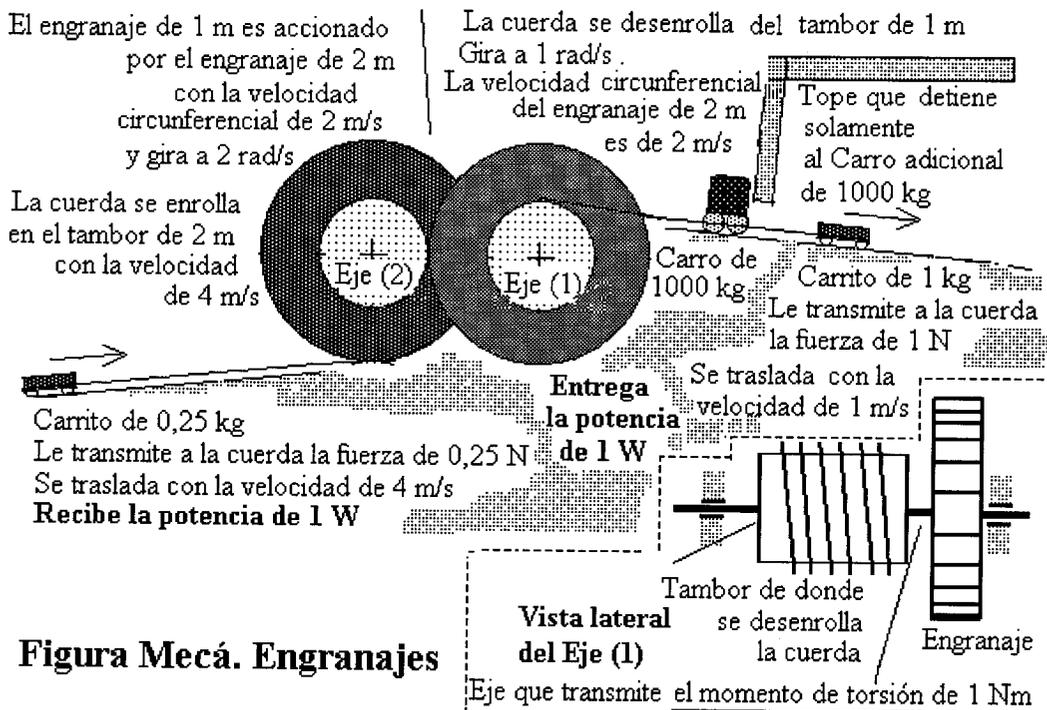
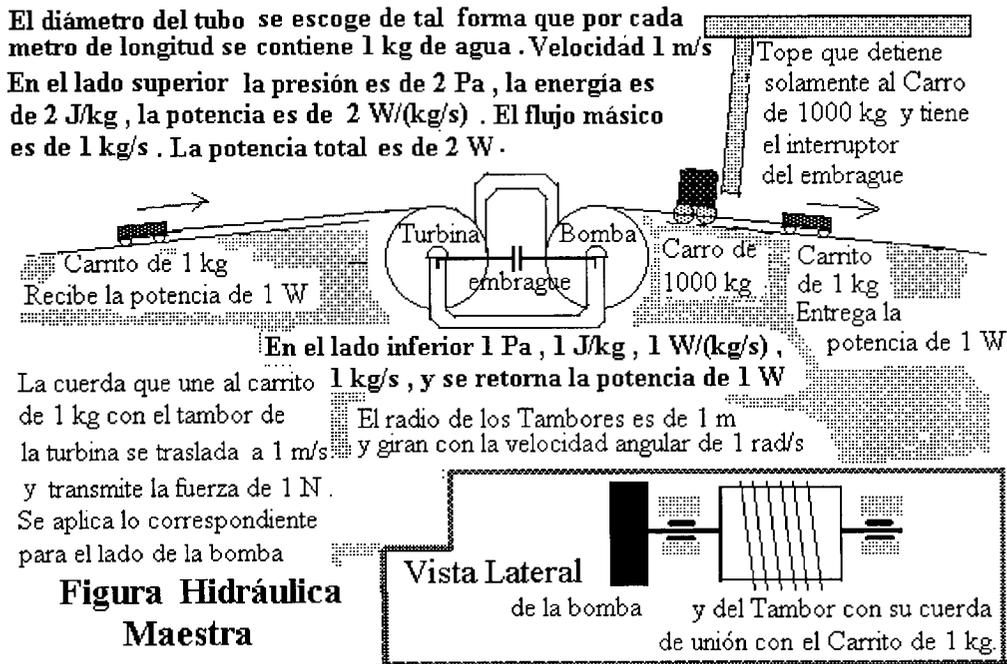


Figura Mecá. Engranajes



Y se puede organizar que la entalpía inicial en las tuberías antes de arrancar el aparato sea de 1 J/kg. Entonces además se organiza que al funcionar la bomba le aumente la entalpía al agua en 1 J/kg, que al sumarse a la entalpía inicial de 1 J/kg se tiene que la entalpía del agua fluyendo en el tubo superior es de 2 J/kg. Todo esto lo recibe la turbina y así se determina que la potencia ideal transmitida entre las masas de balance es de 1 W.

Para que todo esto funcione se tiene un **embrague** entre el eje de la bomba y el eje de la turbina, que está acoplado durante todo el tiempo de operación acelerada donde participa la masa adicional, y se desacopla cuando comienza la etapa de operación a velocidad constante, en el instante en que la masa adicional resulta detenida por el tope.

Tengo que aclarar enfáticamente que hablar de entalpía del agua en vez de presión y flujo másico de agua en vez de flujo volumétrico es perfectamente racional, además, en la práctica es indispensable aplicarlo por ejemplo para el caso particular de la bomba de alimentación de agua de las calderas de las grandes Plantas Termoeléctricas, porque el agua en las condiciones del caso es un fluido compresible.

Lo de considerar en la disciplina hidráulica al concepto de presión y al concepto de flujo volumétrico

son simplificaciones muy prácticas que se pueden ejecutar **porque en las condiciones normales** el agua generalmente es un fluido incompresible. Estas simplificaciones se detallarán en los próximos párrafos, pero se comenzó por lo complicado relacionado con la entalpía y el flujo másico porque así se mantiene coherencia de criterio entre los ámbitos de las unidades de todas las disciplinas.

Las ecuaciones relacionadas con el flujo hidráulico son exactamente las mismas que se estudiaron con la transmisión de potencia por medio de la correa entre poleas. Lo único que cambia es que el eslabón sólido flexible de la correa resulta sustituido por el agua confinada dentro de los tubos.

Con todo esto se tiene que la ecuación de la potencia hidráulica que se transmite por la tubería superior es:

$2 W = 2 W /kg/s * 1 kg/s$. Y la ecuación de la potencia hidráulica que se regresa por la tubería inferior es:

$1 W = 1 W /kg/s * 1 kg/s$. Y la simplificación correspondiente para el caso hidráulico, exponiéndola en forma genérica en vez de unitaria es la siguiente:

Haciendo algunos regresos sobre la ya expuesto, la ecuación de la potencia pasa a ser:

$cW = cJ/kg * c kg/s$. Y continuando con el análisis, se tiene:

$cW = cN.m/kg * ckg/s$. Y al multiplicar al primer término del segundo lado de la ecuación por la densidad (kg/m^3) y al segundo término por el volumen específico (m^3/kg), que como es el inverso no se altera la ecuación, se tiene:

$cW = cN.m/kg * (kg/m^3) * ckg/s * (m^3/kg)$. Y al simplificar en varios pasos, se tiene:

$cW = cN/m^2 * c m^3/s$. Y al tener en cuenta que la presión de $1 N/m^2$ en el SI recibe el nombre especial de pascal, Pa, se tiene:

$cW = c Pa * c m^3/s$. Que es la ecuación: cantidad de potencia es igual a la cantidad de presión multiplicada por el flujo volumétrico, común que se suele considerar en hidráulica.

Y la cual, según la "jerga" de esta disciplina, suele expresarse: cantidad de potencia es igual a la cantidad de altura de elevación piezométrica multiplicada por la densidad y teniendo en cuenta el campo gravitacional de fuerza, y esto siempre multiplicado por el flujo volumétrico; se tiene:

$cW = 9,80665 N/kg * 1 kg/m^3 * cm * c m^3/s$, esto, aplicando la simbología que en hidráulica se suele usar y reorganizando términos, corresponde a que la potencia hidráulica es Q (flujo volumétrico) multiplicada por gama (peso específico, densidad

multiplicada por campo gravitacional) y multiplicando por h (altura piezométrica).

Ambiente de Unidades Eléctricas

En este ámbito la figura principal es la Figura Eléctrica Maestra, que corresponde a sustituir en la Figura Mecánica Maestra, a las poleas y la correa por el generador eléctrico y por el motor eléctrico y conectarlos por medio de sus cables, conductores eléctricos. Para poder ejecutar el funcionamiento práctico de lo relacionado con los equipos de este aparato, se necesita el mismo **embrague** entre ejes que se vio en el ámbito hidráulico. En el presente caso, durante la etapa acelerada de arranque, el eje del generador eléctrico y el eje del motor eléctrico están acoplados; y luego, al comenzar y continuar la etapa de velocidad constante, se desacopla el embrague entre los ejes.

En lo matemático las ecuaciones del ámbito eléctrico son exactamente iguales a las ecuaciones que se expusieron en el ámbito mecánico. En lo físico, lo único que hay que hacer es sustituir a la cantidad de masa, cantidad de kilogramos, ckg , por la cantidad de carga eléctrica, cantidad de coulombios, cC .

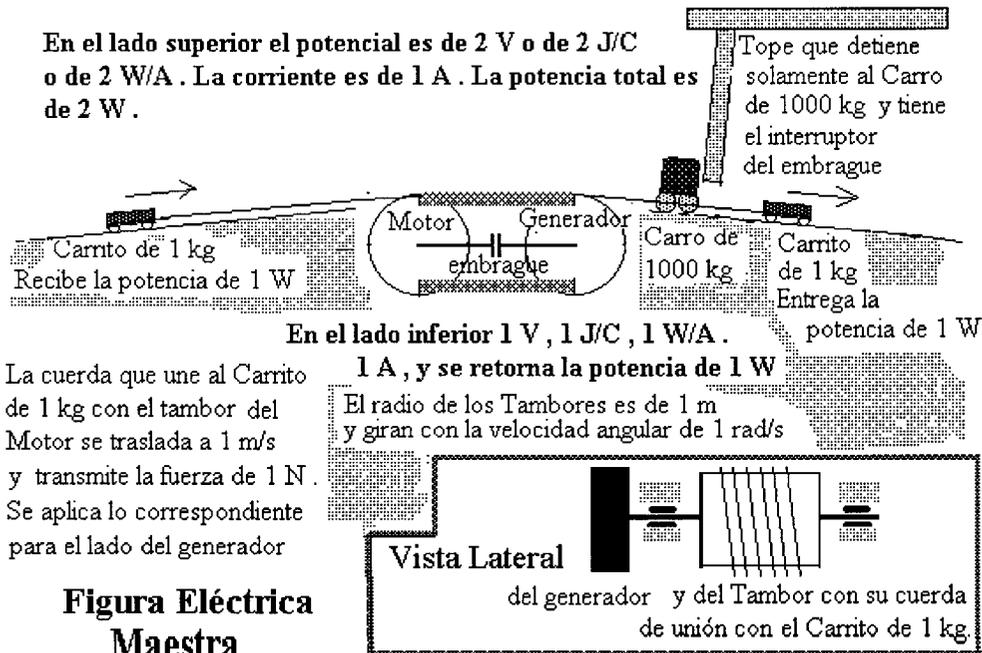


Figura Eléctrica Maestra

Así, tomando la ecuación: $2 W = 2 J/kg * 1 kg/s$, o tomando la ecuación: $2 W = 2 W /kg/s * 1 kg/s$ Y ejecutando la sustitución indicada y expresando en forma genérica, se tiene: $"c"W = "c"J/C * "c"C/s$ o si se desea en otra forma:

$"c"W = "c"W /C/s * c" C/s$. Y al tener en cuenta que en el SI la $"c"C/s$ recibe el nombre de cantidad de amperios, $"c"A$, se tiene:

$"c"W = "c"J/C$. $"c"A$, o se tiene $"c"W = "c"W /A * c"A$; y al tener en cuenta que además en el SI a la $"c"J/C$, que es lo mismo a la $"c"W/A$ se le asigna el nombre especial de cantidad de voltios, $"c"V$, se tiene:

$"c"W = "c"V * "c"A$; que es la ecuación común de la potencia en la disciplina eléctrica.

Ambiente de Unidades Neumáticas

Ahora de acuerdo con lo indicado en la Figura Neumática Maestra, se tiene que las primeras ecuaciones del ámbito neumático son exactamente iguales a las ecuaciones del ámbito mecánico, y ni

siquiera hay que hacerles ajustes de simbología. En lo físico lo único que hay que tener en cuenta es que el flujo mecánico del eslabón flexible de la correa queda sustituido por el flujo de aire confinado dentro de la tubería. Para el funcionamiento de este aparato también es imprescindible la participación del **embrague**, el cual está acoplado durante la etapa de operación acelerada, y se desacopla en la etapa de operación a velocidad constante.

Pero es muy importante comenzar a aclarar que cuando entre el compresor y la turbina se cambia la variación de presión, no siempre la variación de potencia es lineal, como se tiene en el caso hidráulico, de fluidos incompresibles. O sea, aquí normalmente no se puede hacer la simplificación práctica por la cual la potencia era la presión por el flujo volumétrico. Aquí hay que buscar la entalpía por otros procedimientos, generalmente tablas, porque según sea el valor de la entropía en consideración es diferente la variación de entalpía entre la misma variación de presión. Esto se verá con más detalles en el ámbito de unidades térmicas.

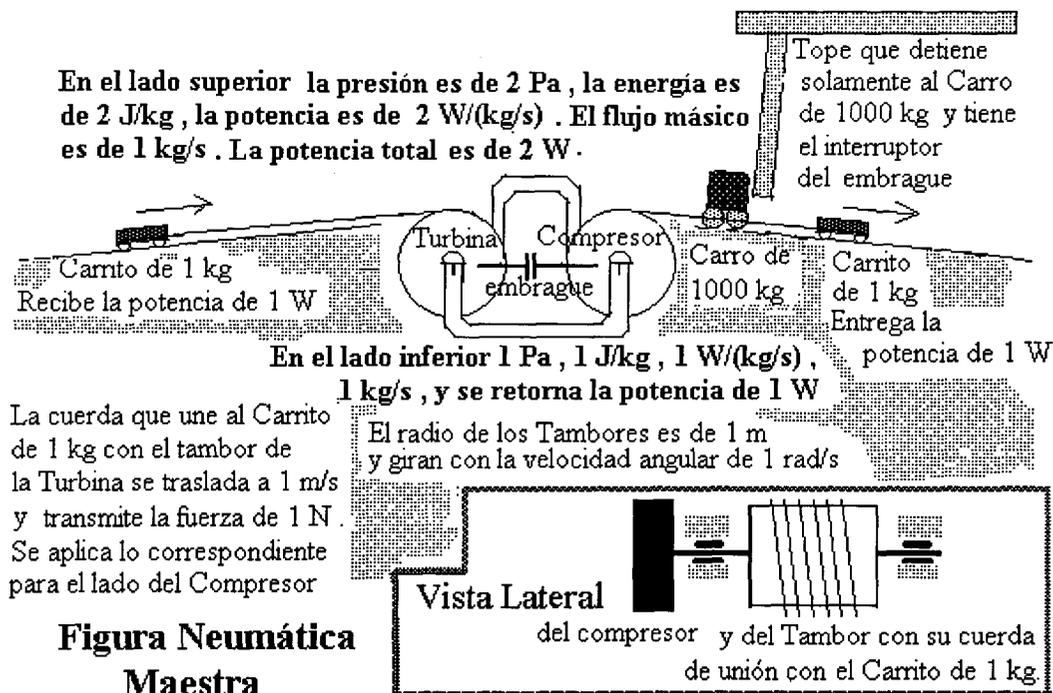


Figura Neumática Maestra

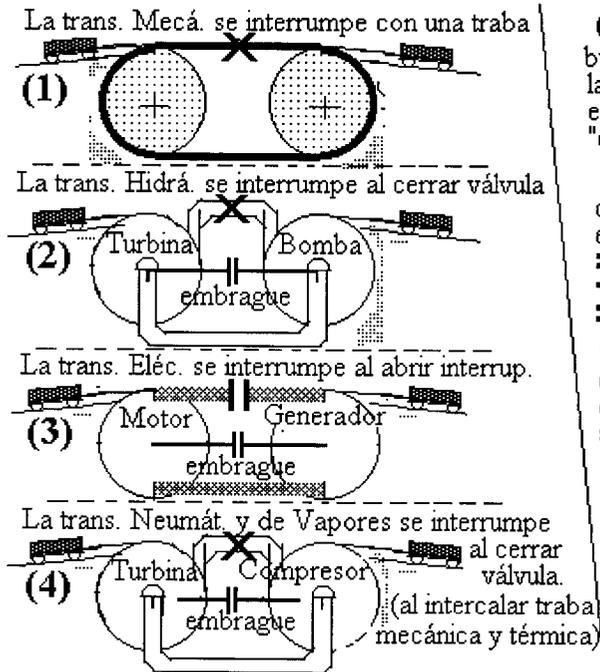


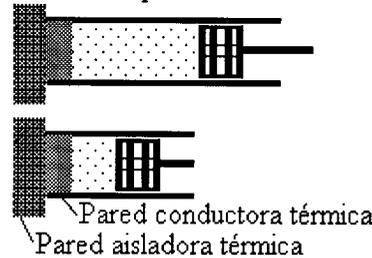
Figura Térmica Aprestamiento 1

(5) Pero si la traba mecánica rígida es buena conductora térmica, no se detiene la trans. de potencia porque entra en escena la transmisión de entropía "empujada" por medio de la temperatura

(6) Si se le disminuye el volumen a la cámara de resortes lo único que sucede es que se aumenta la presión



(7) Si se le disminuye el volumen a la cámara de gases o de vapores, sucede que además de aumentarse la presión se aumenta la temperatura



Ambiente de Unidades Térmicas

Este es el ámbito más difícil de comprender porque entran en escena el concepto de temperatura y sus conceptos relacionados.

Para este ámbito se puede comenzar estudiando la Figura Térmica Aprestamiento 1, donde se destaca la evidencia de que si en la correa de transmisión mecánica se intercala una traba, sucede que deja de producirse el fenómeno de la transmisión de potencia entre la masa que baja y la masa que sube. Lo mismo sucede exactamente igual si en un tubo de la transmisión de potencia hidráulica se intercala una válvula, la cual se cierra. Lo mismo también sucede en la transmisión eléctrica, si intercala un interruptor, el cual se abre. Y lo mismo, en primera instancia también sucede si en la transmisión de potencia neumática se intercala una válvula que se cierra.

Pero se tiene un caso muy interesante en la transmisión de potencia neumática, y esto corresponde al fundamento de la termodinámica. El caso es que si la traba que se intercala en la tubería neumática es físicamente rígida **pero es un conductor en lo ideal perfecto térmico**, puede continuar la

transmisión de potencia, al hacer circular otro eslabón conceptual que se llama entropía, el cual se mueve por la diferencia de temperatura, igual que los eslabones mecánicos se mueven por la diferencia de fuerzas o de presiones.

Así se debe informar que si se sitúan dentro de un émbolo abierto a la atmósfera unos resortes paralelos, se tiene que si se hunde el vástago **lo único que sucede es que se aumenta la presión**. Pero si el émbolo contiene en forma hermética un gas o un vapor, se tiene que al hundir el vástago, **además de aumentarse la presión se aumenta la temperatura**.

Esto es el fundamento de la termodinámica, y para seguirla estudiando ahora se debe ver la Figura Térmica Aprestamiento 2. Aquí se muestra una Máquina original de Atwood, porque como lo que se quiere transmitir es el concepto de las unidades sin llegar a la finura de valores unitarios, ahora se quitó la complicación de los planos inclinados. Pero se intercala la complicación de la transmisión por vía térmica de la potencia.

El acople entre los yugos se desacopla cuando la masa adicional pega contra el tope

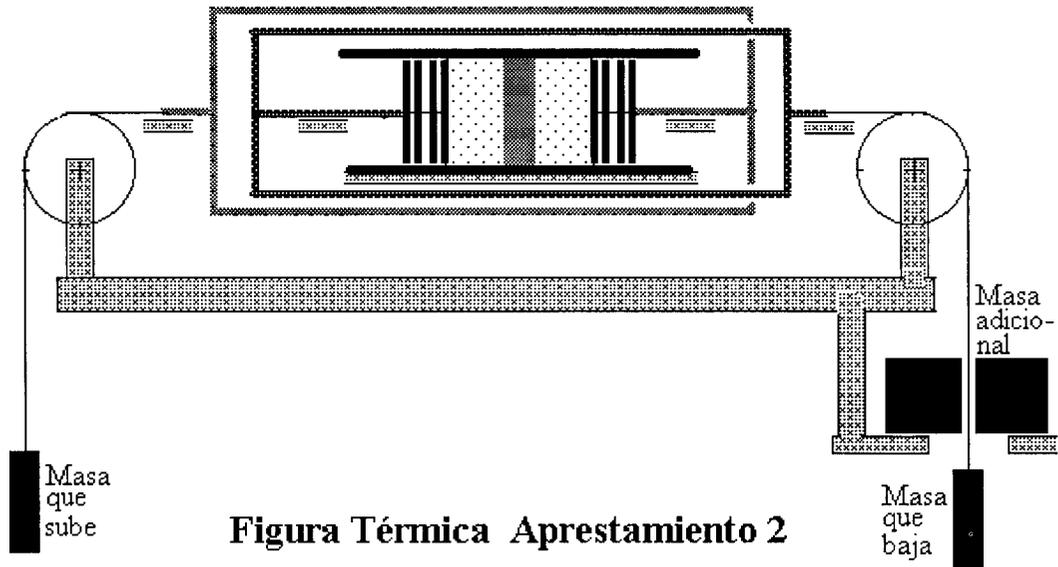


Figura Térmica Aprestamiento 2

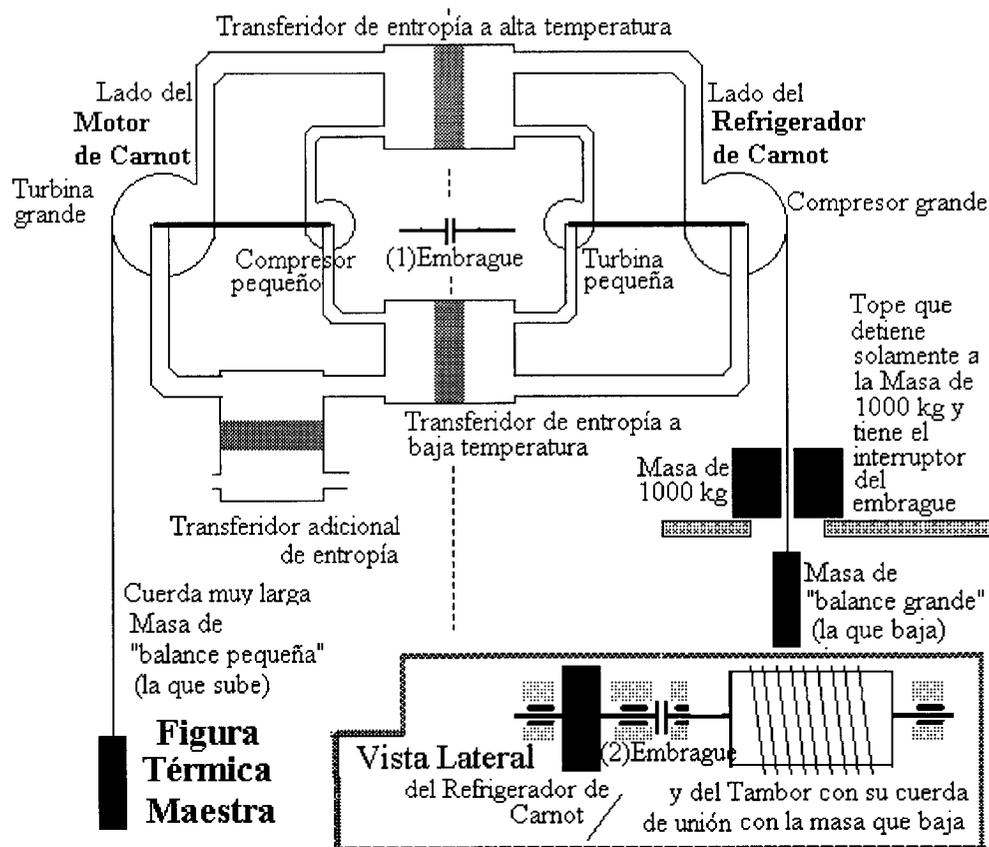


Figura Térmica Maestra

Así, viendo la figura en consideración se debe constatar la presencia del equipo que en la jerga de la disciplina termodinámica se llama intercambiador de calor, **pero aquí se lo debe llamar transmisor de entropía**. Esto funciona de la siguiente forma: si se hunde el pistón de uno de los lados del émbolo, sucede que entre otras cosas se aumenta la temperatura; pero este aumento de temperatura, como la pared intercalada es un transmisor térmico perfecto, determina que en la otra cámara del émbolo aumente la presión, y entonces se aumenta el volumen trasladándose el vástago de esta segunda cámara.

Y considerando todo esto intercalado en la Máquina de Atwood, accionándose los pistones por medio de unos yugos como se muestra en la citada figura, se tiene que la etapa de operación acelerada es la sencilla de siempre, porque se puede intercalar un acople entre los dos yugos, y así la transmisión de potencia es la muy simple mecánica. Pero al chocar la masa adicional con el tope se tiene un circuito que desacopla la unión de los yugos; y entonces la transmisión de potencia continúa por la vía térmica, de la cual espero estar convencido al respecto.

Al concepto intelectual del **eslabón térmico** que al trasladarse entre las cámaras del émbolo mostrado determina que entre las masas de la máquina en consideración se siga transmitiendo la potencia se lo llama **entropía**. Lo más útil de este concepto es que es similar al concepto de la cuerda de la Figura Mecánica Intercalar, la cual puede transmitir distintas potencias; aquí también si a las masas se les sustituye por unas masas mayores, para la misma transmisión de entropía se transmite mayor cantidad de entalpía, la cual considerándola en el tiempo corresponde a mayor transmisión de potencia. En la máquina mecánica, al ponerse masas mayores, la cuerda funciona estando más tensa; en la máquina térmica, al ponerse masas mayores, la entropía funciona en mayor condición de temperatura, y en ambos casos se transmite mayor cantidad de potencia.

Con todo esto se puede pasar a estudiar la Figura Térmica Maestra, donde se pone en ciclo todo lo anteriormente estudiado. En el lado derecho de esta figura entra en escena el denominado REFRIGERADOR DE CARNOT, el cual **"bombee a la entropía"** en forma que es conceptualmente equivalente a lo que hace la polea del lado derecho de la Figura Mecánica Maestra, la cual determina la circulación de la correa; que también corresponde a la **bomba hidráulica** de la Figura Hidráulica Maestra, esta determina la circulación del agua; que también corresponde al generador eléctrico de la Figura Eléctrica Maestra, promoviendo la circulación de la

corriente; y también corresponde al compresor de la Figura Neumática Maestra, que determina la circulación del aire.

En el lado izquierdo de esta misma Figura Térmica Maestra suceden los conceptos "espejos" de lo indicado en el párrafo anterior. Ahora lo correspondiente a la polea izquierda, que luego es la turbina hidráulica, que luego es el motor eléctrico, que luego es la turbina neumática, es el MOTOR DE CARNOT.

Para continuar estudiando esta figura ahora se debe constatar que se tienen dos tipos de embragues: El denominado 1º embrague corresponde al acople que se ha venido estudiando en las figuras anteriores; pero el denominado 2º embrague entra en escena esta oportunidad, y se lo tiene tanto entre el tambor y el Refrigerador de Carnot como entre el tambor y el Motor de Carnot.

Estos embragues se incluyeron para comenzar con el estudio que normalmente se hace del Teorema de Carnot. De esta forma, se comienza con los tres embragues acoplados en la etapa acelerada determinada por la participación de la masa adicional, pero justo al chocar esta gran masa con el tope se desacoplan los embragues tipo (2) (con lo cual caen las masas de balance, pero se toman las previsiones correspondientes para recibirlas), lo ideal sería el Refrigerador de Carnot y el Motor de Carnot quedaran funcionando con movimiento continuo.

Con el montaje anterior se puede expresar el teorema de Carnot en la siguiente forma: tanto el Refrigerador de Carnot como el motor de Carnot son equipos reversibles que toman su nombre según el oficio que se les asigne, y por ejemplo el motor de Carnot no puede ser más eficiente que el equipo reversible del caso, porque se llevaría al recipiente de alta temperatura (que es la pared transmisora de entropía) más entalpía que la que se toma, y se produciría el movimiento continuo sin aporte externo de entalpía. lo cual es imposible. Todo esto se expresa dentro de la Segunda Ley de la Termodinámica indicando que la energía térmica, potencia térmica en el tiempo, sólo puede fluir del recipiente de alta temperatura al recipiente de baja temperatura; y esto es igual a lo correspondiente a las diferencias de fuerzas del ámbito mecánico, y lo mismo sucede en el ámbito eléctrico, donde la energía fluye por la diferencia del potencial eléctrico.

Por lo tanto, la configuración anteriormente indicada para el aparato, donde está acoplado el primer embrague pero están desacoplados los segundos embragues, pronto deja de funcionar.

Pero como a este trabajo le quiero dar el "toque inventivo", ahora el estudio corresponde a que en la etapa acelerada están acoplados los tres embragues, pero en la etapa de operación a velocidad constante se desacopla el 1º embrague. **De esta forma todo se corresponde a los estudios anteriores**, donde en el caso ideal las masas de balance quedan trasladándose a velocidad constante. Y lo mejor de todo esto es que el aparato mostrado se puede construir y operarlo en la realidad, porque con sólo sustituir a la masa de balance que sube por el lado izquierdo por una masa bastante menor, resultan saldadas la cuenta de los roces y demás circunstancias que le disminuyen la eficiencia a este aparato.

La principal causa que le disminuye la eficiencia a este aparato no es la conocida de los roces y lo similar que le disminuye la eficiencia a los equipos indicados en los ámbitos anteriores, sino que como la pared de intercambio térmico de los transmisores de entropía no es perfecta, se genera entropía adicional que envía energía a otros receptores térmicos, y no se la transfiere a energía mecánica.

Para continuar con el estudio ahora uno se debe imaginar que en la Figura Térmica Maestra solo se muestra lo correspondiente al motor de Carnot. Así, si en la pared conductora térmica del transmisor de entropía a alta temperatura se aplica un depósito de energía térmica a alta temperatura, **que suele ser simplemente la llama de los motores**, y los dos receptores de entropía a baja temperatura mostrados se los sustituye por uno, se tiene que se le puede entregar por ejemplo a un agua de enfriamiento o a la atmósfera una cantidad de entropía que en lo ideal sería la misma suministrada por transmisor de alta temperatura pero que es mayor por las circunstancias de eficiencias. Y todo esto opera en forma análoga a lo correspondiente en los ámbitos anteriores. Como el caso más sencillo es el transmisor de potencia por medio de la correa, basta con indicar que lo mismo que allá con el mismo flujo de la correa se transmiten diferentes potencias mecánicas según lo tensa que esté la correa, aquí se transmite más potencia térmica por medio del aparato de entropía de alta temperatura que la devuelta (pierde en lo práctico) por medio del aparato de entropía que funciona a baja temperatura.

Esta diferencia de potencia térmica el Motor de Carnot la convierte en potencia mecánica, según el siguiente procedimiento:

El compresor del motor sólo le aumenta la entalpía al vapor por la vía de aumentarle la presión, pero en la cámara de combustión (cámara de transferencia

de entropía) al vapor se le aumenta además la entalpía por la vía de recepción de entropía a alta temperatura. De esta forma la turbina de potencia funciona como mayor diferencia de entalpía que la que recibe el compresor, quedando el remanente de potencia mecánica para poder ser aprovechado por el eje de la máquina.

El Refrigerador de Carnot funciona en la forma contraria correspondiente al Motor de Carnot ya explicado. Lo interesante es reafirmar que estos equipos quedan acoplados por medio del eslabón intelectual de la entropía, y aunque como dije desde el Preámbulo, esto es atroz bajo el punto de vista de la ingeniería, que es el reino de la aplicación práctica de los conceptos; resulta que es perfectamente considerable desde el punto de vista de los laboratorios de los científicos, y en resumen considero que este aparato es un aporte pedagógico pues facilita la captación de los conceptos. Este aparato es atroz porque es muchísimo menos eficiente que otros aparatos transmisores de potencia y además es muchísimo más caro; pero reafirmo que lo considero muy pedagógico, porque contribuye a la captación de los conocimientos, que es la razón de ser de este ensayo, en el cual se aprovechan analogías entre disciplinas.

Es muy interesante comentar que si el equipo anteriormente indicado que funciona con vapor es sustituido por uno donde la sustancia de trabajo sea el aire (por cierto el aire es el vapor sobrecalentado del aire líquido), se tiene que el Motor (Ciclo) de Carnot se convierte en uno de sus derivados, que es el Ciclo de Brayton, de uso en las turbinas de los aviones, donde el tubo de baja presión está abierto a la atmósfera y no se tiene el equipo receptor de entropía a baja temperatura porque la atmósfera se encarga de su función. Lo interesante es verificar que la gente suele comentar que no comprende el funcionamiento de estos equipos de los aviones. Comentan que comprenden el funcionamiento de los motores de Ciclo de Otto (que se suele usar en los automóviles de gasolina) y comprenden el funcionamiento de los motores de Ciclo de Diesel (de los camiones), porque en ambos la carrera de potencia del pistón del émbolo se realiza a *presiones* muy superiores que las otras carreras. Lo único que hay que informarle a estos amigos es que si bien la turbina de potencia funciona con diferencia de presiones igual o ligeramente inferior a la que levanta el compresor, **se tiene que hay mayor energía para convertirse en energía mecánica, siempre debida al aporte de energía que llega por la vía de la entropía a alta temperatura.**

Por todo esto es que acoté en el estudio del ámbito neumático, que la potencia del compresor y la potencia de su equipo espejo reversible, que es el motor neumático, son muy diferentes según sea la entropía de aire que en diversas oportunidades se tome en consideración.

Las ecuaciones relacionadas con la transmisión de potencia en el ámbito térmico se pueden deducir complicando un poco las ecuaciones relacionadas con la transmisión de potencia en el ámbito mecánico. **Para ello hay que elaborar en el ámbito mecánico un concepto equivalente al concepto de entropía del ámbito térmico.**

Con esto se tiene que a la ecuación

${}^cW = {}^cJ/kg \cdot {}^ckg/s$, se le puede analizar el término ${}^cJ/kg$ para que quede ${}^cN.m/kg$ y luego se cambia la forma para que quede ${}^c/m/kg \cdot {}^cN$ y si

ahora se multiplica por 1 N tanto el numerador como el denominador de la fracción ${}^c/m/kg$ se tiene ${}^cN.m/kg.N$ que corresponde a ${}^cJ/kgN$. Con todo esto la ecuación original queda:

${}^cW = {}^cJ/kg.N \cdot {}^cN \cdot {}^ckg/s$. Y como en el ámbito térmico la cantidad de fuerza guarda alguna relación con la cantidad de temperatura, se tiene al sustituir la cN por la cK , lo siguiente:

$${}^cW = {}^cJ/kg.K \cdot {}^cK \cdot {}^ckg/s$$

El término ${}^cJ/kg.K$ es la cantidad de entropía, y la combinación ${}^cJ/kg.K \cdot {}^cK$ es la cantidad de entalpía, que se mide en ${}^cJ/kg$.

Es importante aclarar que la entropía no es lineal (como se desprendería de la analogía mecánica que usé para explicarla) y uno de los desenvolvimientos más comunes para los cálculos es buscar su valor por medio de tablas elaboradas al respecto.

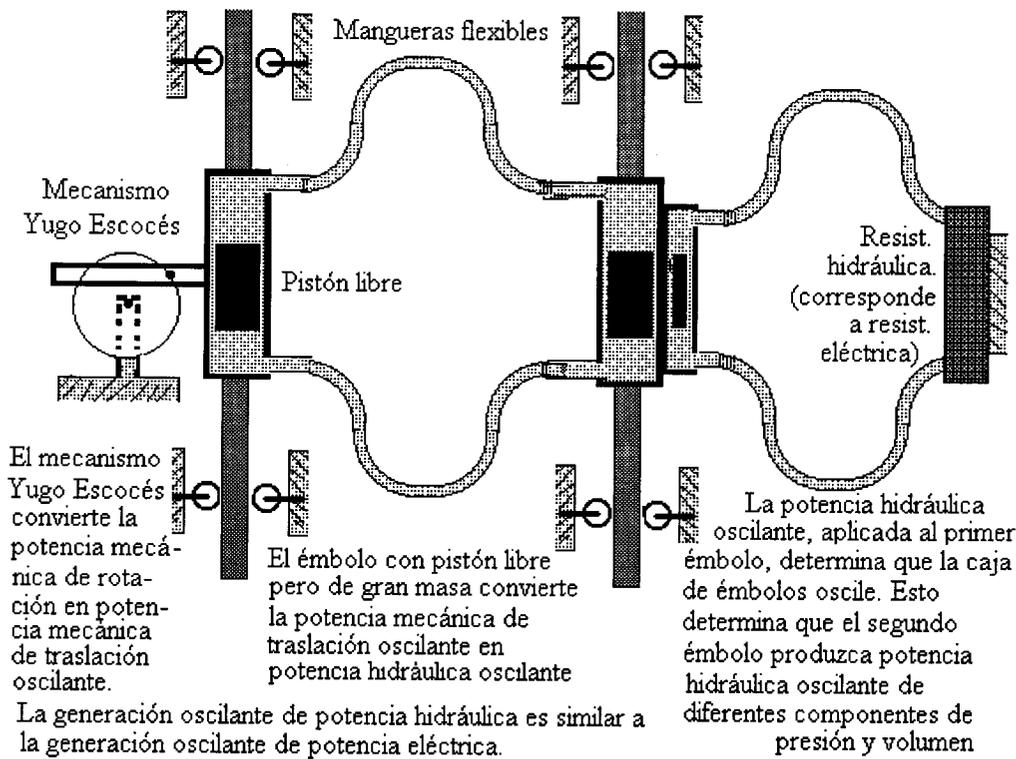


Figura Transf. Eléctricos

La transformación de los componentes de la potencia hidráulica oscilante es similar a la transformación de componentes de la potencia eléctrica oscilante.

Ambiente de Unidades de Equipos Oscilantes

Ahora se debe examinar la Figura Transformadores Eléctricos. La literatura está incluida en la figura en consideración y sólo hay que agregar que al concepto mecánico de mover en forma oscilante a la caja del émbolo que es parte del mecanismo Yugo Escocés, corresponde el concepto del flujo magnético del weber, Wb. De la misma forma de que el pistón tiene una determinada área, al concepto magnético del Wb/m² en el SI recibe el nombre especial de tesla, T. Y al concepto de que según sea mayor la masa del pistón este aparato funciona mejor, en lo magnético corresponde al concepto de inductancia, henry, H.

Todo esto aplica tanto en el equipo equivalente al generador eléctrico cuanto al equipo equivalente al transformador eléctrico. Lo importante sigue siendo que en lo ideal el generador eléctrico convierte toda la potencia mecánica que recibe en potencia eléctrica. Y el transformador eléctrico en lo ideal recibe y entrega la misma potencia eléctrica; lo único que se transforma son las componentes de la cantidad de voltios y la cantidad de amperios entre los bornes de entrada y los bornes de salida.

Cabe comentar que en lo mecánico sería mejor que el pistón de la bomba mostrada sea parte del eslabón oscilante del Yugo Escocés y el émbolo sea parte del eslabón fijo. Pero esto no se hizo porque en el ámbito electromagnético no existe el concepto de fuerzas (potenciales) relacionadas con eslabones fijos, y siempre hay que usar el concepto de variar en forma acelerada la corriente aplicada a las inductancias. Esto en lo mecánico corresponde a la fuerza inercial, la cual en el ensayo anterior insistí en que la considero un ente real y nunca ficticio.

Ahora se debe ver la Figura Condensadores Eléctricos donde se muestra un equipo mecánico equivalente a los condensadores eléctricos. En este equipo es muy importante reafirmar que se considera que el pistón no tiene masa y las únicas fuerzas relacionadas las produce el resorte.

Según se desplaza el flujo en este mecanismo se necesita aplicar mayor presión, pero se puede manejar mayor flujo según sea mayor el área del pistón, y siempre hay mayor desplazamiento según sea menor la constante de proporcionalidad del resorte. Esto corresponde al concepto eléctrico del Faradio, mientras de mayor capacidad sea el condensador se puede desplazar mayor cantidad de carga, coulombios, para el mismo aumento de potencial, voltios.

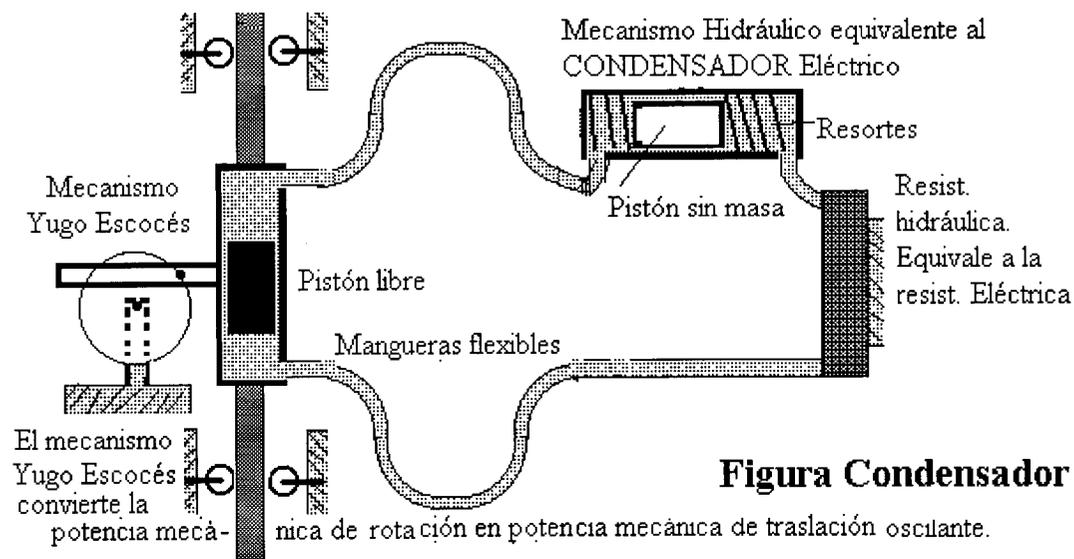


Figura Condensador

Ambiente de Unidades de Radiación

En este ámbito no se incluyó una figura porque basta con indicar que la energía se desliga de la materia cuando se difunde en la forma electromagnética radiante. Se debe considerar que en muchos equipos magnéticos se disponen piezas de acero o de hierro, pero el magnetismo funciona incluso en el vacío, y a esto se lo llama entrehierros. Y también se debe considerar que el dieléctrico de los condensadores puede ser de materiales especiales, pero también puede ser vacío. Todo esto induce a pensar que en el vacío se tienen conceptos parecidos a las inductancias y capacitancias, que determinan que la energía pueda fluir en forma radiante.

No conozco la causa por la cual en el SI se incluyó como equipo patrón para la potencia radiante luminosa a la Candela. Opino que esto es contrario al criterio del SI donde cada concepto se mide en todos los ámbitos con la misma unidad. El caso más descriptivo del criterio del SI es el de la unidad de potencia, vatio, que se aplica tanto en la disciplina eléctrica cuanto en la disciplina mecánica y en la disciplina térmica y en todas las disciplinas. De la misma forma que ya en lo térmico no existe el equivalente mecánico de calor porque no se incluyen las unidades que se llamaban caloría BTU etc. sino sólo existe el julio, J, y fluyendo el vatio, W, se debería eliminar a la unidad la candela y todas sus unidades derivadas como el lumen y lux.

La intensidad lumínica puntual, potencia radiante puntual, se puede medir tanto en vatios cuanto en candelas. El flujo luminoso, flujo radiante, se puede medir tanto en lúmenes cuanto en vatios. A la iluminación, potencia radiante aplicada por unidad de área, se la puede medir tanto en luxes cuanto en vatios por metro cuadrado.

Se suele considerar como equivalente lumínico 683 lumen/vatio. Lo que se debería hacer es indicar la cantidad de vatios radiados en el rango luminoso por la cantidad de vatios entregados.

Una cosa muy interesante del ámbito radiante, luminoso, es que la potencia recibiendo disminuye en forma cuadrática según el receptor se aleja de la fuente puntual; pero si en el mismo plano donde se sitúa la fuente puntual se sitúan al centro de cada uno de los infinitos cuadrados de 1 m^2 otras fuentes puntuales, se tiene que la potencia recibiendo es independiente de la distancia con respecto a la fuente puntual, porque según se aumenta la distancia se recibe el aporte de las fuentes vecinas. Esto

especialmente es cierto si a las fuentes puntuales se las sustituye por fuentes esparcidas en sus correspondientes áreas. Cuando los fotógrafos quieren retratar una cara y las circunstancias son que la mayor iluminación está atrás, acercan su exposímetro a la cara y después toman la foto aunque el fondo salga velado.

Conclusión

Espero que con mis máquinas, todas inspiradas de la Máquina de Atwood, presenté un estudio entrelazado de las unidades, y por lo tanto espero haber contribuido a reafirmar que el SI es un sistema de unidades y no una simple yuxtaposición. Me permito comentar que en los trabajos tradicionales al SI se lo expresa en base a tablas donde se yuxtaponen las unidades, pero en este trabajo lo expresé en base a máquinas que considero ayudan a su mejor captación porque sintetizan a las unidades. (Yo respeto la naturaleza abstracta matemáticamente precisa del SI, pero considero se le pueden anexar máquinas que solo faciliten la captación de todo lo relacionado). Además espero haber presentado un documento pedagógico, porque todas mis máquinas se pueden construir en la práctica, al agregarle a la ingeniería conceptual que he presentado la ingeniería de detalle correspondiente.

Bibliografía

- NORMAN CAMPBELL (1981). El descubrimiento y la explicación de las leyes científicas. Imprenta Universitaria de Caracas. UCV. Cota Q 171 C 35. En la página 24 en el primer párrafo, dentro de una oración anota: "no tratamos de hallar leyes para predecir; tratamos sólo de dar con leyes que ordenen la experiencia con la que contamos."
- JOSEBA LASCURAIN. El SI y las Leyes sobre Pesas y Medidas Parte 1. Revista Tekhne N° 4 – 2000. Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Andrés Bello. Ver también la bibliografía incluida en este artículo.



MOUSE PARA MINUSVÁLIDOS

- Fazzino Michelangelo
- Sanchez Oswell

Planteamiento del Problema

El presente trabajo especial de grado, está inspirado en ayudar a aquellas personas que por alguna razón presentan problemas motores o de discapacidad. La idea fundamental es que puedan interactuar con las computadoras mediante un mouse, para que tengan la oportunidad de realizar las cosas que a diario realizan todos, y puedan integrarse más en los procesos de nuestra estructura social. Esto a través de una interfaz que permita a los usuarios hacer uso de las funciones de un mouse, apoyándose en el uso de una webcam y de un micrófono.

Actualmente, existe una diferencia muy notable entre las oportunidades que tienen las personas con problemas motores para interactuar con el mundo computacional, comparadas con las personas que no presentan problemas de salud. Ellos, estarían muy agradecidos de que la tecnología computacional les brindara nuevos avances que les permitan integrarse de manera más activa en los procesos que se llevan a cabo en nuestra estructura social. ¿Será posible desarrollar un tipo de mouse o ratón que les permita a las personas con discapacidades motoras interactuar con la tecnología en computación?

Objetivo General

Realizar un mouse que permita a personas con limitaciones físicas (minusválidas) interactuar con la computadora.

Justificación

Proveer un recurso mediante el cual las personas minusválidas puedan interactuar con las computadoras, parece una gran oportunidad para que puedan hacer uso de las máquinas, tal como lo hacen muchas personas a diario. Se les abrirían así otras posibilidades de participar más activamente, como por ejemplo, en empleos, intercambio de conocimientos entre otros.

Limitaciones y Alcances

El producto va dirigido especialmente hacia personas que tengan movilidad de la cabeza, que puedan hablar y posean el sentido visual. El mouse cumplirá con todas las funciones de un mouse común de dos (2) botones.

El mouse¹

El mouse o ratón, fue inventado por Douglas Engelbart en el Centro de Investigación de Stanford en 1963 y empezado a utilizar con fines comerciales por Xerox en los años 70. Esta invención representó un gran avance en el campo de las aplicaciones software ya que facilitó enormemente la comunicación con el usuario, permitiendo el desarrollo de programas basados en entornos gráficos.

Existen muchos tipos de mouse (mecánicos, optomecánicos, ópticos, inalámbricos) que se conectan con el PC de variadas formas (puerto serie, puerto PS/2, etc.). En 1983 Microsoft definió una interfaz de funciones para su mouse (MS-MOUSE) con el MS-DOS que posteriormente se ha establecido como un estándar para todos los controladores de mouse bajo dicho sistema operativo.

La posición que ocupa el mouse en la pantalla se define siempre en coordenadas gráficas, aunque se esté trabajando en modo texto, considerando tantos puntos en la pantalla como permita la tarjeta gráfica. Es importante destacar, que la zona sobre la que trabaja el mouse no coincide con la pantalla real. El mouse se mueve sobre una *pantalla virtual*, que depende del modo de video en el que se esté trabajando, es decir, de la resolución.

Discapacidad²

El término "discapacidad" fue aceptado por la Real Academia Española hace 10 años. Existen otros términos quizás más comunes como "incapacidad", "minusválido" o "inválido" pero estos pueden dar a entender que las personas con discapacidad son personas "sin habilidad", "de menor valor" o "sin valor". En comparación con estas acepciones, la discapacidad tiene que ver con "la disminución de una capacidad en algún área específica", por lo que el uso de este término reconoce que todos los individuos con discapacidades tienen mucho que contribuir a nuestra sociedad. Sin embargo, se hace necesario diferenciar los conceptos de:

Deficiencia: "es toda pérdida o anomalía de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica". O bien, "es una alteración anatómica o funcional que afecta a un individuo en la actividad de sus órganos."

Discapacidad: "es la consecuencia de una deficiencia, sobre las actividades físicas, intelectuales, afectivo-emocionales y sociales" o también se la puede definir como "toda restricción o ausencia (debido a una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano."

La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) define la discapacidad como "la pérdida de la capacidad funcional secundaria, con déficit en un órgano o función, y que trae como consecuencia una minusvalía en el funcionamiento intelectual y en la capacidad para afrontar las demandas cotidianas del entorno social."

Existen cuatro principales tipos de discapacidad, clasificadas según los ámbitos del ser humano al que afectan: Intelectual, Motora, Auditiva y Visual.

¹ [en línea]. Disponible en: <<http://atc.urg.es/~jbernier/asignaturas/perifericos/practicas/practica2.pdf>> [25-07-2003].

² Discapacidad. Que es?. 2002. Disponible en: <http://www.cilsa.com.ar/web_espanol/discapacidad/que_es.asp>.

Discapacidad motora³

Se define como discapacidad física o motora a la dificultad para realizar actividades motoras convencionales. Esta dificultad puede deberse a múltiples causas, sean congénitas o adquiridas.

Java Media Framework (JMF)⁴

El API (Application Programming Interface) de JMF (Java Media Framework), es una definición de la interfaz utilizada por Java para la utilización de datos multimedia. Como definición de interfaz, JMF indica cómo los proveedores de dichas clases deben encapsularlas y registrarlas en el sistema. Permite a las aplicaciones Java incluir componentes de audio, video, así como capturar, reproducir y decodificar múltiples formatos.

JMF ha sido desarrollada por Sun Microsystems e IBM y no está incluida en las especificaciones de Java 2 o en la máquina virtual, por lo que es necesario obtener el paquete adicional que contiene el JMF para la plataforma que se esté utilizando. JMF, básicamente, realiza tres pasos para el tratamiento de datos multimedia: la adquisición de datos, captura desde un dispositivo físico, lectura de un archivo o recepción desde la red; procesado, aplicación de efectos como filtrado o realces, compresión y/o descompresión, conversión entre formatos; y la salida de datos, presentación, almacenamiento en archivo o transmisión a través de la red.

Java Speech API (JSAPI)^{5,6,7}

El JSAPI, desarrollado por Sun Microsystems en cooperación con compañías de tecnología del discurso (Apple Computer Inc., AT&T, Dragon Systems Inc., IBM Corporation, Novell Inc., Philips Speech Processing, Texas Instruments Incorporated, entre otras), define una interfaz del software que les permite a los

diseñadores aprovechar la tecnología del discurso. El JSAPI define un estándar fácil de usar y soporta dos tecnologías del discurso: el reconocimiento del discurso y el sintetizador del discurso.

El reconocimiento del discurso proporciona la habilidad a las computadoras para escuchar el idioma hablado y determinar lo que se ha dicho. En otros términos, procesa la entrada de audio que contiene el discurso convirtiéndolo en texto. La síntesis del discurso proporciona el proceso inverso de producir el discurso, sintetiza el texto generado por una aplicación, un applet o un usuario y lo convierte en sonido.

La manera principal en que una aplicación controla la actividad de un reconocedor de voz es por medio de las gramáticas. Una gramática es un objeto en el JSAPI que indica qué palabras se espera que diga un usuario y en qué modelos esas palabras pueden ocurrir.

Uno de los mayores beneficios de incorporar la voz en una aplicación es que la voz es natural: las personas encuentran que hablar es fácil, la conversación es una habilidad que la mayoría la domina a temprana edad en la vida.

Proceso Unificado⁸

Para el desarrollo de esta tesis, se utilizó la metodología del Proceso Unificado, que consiste en un proceso de desarrollo de software. Un proceso que busca mediante una serie de actividades transformar los requisitos de un usuario en un sistema software.

El Proceso Unificado, se basa en componentes software interconectados por interfaces bien definidas, además utiliza UML (Lenguaje Unificado de Modelado), para preparar todos los esquemas que se necesitan para describir un sistema. El Proceso Unificado puede definirse en tres frases claves: dirigido por casos de usos, centrado en la arquitectura e iterativo-incremental. Para poder lograr los objetivos se necesitan pasar por cuatro (4) fases de trabajo

³ Discapacidad. Discapacidad Motora. 2002. Disponible en: <http://www.cilsa.com.ar/web_espanol/discapacidad/motora.asp>.

⁴ PRADES, Carlos. (2001). Tratamiento multimedia en Java con JMF. [en línea]. Disponible en: <<http://cprades.eresmas.com/Tecnica/programarJMF.pdf>>.

⁵ Sun microsystems. (1998). Java Speech API Programmer's Guide [en línea]. Disponible en: <<http://java.sun.com/products/java-media/speech/forDevelopers/jsapi-guide.pdf>>.

⁶ Sun microsystems. (1998). Java Speech Grammar Format Specification [en línea]. Disponible en: <<http://java.sun.com/products/java-media/speech/forDevelopers/JSGF.pdf>>.

⁷ Sun microsystems. (1997). Java Speech Markup Language Specification [en línea]. Disponible en: <<http://java.sun.com/products/java-media/speech/forDevelopers/JSML.pdf>>.

⁸ JACOBSON, I., BOOCH, G. y RUMBAUGH, J. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. España, Addison Wesley. 2000. pp. 4-123.

(Inicio, Elaboración, construcción y Transición), además en cada una de ellas se debe cumplir cinco (5) flujos de trabajo (requisito, Análisis, Diseño, Implementación y Prueba).

Desarrollo del prototipo

El desarrollo será descrito en función de los flujos de trabajo y del resultado arrojado por todas las iteraciones que se llevaron a cabo.

Captura de Requisitos

En las primeras iteraciones se consultaron a cinco (5) doctores los cuales argumentaron que “la dificultad motora de los pacientes varía según la discapacidad que cada uno posea”. Luego de recopilar la información, se concluyó, según los datos de los médicos, que el 80% de los pacientes conservan la función motora del cuello, el sentido de visión y el lenguaje.

En las siguientes iteraciones, se averiguó sobre las funciones de un mouse común de dos (2) botones (Tabla 4.1). Los requisitos mostrados en la tabla anterior se realizan combinando o no el movimiento del mouse con el hecho de dejar o no presionado cualquiera de los dos (2) botones.

Número	Requisito
1	Mover puntero
2	Presionar botón izquierdo
3	Presionar botón derecho
4	Presionar 2 veces botón derecho
5	Seleccionar objetos
6	Arrastrar objetos con botón izquierdo
7	Arrastrar objetos con botón derecho

Tabla 4.1. Requisitos obtenidos del mouse. Creada por los autores.

Luego se buscó información de cómo los dispositivos hardware (webcam y micrófono) se comunican con el computador y como envían los datos a este. En esta búsqueda, se investigaron varios lenguajes de programación, entre ellos estaban: Visual Basic, Visual C++, C++ y Java. Se encontró que la comunicación estaba contemplada muy bien por las APIs de Java, haciéndola fácil para el programador y permitiéndole tener el control sobre los mismos, lo que originó que Java, fuera seleccionado como lenguaje de desarrollo para esta tesis. Además influyó, la portabilidad que ofrece Java para que el sistema pueda instalarse en diversos sistemas operativos.

En las siguientes iteraciones se buscaron reconocedores de voz para el programa. De estos se encontraron los de idioma inglés, español y chino, de los cuales se seleccionaría el mejor en futuras iteraciones.

Análisis

En las primeras iteraciones del análisis, se determinaron las barreras, inconvenientes y obstáculos para buscar cómo eliminarlos o minimizarlos. Este análisis arrojó los siguientes resultados (Tabla 4.2):

Obstáculo	Inconveniente	Acción Tomada
Realizar un prototipo de casco que permita mover el puntero del mouse.	Incomodo para usar, y obliga a la persona a estar unido al computador por medio de cables.	Realizar un prototipo que ofreciera al usuario una forma más libre de interactuar con el computador, con la ayuda de una webcam.
Realizar un dispositivo que permita ejecutar los comandos del mouse, mediante la presión de aire.	Engorroso para usar, debido a su funcionamiento.	Ejecutar los comandos del mouse, mediante la voz con la ayuda de un micrófono.
Seleccionar el color que se utilizaría en el análisis de las imágenes.	Problemas en el análisis, debido a que las componentes RGB de los píxeles son afectadas por los colores del espacio físico donde se encuentra el usuario, generando imprecisiones en los cálculos.	Buscar un color tal que minimice el rango de error en los cálculos arrojados por el análisis de las imágenes.

Tabla 4.2. Obstáculos encontrados. Creada por los autores

En las siguientes iteraciones se procede a desarrollar los casos de uso a partir de los requerimientos obtenidos en las iteraciones iniciales, y para cada uno se describió en detalle: la pre-condición, el flujo principal, los sub-flujos y los flujos alternos. Luego, se elaboró un modelo de casos de uso, que englobaba la funcionalidad total del sistema (Fig. 4.3).

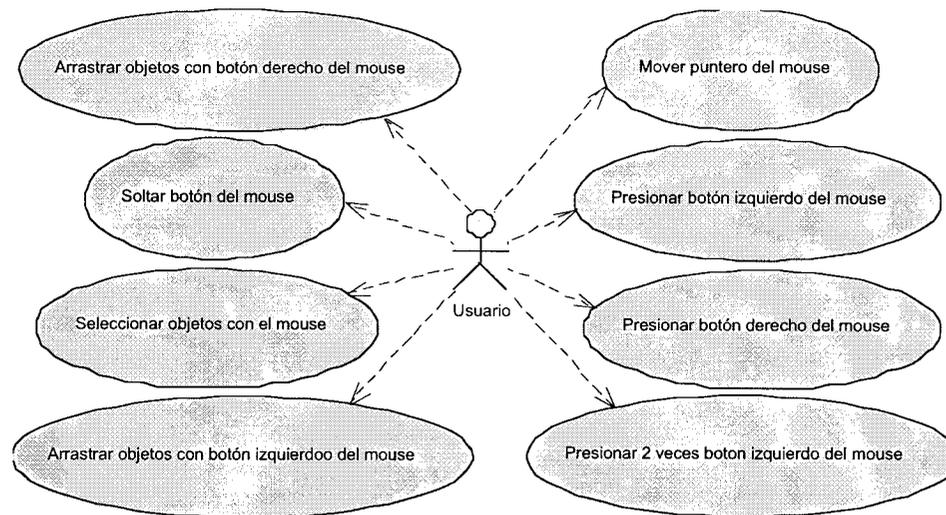


Fig. 4.3 Modelo general de casos de usos. Creado por los autores.

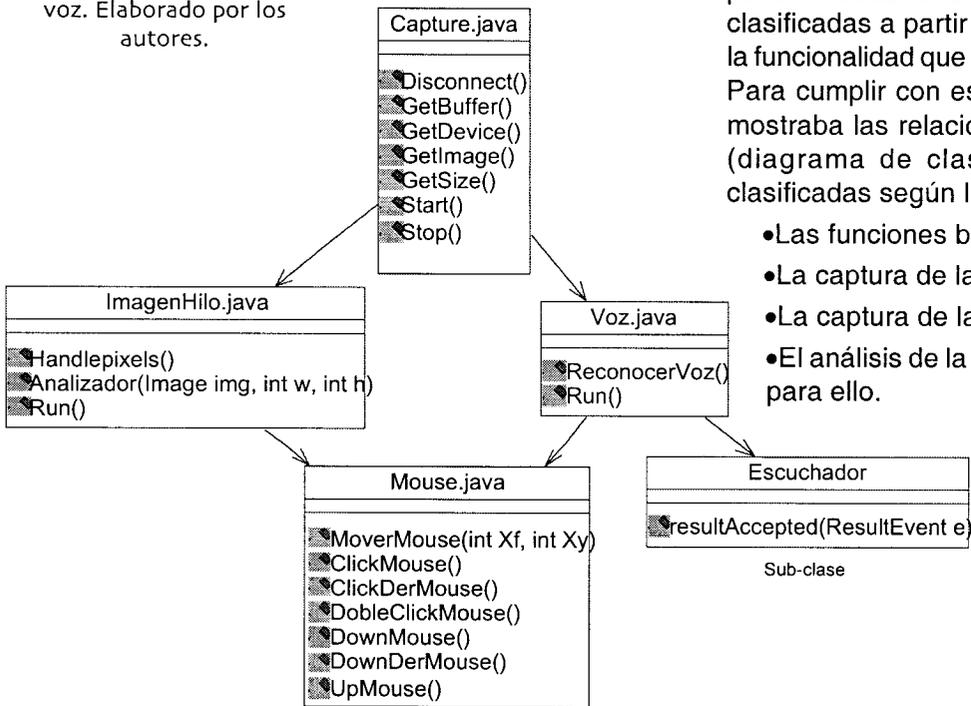
Cada caso de uso de la figura anterior, representa una función que puede ejecutar el usuario dentro del sistema. A continuación se describe brevemente que hace cada uno de ellos (Tabla 4.4).

Caso de uso	Descripción
Mover puntero del mouse.	Este caso de uso mueve el puntero del mouse a la posición deseada.
Presionar botón izquierdo del mouse.	Este caso de uso simula el pulsar y soltar el botón izquierdo del mouse una vez (clic izquierdo).
Presionar botón derecho del mouse.	Este caso de uso simula el pulsar y soltar el botón derecho del mouse una vez (clic derecho).
Presionar 2 veces botón izquierdo del mouse.	Este caso de uso simula el pulsar y soltar el botón izquierdo del mouse dos veces seguidas (doble clic).
Seleccionar objetos con el mouse	Este caso de uso simula el seleccionar uno o varios objetos de windows con el mouse.
Arrastrar objetos con botón izquierdo del mouse.	Este caso de uso simula el arrastrar objetos de windows con el botón izquierdo del mouse.
Arrastrar objetos con botón derecho del mouse	Este caso de uso simula el arrastrar objetos de windows con el botón derecho del mouse.
Soltar botón del mouse.	Este caso de uso simula el soltar el botón que este presionado del mouse.

Tabla 4.4. Casos de uso. Creada por los autores.

Diseño

Fig. 4.6. Diagrama de secuencia de comandos de voz. Elaborado por los autores.



Se dio inicio a la identificación de las clases necesarias para el desarrollo del producto. Estas clases fueron clasificadas a partir del modelo de casos de uso y según la funcionalidad que podían ejercer dentro del sistema final. Para cumplir con esta tarea se realizó un diagrama que mostraba las relaciones e interacciones entre las clases (diagrama de clases, Fig. 4.5). Las clases fueron clasificadas según los siguientes usos:

- Las funciones básicas del mouse.
- La captura de las imágenes desde la webcam.
- La captura de la voz, desde el micrófono.
- El análisis de la imagen, por medio de algún algoritmo para ello.

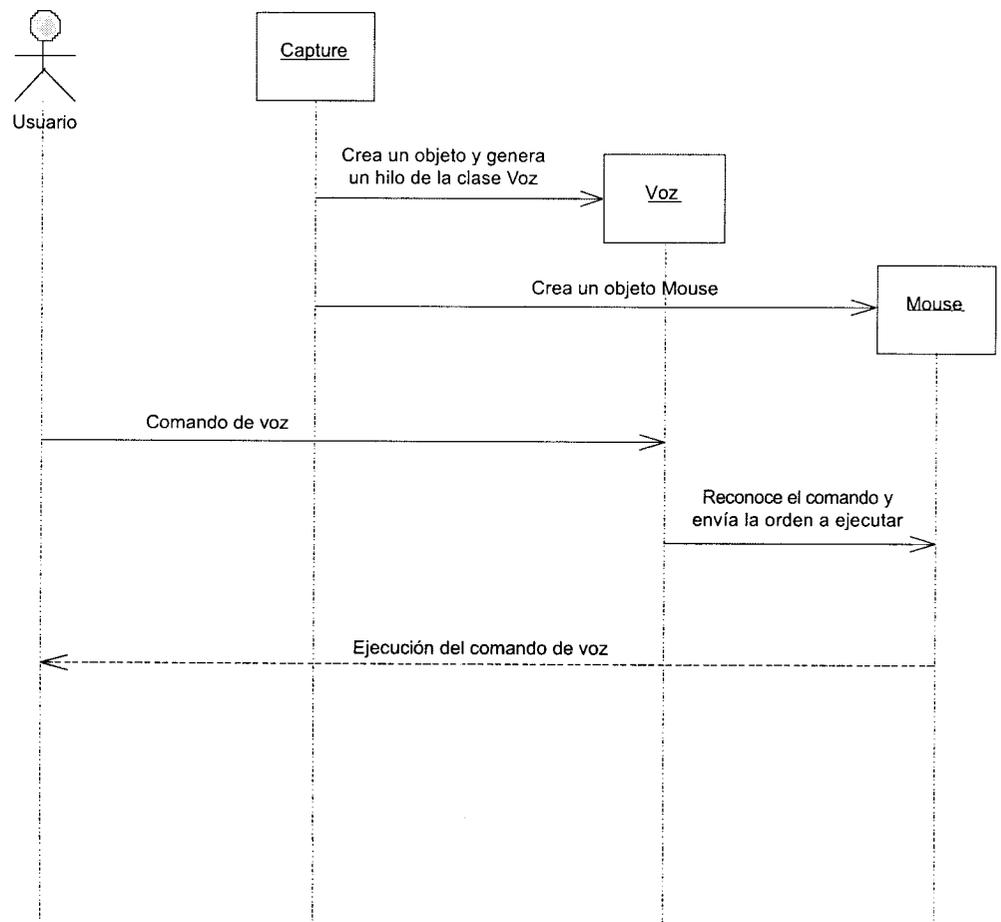


Fig. 4.5. Diagrama de clases del sistema. Cada elemento dentro de una clase es un método de la misma. Elaborado por los autores.

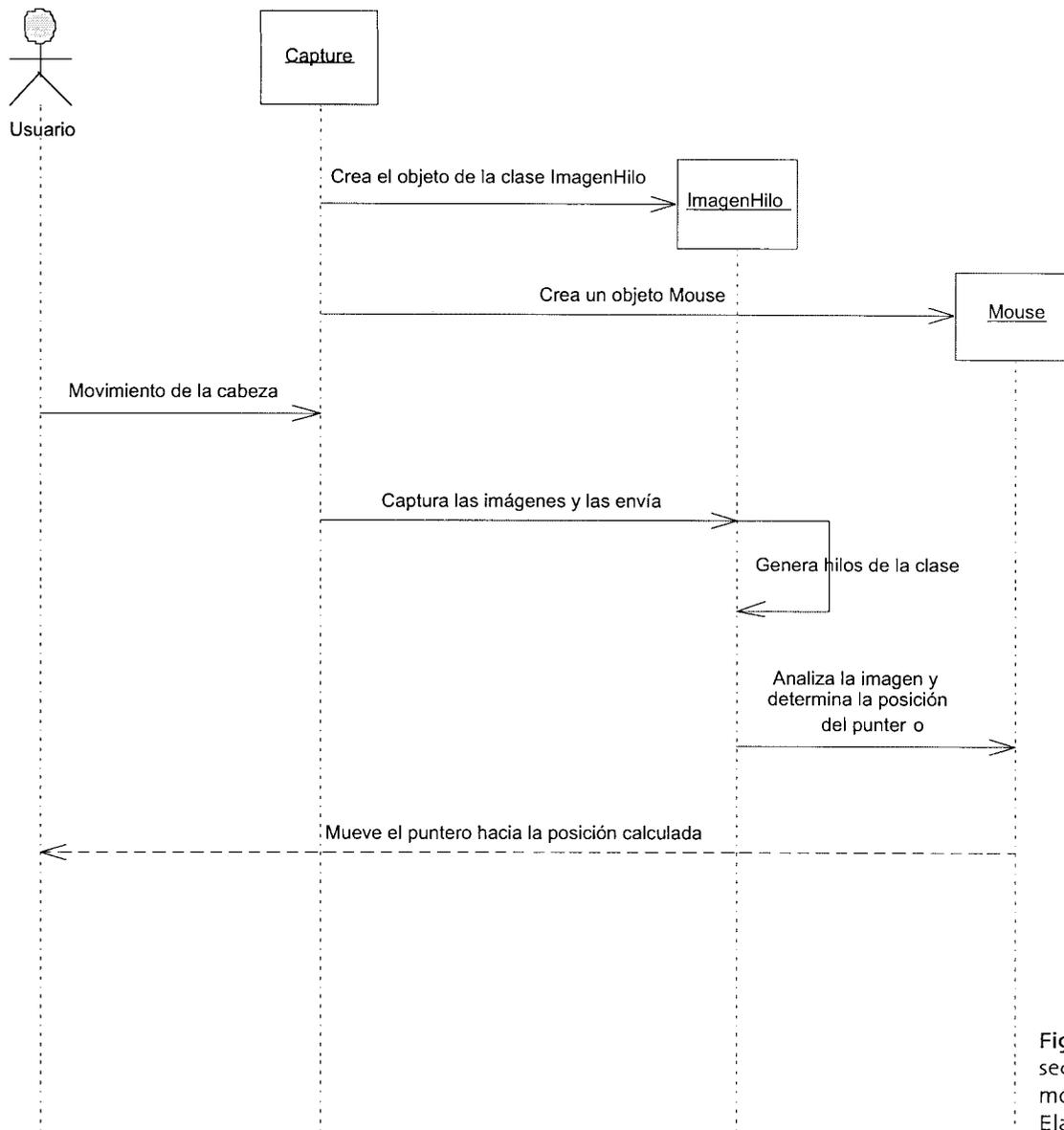


Fig. 4.7. Diagrama de secuencia del movimiento del puntero. Elaborado por los autores.

Además, se realizaron los diagramas de secuencia, para establecer el flujo de información entre los actores y las clases (Fig. 4.6 y Fig. 4.7). Dicho flujo, permitió definir los parámetros que necesitaban enviarse cada una de las clases, obteniéndose una mejor visión de éstas a nivel de funcionamiento.

La figura 4.6, muestra como es la secuencia que se lleva a cabo para ejecutar un comando de voz. Primero la clase *Capture*, crea un objeto de las clases *Voz* y *Mouse*. A partir de aquí, el usuario, puede ejecutar un comando de voz, el cual será recibido y analizado por la clase *Voz*. Inmediatamente, el

resultado es informado a la clase *Mouse*, para que realice la acción y la haga visible al usuario.

La figura 4.7, muestra como es la secuencia que se lleva a cabo para mover el puntero del mouse. Primero la clase *Capture*, crea un objeto de las clases *ImagenHilo* y *Mouse*. A partir de aquí, el usuario puede realizar movimientos de la cabeza, los cuales son capturados y analizados por la clase *ImageHilo*, que genera varios hilos para realizar esta tarea. El resultado es informado a la clase *Mouse*, para que realice el movimiento y lo haga visible al usuario.

Implementación

Una vez terminado el modelo de casos de uso, el diagrama de clases y el diagrama de secuencias, se procede a la culminación de la arquitectura. A partir de aquí, se definieron las clases que serían implementadas físicamente. Ellas fueron: *Capture.java*, *Voz.java*, *Mouse.java* e *ImagenHilo.java*, según la funcionalidad que debían aportar al sistema final.

Captura de imágenes: Esta tarea está delegada a la clase *Capture.java*, que por medio de sus métodos puede obtener imágenes desde una webcam. El primer paso para la captura de las imágenes es buscar los dispositivos hardware que están instalados en el equipo de los cuales se pueden recibir imágenes, entre ellos: escáneres, webcam, cámaras digitales, etc. Luego de obtener la lista de dispositivos, se selecciona aquel referido a una webcam, en caso de que no exista ninguno el sistema emite un mensaje para indicar la situación. Posteriormente, se establecen los parámetros necesarios para la comunicación con la webcam, es decir, la creación de la fuente de datos, el tamaño de las imágenes, el tipo de formato multimedia a procesar, etc. Se crea además un player, que recibe el flujo de información y proporciona la fuente de datos, para poder procesarla y analizarla en el momento indicado.

Una vez establecida la comunicación con la webcam, por medio del player, se procede a convertir el flujo de información en imágenes consecutivas, que son enviadas hacia un analizador para que las examine (*ImagenHilo.java*). Cada vez que el sistema por medio de la webcam obtiene una nueva imagen, ésta se envía de inmediato al analizador. Durante todo el tiempo que el sistema está activo, se repite el ciclo de capturar y analizar las imágenes.

Procesamiento de imágenes: Esta labor es realizada por la clase *ImagenHilo.java*. El procedimiento se inicia cuando la clase *Capture.java* envía una imagen para ser analizada. Dicha imagen es segmentada en nueve (9) recuadros, que indican una dirección de movimiento (Fig. 4.9). Luego por cada dirección, se genera un hilo para que analice su porción de la imagen. El análisis que realiza cada hilo consiste en buscar dentro de la porción de la imagen que le corresponde, los píxeles de color azul que se encuentran allí y llevar un conteo de los mismos. Cuando todos los hilos terminen su conteo, se verifica cuál de ellos encontró la mayor cantidad de píxeles. Finalmente, el puntero del mouse se mueve en velocidad constante hacia esa dirección, con la ayuda de la clase *Mouse.java*.

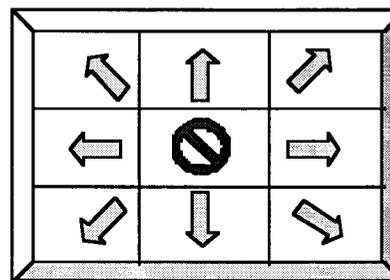


Fig. 4.9. Direcciones de movimientos. Elaborado por los autores

Procesamiento de la voz: Esta labor es realizada por la clase *Voz.java*, y se define dentro de esta clase, una gramática que contiene la sintaxis de las palabras que serán permitidas captar del usuario. Dicha gramática necesita que un reconocedor de voz esté activo para que reciba el sonido desde un micrófono. Este reconocedor de voz no forma parte de este sistema, por lo cual el equipo debe contar con uno para que el reconocimiento de palabras pueda funcionar. Se encontraron varios reconocedores en idiomas diferentes. Luego de realizar las pruebas pertinentes, se determinó que el que mejor funcionaba era el de idioma inglés, el cual es el utilizado por este sistema.

El sistema cuando es iniciado genera una lista con todos los reconocedores de voz que tenga el equipo y luego selecciona uno que esté en el idioma inglés. En caso de que la lista esté vacía o no exista un reconocedor en inglés, el sistema envía un mensaje e indica la situación. Una vez completada la selección del reconocedor, se coloca en estado *escuchando* y se le asignan los recursos requeridos para que funcione; inmediatamente la gramática es activada y colocada en estado activo para ser usada por el reconocedor.

El sistema genera un hilo del programa principal que se encargará de procesar todos los comandos de voz que el usuario proporcione. Este hilo permanece activo durante el tiempo que el sistema se mantiene en ejecución. Por lo tanto, el usuario puede introducir el comando de voz que desee ejecutar en cualquier momento, una vez iniciado y activado el sistema. Estos comandos de voz son procesados por el reconocedor, el cual detecta la expresión y genera un evento por medio de la clase *Mouse.java* para que el sistema operativo lo procese (estado *procesando*). Si el reconocedor encuentra que la palabra no satisface la gramática activa, se coloca nuevamente en estado *escuchando*, en espera de un nuevo comando de voz.

Manejo del mouse: Esta labor es desempeñada por la clase *Mouse.java*, que permite ejecutar todas las operaciones desempeñadas por un mouse estándar de dos (2) botones. Para la realización de éstas, es necesario el apoyo de las clases "java.awt.GraphicsEnvironment", "java.awt.event.InputEvent", y "java.awt.Robot".

La primera se utiliza para capturar la configuración de la pantalla principal o de fondo, dicha configuración obtiene mucha información sobre la misma, como por ejemplo los objetos que se encuentran dentro de ella o la cantidad de color en píxeles que soporta; para este sistema es vital debido a que informa sobre la resolución o las dimensiones dentro de las cuales será ubicado el puntero. En ocasiones será necesario saber si la pantalla gráfica principal contiene objetos, como por ejemplo, ventanas gráficas, íconos, botones, entre otros, y así poder interactuar con ellos.

La segunda clase en conjunto, con la tercera citada anteriormente, generan eventos que permiten ser atrapados por el sistema operativo para su posterior ejecución. Estos eventos pueden ser orientados hacia el teclado o el mouse. Si están orientados al mouse, se realizan acciones como: dejar presionado un botón por un período de tiempo, liberar un botón que haya sido presionado, mover el puntero hacia una posición de la pantalla, entre otras. El sistema operativo al escuchar el evento generado por estas clases, lo recibe y lo procesa sobre los objetos que se encuentren activos dentro de la pantalla principal. Para este sistema, sólo se hace uso de los eventos orientados al mouse.

Pruebas

Para la realización de este trabajo, se realizaron pruebas de caja negra mediante los casos de prueba, con la finalidad de verificar cada uno de los casos de uso del sistema. Todas estas arrojaron los resultados señalados en los propios casos de uso.

Condiciones de uso

A continuación se exponen las condiciones ideales para que el producto funcione correctamente, estas fueron obtenidas durante el periodo de desarrollo del proyecto, las cuales son:

- El equipo donde va a funcionar el sistema debe estar en buenas condiciones a nivel de hardware y software.

- La webcam debe estar enfocada hacia la cara de la persona que va a utilizar el mouse de manera que ésta quede frente al lente de la cámara.
- El espacio físico donde se encuentre el usuario debe estar iluminado con luz de neón blanca.
- El espacio físico donde se encuentre el usuario debe prescindir de colores iguales o cercanos al color azul.
- Es importante destacar que en el lugar físico donde se encuentre el usuario, debe mantenerse un mínimo de ruido para que los comandos de voz puedan ser procesados correctamente.

Conclusión

Con este producto, se aumentan las posibilidades de que las personas minusválidas puedan encontrar trabajos, enseñar a otras personas, realizar cosas cotidianas como revisar el correo, realizar un documento digital, conectarse a Internet, entre otras. Al mismo tiempo se les brinda la oportunidad de integrarse a la tecnología y a que no se sientan rechazados por la misma.

La facilidad de uso y el confort están contemplados en este sistema, debido a que las acciones para manejarlo son sencillas y de fácil aprendizaje. Esto le da un valor agregado al sistema permitiendo que su uso se extienda a otras personas y aplicaciones.

Este trabajo puede ser el inicio para que otras personas se motiven a realizar otros productos que ayuden a las personas con problemas motores a que poco a poco formen parte del apasionante mundo informático.



EL INDICADOR DE SEGURIDAD EN CONSTRUCCIÓN ISC

- Juan Pablo Bujanda Armas
- Rafael Enrique Ramón de los Ríos

Al hablar de industria en Venezuela, lo común es que el grueso de las personas asocie dicho término con grandes fábricas, chimeneas enormes que lanzan al aire día y noche sus humos y cenizas. Pocas veces se asocia el término con la llamada Industria de la Construcción, y en muchos de los casos, se utiliza como uno de los muchos lugares comunes que se suelen conseguir en la prensa y en los medios de comunicación masiva, sin detenerse a pensar mucho en lo que quiere decir el término "industria" o en los motivos por los cuales nos referimos con ese nombre a la construcción.

Resulta interesante evaluar, hasta qué punto en Venezuela se puede decir que existe una "industria" de la construcción, al menos de conformidad con los estándares industriales de otras ramas de la economía tanto mundial como venezolana. Si bien es innegable que se han hecho obras de envergadura, haciendo uso de tecnologías muy modernas y en tiempos antes inimaginables, no se puede negar, que la generalidad de las empresas constructoras trabajan aún con métodos y prácticas no del todo eficientes y mucho menos seguras.

Aplicar el calificativo de "artesanal" a la industria de la construcción venezolana es algo que pocos objetarían. Las evidencias son muchísimas: métodos anticuados, alto porcentaje de trabajo manual, acabados y ejecución en general con apreciables márgenes de error y defectos, tiempos de ejecución altos y sobre todo, la casi total ausencia del sentido de búsqueda de la excelencia en la ejecución de los procesos constructivos.

Si se inculcase en los empresarios y obreros la conciencia sobre la importancia de la búsqueda de la calidad y de la excelencia, no sólo en áreas como las de la construcción y acabados, sino también en detalles como el trato a los obreros y la seguridad personal de éstos; no sólo por el intasable valor de la vida humana, sino también por los apreciables beneficios económicos, sanitarios, psicológicos y hasta sociales que se podrían derivar de un cambio de actitud hacia estos aspectos, otra sería la realidad de esta actividad económica, hasta el punto que podría dar, con ese sencillo cambio, un paso sumamente importante hacia su modernización para poder hacer honor al título de industria en nuestros días.

Al considerarse el cuidado minucioso de la seguridad personal de los trabajadores en obra una relación ganar-ganar, se lograría que las relaciones obrero-patrón fuesen mucho más fluidas, humanas y amistosas. Se rompería el paradigma de la "explotación" pues el patrono pasaría a ser un interesado más en que sus empleados trabajen en condiciones adecuadas de seguridad, pues lo contrario implicaría riesgos, con los potenciales costos en los que se incurriría al tener lugar un accidente laboral.

Partiendo de la base que existen incentivos suficientes para que un empresario de la construcción se plantee aplicar medidas para mejorar su desempeño en materia de seguridad en obra, lo relevante pasaría a ser la búsqueda de los métodos idóneos para llevar a cabo esas mejoras. La propuesta presentada a continuación, para evaluar dicho desempeño, sus puntos débiles y fuertes y para recomendar medidas adecuadas con el propósito de mejorarlo, es precisamente eso: un método práctico, sencillo y objetivo de evaluación y mejoramiento de los niveles de seguridad en el sitio de construcción de una obra determinada.

El problema

El análisis, la preservación y el mejoramiento de la seguridad e higiene industrial en las obras civiles en Venezuela, es un tema que a través de los años ha sido relegado a obras de gran magnitud e importancia. El paradigma más común en la industria es que la inversión en seguridad acarrea gastos mayores que los costos asociados a los accidentes que evitan. Esto ha traído como consecuencia que cada año los índices

de accidentes en el área de la construcción crezcan hasta alcanzar niveles alarmantes¹. Esto nos lleva a una serie de preguntas como son: ¿Son estos gastos en seguridad mayores a los asociados a los accidentes laborales?, ¿Cómo se puede generar un cambio de actitud hacia la seguridad en la industria de la construcción en Venezuela?, ¿Existe alguna forma de determinar el nivel de seguridad con que estamos laborando en la obra?, ¿Se están cumpliendo todas las normas y directrices en materia de seguridad en la obra?, ¿Se puede crear un sistema que permita determinar qué medidas preventivas o de protección es necesario implementar para un mejoramiento real de la seguridad en la obra? Todas estas interrogantes plantean la necesidad de crear una herramienta sencilla que permita a los constructores analizar sus niveles de seguridad, y así tomar las medidas necesarias para el mejoramiento de la misma.

El objetivo de la investigación

El objetivo del presente Trabajo de Grado es crear una herramienta práctica, sencilla y exenta de discrecionalidad para el análisis del nivel de seguridad e higiene industrial con que se trabaja en la construcción de obras civiles para fomentar un mayor cuidado de ésta en las construcciones en Venezuela.

I. El Indicador de Seguridad en Construcción (ISC)

El **ISC**, o Indicador de Seguridad en Construcción, es un número representativo del desempeño en materia de seguridad para el área de la construcción. Su cálculo se deriva de un sistema de inspección que permite, de una manera sencilla, gracias a un método de evaluación práctico, metódico y completo, conocer el nivel de desempeño en seguridad con que se está trabajando en la obra, de un modo preciso y exento de discrecionalidad.

El objetivo del sistema es evaluar mediante un mecanismo de fácil implementación, el desempeño de una determinada empresa en materia de seguridad en obra, con el fin de detectar a tiempo las potenciales fallas y sus causas, para corregirlas y así poder evitar accidentes laborales y las condiciones inseguras que potencialmente los podrían causar.

El modelo de evaluación **ISC** tiene una larga lista de potenciales usos. Entre dichos usos se podrían destacar los siguientes:

¹ Ver estadísticas en <http://www.mintra.gov.ve/inpsasel>

- Servir como criterio de evaluación y comparación para aseguradoras, promotores, bancos y sindicatos del desempeño real que en materia de seguridad se mantiene en la obra, para ser elemento de apoyo en negociaciones o discusiones que se vean afectadas por los aspectos vinculados con la seguridad en obra.
- Facilitar la toma de decisiones y jerarquizar la perentoriedad de su ejecución, con el fin de garantizar un mejoramiento eficiente, sustentable y ordenado de la seguridad en obra.
- Servir como un medio económico y efectivo para garantizar la preservación de la vida y la salud de los obreros de la construcción.
- Crear un nuevo sistema de calificación para las empresas constructoras basado en niveles de récord y desempeño en seguridad e higiene industrial, constituyendo una nueva área de competencia mercantil.
- Crear un mecanismo de fácil interpretación y uso, para que las empresas de la construcción puedan tener una visión objetiva de su propio desempeño en seguridad e higiene industrial.

II. Elementos principales del ISC

i. Formulario de Inspección

El **Formulario de inspección** es el recurso fundamental para la recopilación de la información en campo. Dicho formulario contiene todos y cada uno de los puntos que deberán ser inspeccionados a manera de un "check list" o lista de cotejos. Estos puntos con sus evaluaciones constituirán el conjunto de aspectos en función de los cuales se correrá el modelo para calcular el **ISC**. Los puntos abarcados en la evaluación, agrupados en dicho formulario, son el producto de un estudio exhaustivo de Normas y Leyes tanto nacionales como internacionales, así como la recopilación y puesta en práctica de sugerencias y directrices publicadas en múltiples obras de expertos que tratan la materia.

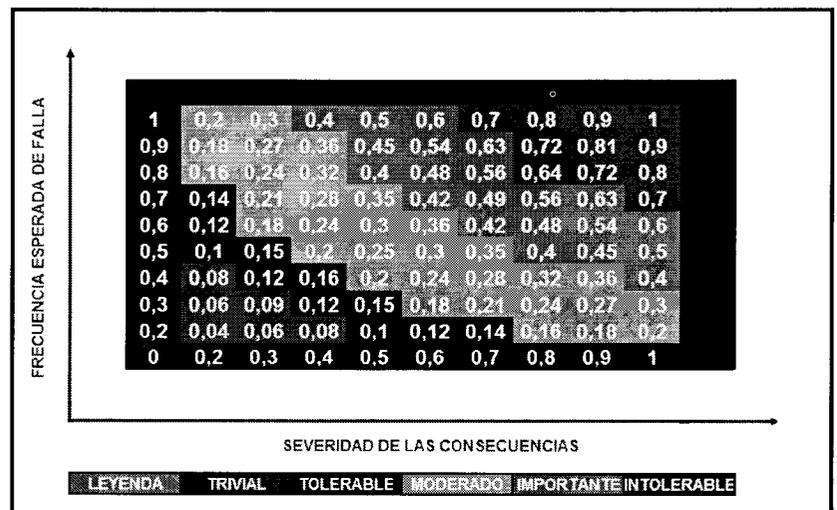
Como no en todas las obras civiles se realizan los mismos trabajos, el modelo descarta para el análisis aquellas tareas que para el momento de la inspección no se estén realizando en la obra, y es, además, perfectamente ajustable para evaluar particularidades inicialmente no incluidas en la versión por así llamarla, estándar o inicial.

Cada ítem de este "check list" estará asociado con un **factor de amplificación de influencia (FAI)** que, como su nombre lo indica, es un factor que hará pesar, más o menos, la calificación de un determinado aspecto en el cálculo del **ISC**. Esta importancia o peso característico, como se explicará posteriormente, proviene de la **matriz de ponderación de riesgos**. La confección de este **formulario de inspección** se hizo teniendo en cuenta las directrices y los ejemplos expuestos en el capítulo IV del "*OSHA Handbook for Small Business*".

ii. Matriz de Ponderación de Riesgos

La **matriz de ponderación de riesgos** es una herramienta fundamental para el procesamiento de la información usada para calcular el **ISC**. De ella provienen los factores asociados a la frecuencia esperada de falla y la severidad de las consecuencias de cada aspecto a evaluarse, y al discriminar de una forma práctica el peso o importancia de la calificación buena o mala, permite establecer una mayor o menor influencia a las calificaciones de los aspectos a evaluarse.

La **Matriz De Ponderación De Riesgos** del **ISC** se basa en la concepción de la "*matriz de análisis de riesgos*" según el *Risk Management and Prevention Program (RMPP)* de los Estados Unidos de América. La adaptación a los requerimientos matemáticos planteados por el modelo, se logra asignando un rango de posibles valores a las variables de la matriz. Dichas variables son **La Frecuencia esperada de ocurrencia de falla en cada ítem** y **La Severidad de las consecuencias de un accidente en esa materia**, como se observa a continuación:



Mediante el producto de dos factores completamente independientes entre sí, como lo son los asociados a las variables anteriormente mencionadas, se obtiene el **factor de amplificación de influencia (FAI)** de cada ítem.

$$FAI = F \times S$$

Donde **F** es el factor por frecuencia esperada de falla y **S** es el factor por severidad de consecuencias de un accidente en dicha área. Estas posibles combinaciones de productos, se presentan en forma de matriz. En dicha matriz se distinguen 5 zonas de perentoriedad de riesgos, cada una con su respectiva influencia en el **ISC**.

La interpretación del resultado del producto de ambos factores de influencia se puede distinguir gráficamente en la matriz. Las partes de la misma determinan en definitiva la urgencia o perentoriedad de la resolución de una determinada falla, que a su vez se traduce en un peso relativo mayor o menor en el resultado global del **ISC**. Por ejemplo, la ocurrencia de una falla en un determinado ítem al que se haya asignado un factor alto, tanto por frecuencia esperada de falla como por severidad de consecuencias, influirá más en la obtención de calificaciones inferiores de lo que influiría una falla en un ítem que tenga un menor **FAI**, bien sea por una, otra o ambas de las variables de las que este **FAI** depende. Por esto en los ítems de alto FAI, las soluciones de las causas que producen la falla se deben aplicar con mayor urgencia para mejorar el desempeño en seguridad en obra reflejado por el **ISC**, al cual "mueven" más.

iii. Factores de Amplificación de Influencia

Los factores de amplificación de influencia **FAI** son aquellos obtenidos de la multiplicación del factor asociado con **la frecuencia esperada de ocurrencia de falla en cada ítem** y del factor asociado con **la severidad de las consecuencias de un accidente en esa materia**. Estos factores son los que permiten asignar a cada ítem del **formulario de inspección** un peso específico, y una vez efectuada la corrida del modelo, obtener el **ISC**. Como se mencionó inicialmente, estos factores están predeterminados, pero sujetos a ajustarse sucesivamente mediante la retroalimentación del modelo con la información que éste procese en un período determinado de tiempo. Dicho ajuste afectará principalmente al **factor de frecuencia esperada de falla**, puesto que la determinación de dicho factor reviste mayor dificultad y no es sino tras sucesivas aplicaciones del modelo en una realidad puntual que dicho factor se irá

ajustando hasta converger con el valor real según cada caso, pues son múltiples las variables que lo afectan.

Dicha retroalimentación se llevará a cabo tras sucesivas corridas del modelo en obras distintas (clasificadas según su tamaño o tipo), lo que permitirá su ajuste y la valoración de la reincidencia y de las distintas tendencias que existan en obra. Una vez realizadas una cantidad representativa de calificaciones con el modelo, es recomendable ajustar todos los **factores de frecuencia esperada de falla** de la siguiente manera:

Factor de Frecuencia

Esperada de Falla

$$\text{Ajustado} = \frac{\text{Nº de fallas obtenidas}}{\text{Nº de evaluaciones realizadas}}$$

En todo caso, al ser necesarios unos números iniciales para comenzar a trabajar, se han asignado unos "factores predeterminados". Conviene indicar que la asignación de los factores de severidad de las consecuencias responden a criterios igualmente preestablecidos, sin embargo, al ser esta materia algo más sencillo de tasar, es poco probable que exista una divergencia considerable respecto a un valor de criterio aceptable para la generalidad de las empresas.

La asignación de estos factores está estrechamente vinculada con el concepto de lo que en el ambiente del modelo se conoce como "falla". Una falla es sinónimo, en el modelo **ISC** de una respuesta negativa a las preguntas del formulario de inspección que apliquen a la obra en evaluación. Al observarse una falla en un determinado aspecto de los contenidos en el **formulario de inspección**, se debe entender que la inmediata o posterior ocurrencia de un accidente, asociado a dicha falla, estará determinada por el producto de sus respectivos factores de frecuencia y severidad. Dicho producto aumenta o disminuye la perentoriedad de la solución de la falla para prevenir la ocurrencia del accidente. La condición es más desfavorable a medida que el **FAI** tiende a la unidad, es decir que tiende a tomar un valor de uno (1), haciendo más urgente la resolución de las causas que producen la falla.

La asignación de los factores predeterminados se realizó siguiendo un conjunto de lineamientos generales: se subdividió el rango de valores en 3 grandes zonas de frecuencia esperada y severidad de consecuencias según el caso. Tómese en cuenta que para que se verifique la independencia entre ambas variables, ésta asignación se hace en función

exclusiva de cada una por separado, sin tener en lo absoluto en cuenta la otra variable. Estos factores predeterminados fueron asignados de acuerdo con los siguientes criterios:

-Factor de frecuencia esperada de falla.

Siempre o casi siempre

F = 1: En aquellos aspectos del **formulario de inspección** en los cuales se estima que siempre existirán fallas.

F = 0.9: En aquellos aspectos del **formulario de inspección** donde se estima que casi siempre habrán fallas.

F = 0.8: En aquellos aspectos del **formulario de inspección** donde por lo menos semanalmente se presentarán fallas.

Algunas veces

F = 0.7: En aquellos aspectos del **formulario de inspección** donde se estima se presentarán fallas al menos quincenalmente.

F = 0.6: En aquellos aspectos del **formulario de inspección** donde se estima se presentarán fallas al menos mensualmente.

F = 0.5: En aquellos aspectos del **formulario de inspección** donde se estima se presentarán fallas al menos trimestralmente.

Raras veces

F = 0.4: En aquellos aspectos del **formulario de inspección** donde se estima se presentarán fallas al menos semestralmente.

F = 0.3: En aquellos aspectos del **formulario de inspección** donde se estima se presentarán fallas al menos anualmente.

F = 0.2: En aquellos aspectos del **formulario de inspección** donde se estima que casi nunca se presentarán fallas.

-Factor de amplificación por la severidad de las consecuencias

Extrema severidad

S = 1: Se asigna a aquellos accidentes que de producirse producen la muerte instantánea del o los involucrados en el accidente o de otras personas.

S = 0.9: Se asigna a aquellos accidentes que producen en los trabajadores la incapacidad permanente

(mutilación de extremidades, pérdida de la visión, entre otros) o pérdidas materiales considerables.

S = 0.8: Se asigna a aquellas condiciones ergonómicas laborales que puedan producir al trabajador una enfermedad profesional.

Media severidad

S = 0.7: Se asigna a aquellos accidentes que pueden resultar en quemaduras, intoxicaciones, fracturas y pérdidas materiales de alcance medio.

S = 0.6: Se asigna a aquellas condiciones del medio ambiente laboral que tras exposición prolongada, pueden generar en los trabajadores una enfermedad crónica.

S = 0.5: Se asigna a los accidentes que de producirse, causarían lesiones temporales.

Leve severidad

S = 0.4: Se asigna a aquellos a accidentes cuyas lesiones pueden ser atendidas en obra, mediante la implementación de los primeros auxilios. Pueden implicar daños materiales menores.

S = 0.3: Se asigna a aquellos accidentes en los que sólo se producen daños materiales de poca consideración.

S = 0.2: Se asigna a aquellos a aquellos accidentes, que de suceder, no producen ni daños materiales ni lesiones, como pueden ser simplemente un susto o un raspón.

iv. Tabla de desempeño

Este es el elemento en el cual se presentan los resultados obtenidos tras la corrida del modelo para calcular el **ISC**. Esta tabla muestra el desempeño discriminado por áreas de trabajo en obra y el desempeño global. Los cálculos se ejecutan en base al cumplimiento o no de todas las normas que eviten los accidentes y enfermedades laborales que comúnmente suceden en las obras, así como aquellas prácticas seguras que colaboren con la disminución de los riesgos. Estos aspectos de evaluación, contenidos en el **formulario de inspección**, como ya se explicó anteriormente, constituyen un compendio de los criterios expuestos en diferentes fuentes bibliográficas e instrumentos de consulta de Entes Oficiales nacionales e internacionales que estudian y norman la materia.

La interpretación de los resultados que la **tabla de desempeño** expone se puede hacer de conformidad con las directrices que la siguiente tabla brinda.

RANGO DE EVALUACIÓN	DESEMPEÑO
[1 - 0.8)	EXCELENTE
[0.8 - 0.6)	BUENO
[0.6 - 0.5)	REGULAR
[0.5 - 0]	DEFICIENTE

Como se explicó anteriormente, la ponderación se realiza tomando en cuenta los criterios universalmente aceptados en materia de prevención de accidentes y enfermedades laborales, así como también, de una manera implícita, el cumplimiento de todas aquellas medidas preventivas establecidas en las Leyes y Normas de obligatorio acatamiento en Venezuela. Las calificaciones obtenidas por área de trabajo varían entre 0 (cero) y 1 (uno). El desempeño será mejor a medida que más cerca esté de la unidad.

Ejemplo del desempeño en la prevención de accidentes

ÁREA DE EVALUACIÓN	DESEMPEÑO	EVALUACIÓN
SEÑALIZACIÓN	0,00	DEFICIENTE
DOCUMENTACIÓN	0,12	DEFICIENTE
PROGRAMA HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	0,05	DEFICIENTE
SERVICIOS MÉDICOS Y PRIMEROS AUXILIOS	0,26	DEFICIENTE
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	0,42	DEFICIENTE
PROTECCIÓN PERSONAL Y VESTIMENTA	0,44	DEFICIENTE
AMBIENTE GENERAL DE TRABAJO	0,54	REGULAR
TRABAJOS EN ALTURAS	0,74	BUENO
HERRAMIENTAS PORTÁTILES (MANUALES)	1,00	EXCELENTE
HERRAMIENTAS (ELÉCTRICAS)	1,00	EXCELENTE
MAQUINARIA (MOTOTRAILLAS, TRACTORES, VIBROCOMPACTADORAS, ETC.)	0,85	EXCELENTE
COMPRESORES	0,67	BUENO
CAMIONES VOLTEO, CISTERNAS Y MEZCLADORAS	0,87	EXCELENTE
ESPACIOS CONFINADOS (TANQUES, SÓTANOS, DEPÓSITOS, ETC.)	1,00	EXCELENTE
SOLDADURA y CORTE	0,91	EXCELENTE
COMBUSTIBLES Y OTRAS SUBSTANCIAS PELIGROSAS	0,57	REGULAR
ELECTRICIDAD	0,62	BUENO
LEVANTAMIENTO MECÁNICO DE CARGA (GRÚAS, MONTACARGAS Y ELEVADORES)	1,00	EXCELENTE
ALMACENAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	0,80	EXCELENTE
CARPINTERÍA, CONSTRUCCIÓN Y COLOCACIÓN DE ENCOFRADOS	0,56	REGULAR
COLOCACIÓN DE ACERO ESTRUCTURAL DE REFUERZO	0,75	BUENO
VACIADO DE CONCRETO	1,00	EXCELENTE
EXCAVACIONES	0,87	EXCELENTE
ACABADOS	1,00	EXCELENTE
DEMOLICIÓN	NO APLICA	NO APLICA
CONTROLES MÉDICOS	0,00	DEFICIENTE

Como se observa en el ejemplo anterior, el modelo determina las fallas puntuales y permite identificar qué mecanismos de protección o prevención deben ser mejorados para obtener adecuados niveles de desempeño en materia de seguridad en obra. Adicionalmente, el modelo también permite rastrear qué falla genera un descenso del índice, y a la vez, con la asociación entre el peso o valor de la propia falla, permite conocer la urgencia de la aplicación de medidas que generen su solución.

III. El concepto de calificar seguridad en obra con un indicador

El **ISC** surge como un mecanismo concebido para responder a la necesidad de generar una herramienta objetiva, práctica y sencilla, pero cuantitativa y no cualitativa, que permita a cualquier persona interesada, determinar los niveles de seguridad con que se trabaja en la construcción de obras civiles, y dar respuestas a las interrogantes asociadas al desempeño en la materia: ¿Vamos bien?, ¿Por qué vamos mal?, ¿Cómo podríamos hacer para ir mejor? ¿Por dónde comenzar? El modelo tiene las respuestas a éstas y otras interrogantes.

Las posibilidades de evaluación de la evolución del desempeño que brindaría un simple número, en contraposición a los discrecionales e imprecisos escalafones cualitativos, son evidentemente superiores. Al asociar desempeño en materia de seguridad en obra a un valor numérico, se podría, de manera similar a como se hace con los indicadores bursátiles o económicos, estudiar la evolución y hacer un seguimiento analítico a los resultados de las políticas implementadas por la empresa para mejorar su propio desempeño en seguridad. Adicionalmente, el **ISC** puede ser utilizado como elemento de juicio y decisión en licitaciones, emisión de pólizas de seguros y otorgamiento de préstamos, pues crea un área nueva de competencia y de análisis, de sumo interés para los actores que constituyen la contraparte de las empresas constructoras en estos trámites tan usuales en la actividad económica del sector. En definitiva, el **ISC** busca hacer más sencillo el cuidado de las prácticas seguras y el cumplimiento de Normas y Leyes para incentivar a las empresas del sector al cuidado de la seguridad con el fin de salvaguardar la vida y la salud de los trabajadores, a la vez que se

producen importantes ahorros de tiempo y dinero, que ya no será necesario destinar a solventar los problemas derivados de los accidentes en obra.

IV. Áreas de trabajo en obra evaluadas por el ISC

El modelo de evaluación del **ISC** evalúa la generalidad de las áreas de trabajo en obra, haciendo énfasis en aquellas que suelen comportar mayores riesgos para los trabajadores. También la observancia de Leyes y Normas venezolanas es implícitamente evaluada, con los aspectos que conforman el formulario de inspección.

Por practicidad, al ser indispensable que el modelo de evaluación abarque todas las áreas que permitan determinar el desempeño en seguridad, tanto global o como parcialmente, se han dividido los puntos del formulario en áreas de evaluación de algún criterio común. Dichas áreas de evaluación, en su conjunto, analizan los siguientes aspectos:

- Cumplimiento de la normativa y regulación vigente.
- Existencia de planes de seguridad y su implementación, así como la promoción y difusión del mismo.
- Recopilación y estudio de estadísticas y registros de las empresas constructoras respecto a la seguridad.
- Estudio de trabajos con riesgos específicos que debido a su importancia revistan un estudio particular.
- Higiene y enfermedades laborales.
- Capacitación, instrucción y participación de todo el personal en la preservación de la seguridad.

Todos estos aspectos están distribuidos en las diversas áreas de evaluación cuyos ítems conforman el **formulario de inspección**, de acuerdo con criterios y aspectos en común que faciliten la inspección y la revisión de resultados.

i. Aspectos de adherencia a la normativa y legislación que regula el área

El **ISC** revisa el cumplimiento tanto de las Normas venezolanas como el cumplimiento de Normas y Recomendaciones internacionales, como por ejemplo las del "*U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration*" (**OSHA**). Las referencias del mencionado ente oficial norteamericano son abundantes, completas, confiables y actualizadas, y

al tener nuestras Leyes y Normas que regulan la materia, mucho en común con lo desarrollado en el exterior, éstas constituyen una fuente excelente de material de apoyo y directrices para el mejoramiento de la seguridad en la construcción. Adicionalmente, el modelo compila las exigencias y directrices de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente del Trabajo en el **formulario de inspección**, con el fin de garantizar que las actividades operativas de la empresa estén legalmente blindadas.

ii. Existencia y valoración de planes y políticas de seguridad en obra

Un aspecto cuya evaluación reviste una importancia fundamental es la existencia o no de planes o políticas de seguridad. Estas políticas constituyen exigencias de la Ley, como por ejemplo los Comités de Higiene y Seguridad, que deben velar por la preservación y el cuidado de la seguridad en el lugar de trabajo.

Los incentivos y las sanciones en materia de seguridad en el trabajo son muy importantes en la aplicación de planes de seguridad. Ambos recursos permiten orientar las políticas de seguridad de las empresas de la construcción así como su promoción para crear entre los trabajadores una visión positiva del cumplimiento de las Normas y Leyes, que motive a los empleados en general a preservar su seguridad personal, que en definitiva, es la seguridad que a la empresa más le interesa.

Así mismo, al no bastar la sola existencia de un plan de seguridad, el modelo evalúa además de su existencia, la promoción de éste en la obra y la disposición del personal con respecto a su cuidado.

iii. Recopilación y evaluación de estadísticas propias de la empresa

Resulta evidente la importancia que en la preservación de la seguridad en la obra tiene el mantenimiento de registro estadístico de accidentes laborales acaecidos en el pasado, así como el análisis de los mismos y las medidas correctivas que se implementaron para evitar su reedición. Este soporte escrito ayuda no sólo a identificar fallas y solucionarlas, si no que también es evidencia del interés real por parte de la constructora en mantener altos niveles de seguridad. Además, al ser requisito exigido por la Ley, la existencia y valoración del reporte que se hace de la recopilación estadística de los accidentes laborales constituye un punto a ser minuciosamente evaluado.

iv. Actividades que comportan riesgos especiales en la obra

Los riesgos especiales son los asociados a ciertas actividades de la construcción que por su alta incidencia en accidentes y peligrosidad requieren una atención especial. Es por ello que el **formulario de inspección** incluye ítems que faciliten el evaluar qué tan seguro se está trabajando en la realización de trabajos como:

- Trabajos en alturas.
- Excavaciones.
- Movimientos de tierra.
- Instalaciones eléctricas.
- Movimiento de material pesado o peligroso.
- Trabajos con maquinaria pesada.
- Utilización de grúas.
- Trabajos en espacios confinados

v. Ambiente laboral

En el ambiente laboral tienen gran influencia múltiples variables: condiciones del trabajo, factores de naturaleza física, química o técnica y aquellos otros factores de carácter psicológico o social que puedan afectar de forma orgánica la salud del trabajador. Por eso, en el **formulario de inspección** se incluyen puntos para la evaluación de todos estos aspectos.

Muy importante en la construcción son la prevención de accidentes laborales y la prevención de enfermedades en el lugar de trabajo. Por esto el modelo incluye varios ítems dirigidos a evaluar la adecuación ergonómica del ambiente de trabajo a condiciones idóneas, con el fin de evitar enfermedades con origen en condiciones ambientales o de trabajo adversas para la salud. Algunos de estos ítems abarcan aspectos como la calidad de los servicios dirigidos a los trabajadores: agua potable, comida, instalaciones sanitarias, etc., así como otros aspectos muy importantes como lo son el orden y limpieza del lugar de trabajo, pues los mismos pueden ser factores que coadyuvan en la incidencia de accidentes laborales.

Para la evaluación del ambiente social y psicológico se incluyen implícitamente en algunos ítems del **formulario de inspección** aspectos tales como la carga de trabajo, estrés, insatisfacción, etc., los cuales pueden generar ambientes no seguros para la realización de trabajos y que deben tomarse en cuenta a fin de obtener una visión real del desempeño en materia de seguridad.

vi. Capacitación e inclusión del personal obrero en el cuidado de la seguridad

Como se ha dicho anteriormente, la capacitación y estimulación del personal es indispensable y de una enorme influencia. Ésta capacitación, junto con el informar a los trabajadores los riesgos existentes en la obra de forma escrita, son requisitos exigidos por la Ley, y es por esto que se evalúa este punto en la obra, asignándole un peso comparativamente alto. En esta área los puntos fundamentales a evaluar son:

- Conocimiento de todo el personal de los riesgos presentes en el lugar de trabajo.
- Existencia de soporte escrito de notificación de riesgos a todo el personal.
- Capacitación en materia de seguridad de los ingenieros encargados de la obra.
- Evaluación de conocimiento de procedimientos básicos de seguridad.
- Existencia de un plan de amonestaciones o incentivos relacionados con la seguridad.
- Evaluación de la difusión y comprensión del plan de seguridad de la obra por parte de todos los trabajadores.

Al ser el factor humano uno de los principales agentes causantes de accidentes laborales, es adecuadamente tomado en cuenta y valorado, pechando fuertemente su contribución, como una manifestación de la importancia que los fundamentos del modelo le dan a la actitud del personal hacia el conocimiento del plan de seguridad, su importancia en el mantenimiento de la seguridad en obra y su obligatoria observación, tal como las leyes lo exigen.

V. La formulación matemática del modelo ISC

La formulación matemática del modelo es sumamente sencilla. La mejor manera de ilustrarla es haciendo un análisis paso a paso de lo que se ha denominado la corrida del modelo.

En primer lugar, se debe determinar el tipo de obra a ser evaluada, para verificar aquellas áreas de evaluación que no apliquen, para que la inspección en campo pueda ser llevada a cabo de la manera más ordenada y rápida posible. Adicionalmente convendrá incluir aquellas áreas de trabajo y sus aspectos de evaluación que no se contemplen en la versión estándar del modelo.

Inmediatamente después de estos análisis previos, se procede a ejecutar la inspección y evaluación en campo. Convendrá ejecutar dicha evaluación en la medida de las posibilidades en más de una ocasión, para excluir de los resultados el factor fortuito, y garantizar una mayor fidelidad de éstos respecto a la realidad evaluada.

Tras la evaluación en campo se procederá a “vaciar” los resultados obtenidos para su procesamiento en el programa. A las respuestas afirmativas asociadas a las preguntas del **formulario de inspección** se les asigna un valor de “1” (UNO), a las respuestas negativas se les asigna el valor de “0” (CERO). Aquellas que no apliquen a la evaluación serán simplemente dejadas en blanco y no serán tomadas en cuenta por el programa para los cálculos.

Tal y como se explicó anteriormente, cada ítem tiene asociados y previamente asignados un factor de frecuencia, un factor de severidad, y como producto de estos dos, un **FAI**. La calificación obtenida (UNO o CERO) se multiplica individualmente por su **FAI** asociado. Inmediatamente después, el modelo calcula la sumatoria de dichos productos y calcula también la sumatoria de todos los **FAI** que apliquen en dicha categoría. El modelo realiza en cada área de análisis dichas sumatorias, y da como resultado el cociente entre la sumatoria de los productos de las calificaciones y sus **FAI**, y la sumatoria de los **FAI** que aplican. Dicho cociente constituye la calificación parcial correspondiente a cada área de evaluación. La máxima calificación se corresponde con “1” (UNO), y equivale a un desempeño excelente. Las demás calificaciones deben ser interpretadas conforme a la tabla presentada junto con la **tabla de desempeño**.

El cálculo del **ISC** se lleva a cabo de idéntica manera a la evaluación parcial que por sus categorías se ha realizado anteriormente; la diferencia radica en que en este cálculo se consideran la totalidad de los aspectos que aplican para la evaluación y no sólo los de un área en particular. De igual manera que en la evaluación parcial, la máxima calificación es “1” (UNO) y ésta representa un desempeño inmaculado en la totalidad de las áreas. La mínima calificación posible es “0” (CERO). Las calificaciones se pueden interpretar como orienta la tabla presentada junto con la **tabla de desempeño**, y para una más sencilla interpretación, el modelo acompaña la presentación de los resultados con una serie de gráficos de fácil lectura que hacen aún más evidente el origen de los resultados, y por ende, las áreas que habría que atacar para resolver los problemas de desempeño a que hubiera lugar.

Conclusiones

Del presente Trabajo de Grado y de las inspecciones en obras reales que se han llevado a cabo lo aquí expuesto, se puede concluir que el modelo de evaluación **ISC** puede contribuir a fomentar el mejoramiento y la automatización del análisis y puesta en marcha de los planes de seguridad en la construcción en Venezuela. El modelo, al permitir la identificación de las áreas críticas en las cuales se presentan problemas, y asignar un orden de importancia en que las soluciones deban ser efectuadas, constituye una herramienta de gran utilidad para optimizar y mejorar la inversión de los recursos destinados a la preservación de la seguridad en la obra y la toma de decisiones que afecten dicha área de trabajo.

El instrumento facilitaría la toma de conciencia entre los constructores en cuanto a la preservación de la seguridad en la obra, pues al identificar las áreas puntuales en que se está fallando, la estimación de la inversión en la seguridad será más asertiva y óptima, evitando gastos innecesarios y rompiendo con el paradigma de "seguridad igual a altos costos de inversión", generando una actitud más positiva hacia su cuidado, y promoviendo una cultura de ambiente seguro en las obras, nivel hacia el cual deberán llegar los estándares en el futuro inmediato.



MODELO DE OPERACIÓN DEL CIDI – UCAB BASADO EN GERENCIA DEL CONOCIMIENTO Y SOPORTADO EN TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN

Resumen

El presente Trabajo Especial de Grado es el desarrollo de un Modelo de Operaciones basado en Gerencia de Conocimiento que integra el capital intelectual, las operaciones, y el conocimiento del Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería (CIDI) de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), con el fin de organizar sus elementos para mejorar su funcionamiento; este modelo se soporta en Tecnología de Información como parte de la solución estratégica que garantice la captura, distribución y manejo del conocimiento. La metodología del trabajo estuvo compuesta por tres fases principales, la primera llamada investigación documental para obtener la base conceptual que sustenta el proyecto y complementa las siguientes fases de la metodología; en la segunda fase, se realizó el estudio de la organización para obtener un Modelo de Operaciones basado en Gerencia del Conocimiento; y en la tercera fase, llamada Desarrollo del Prototipo se diseñó y desarrolló la solución tecnológica. Con el desarrollo de este proyecto se identificó el capital intelectual del centro y sus relaciones con las operaciones, logrando modelar el conocimiento que maneja la organización; además, se pudo obtener la arquitectura de tecnología de información y comunicación que dará soporte al proceso básico y de conversión del conocimiento intrínseco dentro del modelo. Entre las conclusiones más relevantes se tiene que el modelo permite al CIDI cambiar el enfoque con respecto al uso del conocimiento, dándole la oportunidad de evolucionar y consolidarse en la universidad, viendo la tecnología solamente como apoyo, ya que hasta los momentos, por sí sola no puede generar todo el conocimiento personal (Tácito), por lo cual se recomienda implementar tecnologías especializadas para dar un soporte más eficiente a las operaciones del CIDI.

- Br. Axel Contreras Contreras.
- Br. Daniel Chang Gutiérrez.

Introducción

La investigación en las universidades constituye un eje primordial para su funcionamiento, en este contexto, los centros de investigación están avocados entre otras labores a la generación y difusión de conocimientos, para ello la Gerencia del Conocimiento plantea su uso ordenado en la organización, a través del establecimiento de estructuras y estrategias para aumentar el retorno del intelecto proveniente del capital intelectual. Entre las estrategias se plantea el uso de la tecnología de información y comunicación (TIC) para garantizar y facilitar el uso del conocimiento.

El propósito principal de este proyecto es desarrollar un Modelo que combine e integre el flujo de conocimiento del capital intelectual con las operaciones realizadas en el CIDI- UCAB, para apoyar el modelo se incorpora el uso de herramientas de tecnología de información.

La importancia de este proyecto es que le permitirá al CIDI organizar su funcionamiento para consolidarse dentro de la Facultad de Ingeniería como promotor del desarrollo de proyectos, aplicando conceptos de gerencia del conocimiento y tecnología de información y comunicación para lograr sus objetivos.

Planteamiento del Problema

1. Planteamiento del Problema

El CIDI responde a la inquietud de la Facultad de Ingeniería de la UCAB de impulsar las iniciativas de investigación de muchos profesores y alumnos de pregrado. Los objetivos y funciones del CIDI se encuentran en proceso de revisión, siendo actualmente los que se muestran en la Tabla 1.

Según datos ofrecidos por el Plan de Evaluación Institucional (PLANEI, 2002) de la UCAB acerca de la actividad de investigación en la Facultad de Ingeniería (Ver Tabla 2), se observa que alrededor del 31,23 % de los profesores encuestados se dedican a algún tipo de investigación dentro de la facultad.

Además, como indica la Tabla 3, desde el año 1999 hasta el año 2002, se ha incrementado la cantidad de profesores investigadores asociados al CIDI, con lo cual se observa que hay 26 profesores para el año 2002; y relacionándolo con el 31,23 % de profesores dedicados a la investigación dentro de la facultad, se puede decir que de ese grupo de profesores el 26% no tiene relación con el centro de investigación.

Objetivos	Funciones
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar y ejecutar trabajos de investigación que contribuyan al desarrollo científico de la Ingeniería y áreas afines, con el fin de responder a las necesidades. ▪ Vincular a la UCAB con otras universidades, empresas y centros de investigación nacional e internacional. ▪ Propiciar la formación de recursos humanos para la investigación, docencia e ingeniería. ▪ Apoyar la docencia curricular y extra curricular de acuerdo con los lineamientos del Consejo de la Facultad de Ingeniería. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fomentar y promover la investigación básica y aplicada. ▪ Ofrecer asesoramiento, consultoría y servicios técnicos básicos, a las empresas e institutos privados y públicos, y a otros centros de investigación. ▪ Promover y motivar las investigaciones de manera que éstas se traduzcan en resultados y aquellos que lo requieran puedan ser patentados o publicados. ▪ Publicar temas de investigación que permitan el desarrollo de trabajos en los núcleos de pregrado, postgrado y Formación Continua. ▪ Desarrollar, producir y difundir materiales técnicos especializados

Tabla 1. Objetivos y Funciones del CIDI / Fuente: Elaboración propia basado en CIDI (2002)

proveedora de Capital Humano como promotora de nuevas empresas y tecnologías. A medida que el conocimiento vaya teniendo una importancia creciente en la innovación, la Universidad, como institución que produce y disemina conocimiento, habrá de desempeñar un protagonismo mayor en la innovación industrial.

3. Gerencia del Conocimiento

La Gerencia del Conocimiento según Gorelick (2002) referido por Ortiz (2003) es un proceso que hace uso sistemático del conocimiento en la organización a través de técnicas y herramientas que aplican el conocimiento en la resolución de problemas, estos procesos permiten a un grupo capturar, compartir y usar el conocimiento, las lecciones y prácticas disponibles para alcanzar un resultado.

También se puede decir que la Gerencia del Conocimiento se refiere a estrategias y estructuras para aumentar al máximo el retorno del intelecto y los recursos de información, esto se debe a que el capital intelectual reside en forma tácita (educación, experiencias y experticias) y explícita (documentos y datos). La Gerencia del Conocimiento depende de los procesos culturales, de liderazgo, tecnológicos y medición de creación, codificación y transferencia del conocimiento. La meta es crear un nuevo valor que mejore la eficacia y efectividad de los individuos, la colaboración del conocimiento, mientras se incrementa la innovación y se agudiza la toma de decisiones (Barth, 2002).

3.1. Datos, Información y Conocimiento.

El conocimiento resulta de la interpretación basada en información previamente organizada, agrupada y analizada. Mientras la información está compuesta de datos y hechos organizados, el conocimiento consiste en verdades y creencias, perspectivas y conceptos, juicios y expectativas, además de metodologías.

El conocimiento es intuitivo y difícil de captar en palabras o de entender plenamente de forma lógica. El conocimiento existe dentro de las personas, como parte de la complejidad humana y de ser impredecibles.

Por otro lado, Según Davenport y Prusak (1998) los datos, información y conocimiento están relacionados pero existe una diferencia significativa entre ellos, esto se debe a que la información está compuesta por datos, los cuales son un conjunto discreto, de factores objetivos sobre un hecho real. Los datos describen únicamente una parte de lo que pasa en la realidad y no proporcionan juicios de valor o interpretaciones, y por lo tanto no son orientados para la acción.

3.2. Tipos de Conocimiento

Los tres tipos de conocimiento que existen son el explícito, implícito y el tácito.

El **Explícito** es aquel que puede ser transmitido con cierto orden y dentro de una estructura; se encuentra representado por los formatos, los reportes, los documentos, entre otros. Puede ser fácilmente procesado, transmitido o almacenado en bases de datos. (Matteucci, 2002).

El **Implícito**, es aquel conocimiento que no es Explícito pero puede ser articulado. Belly (2002 a) indica que a diferencia del conocimiento tácito, el conocimiento implícito es el que sabemos que lo tenemos, pero no nos damos cuenta que lo estamos utilizando, simplemente lo ejecutamos y ponemos en práctica de una manera habitual.

Por último se tiene el **Tácito** el cual es aquel conocimiento que cada persona ha acumulado a lo largo de los años y que constituye lo que se denomina "experiencia"; se manifiesta también en los estudios que ha seguido, su forma de ser, sus propias actitudes, lo aprendido por el paso de las culturas organizacionales en las que ha intervenido, etc.

3.3. Proceso de generación de Conocimiento

Para Rodríguez *et al.* (2001), el proceso de generación de conocimiento está vinculado a actividades o sub-procesos que definen la forma secuencial en la que tomando recursos externos a un individuo o grupo se pueden crear conocimientos. En general en los procesos de generación de conocimiento no se puede establecer un principio y un final, ni tampoco una dirección única. Según Ortiz (2003) el proceso básico de generación de conocimiento es el presentado en la Figura 1.

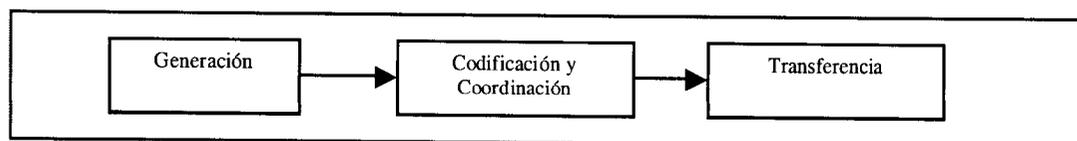


Figura 1. Procesos básicos asociados al Conocimiento / Fuente: Ortiz (2003)

Mecanismo	Descripción
Adquisición	Conocimiento no creado recientemente pero sí nuevo para la organización
Renta	Además de comprado, el conocimiento puede ser arrendado o alquilado
Recursos dedicados	Una forma de generar conocimiento en una organización es establecer grupos específicamente con ese propósito. Los departamentos de investigación y desarrollo son un ejemplo de ello
Fusión	Las fusiones agregan complejidad y sinergia
Adaptación	La empresa genera conocimiento como respuesta a las presiones de cambio del entorno
Redes	Redes autoorganizadas que con el tiempo se hacen más formales. Conocedores con un interés común, usualmente hablan en persona, por teléfono, por correo electrónico o cualquier otro instrumento de grupomática (groupware) para compartir experticia y solucionar problemas juntos

Tabla 4. Modos para generar Conocimiento / Fuente: Ortiz (2003)

3.3.1. Generación del Conocimiento

Según Ortiz (2003) hay seis modos esenciales para generar conocimiento que se muestran en la Tabla 4.

3.3.2. Codificación y Coordinación del Conocimiento

Para Davenport y Prusak (1998) referido por Ortiz (2003), codificación significa poner el conocimiento de la organización de forma tal que pueda estar accesible a aquellos que la necesiten. Esto significa hacer el conocimiento organizado, explícito, portátil y tan fácil de entender como sea posible. Por otro lado, el Conocimiento Tácito, complejo, interno y desarrollado por los conocedores durante mucho tiempo, es casi imposible de reproducir en documento o bases de datos.

3.3.3. Transferencia del Conocimiento

La transferencia de conocimiento consiste en compartir y distribuir información sobre el conocimiento, apoyándose en la cultura y estructura organizativa de la organización (Nonaka, 1991). Para Broadbent y Lofgren (1993) referido por Rodríguez et al. (2001), la mejor forma de distribuir el conocimiento es creando canales informales basados en la confianza y en la cooperación;

3.4. Capital Intelectual

Es fuerza cerebral colectiva. Es difícil de identificar y aún más de distribuir eficazmente. Pero quien lo encuentra y lo explota, triunfa (Steward, 1997). El Capital Intelectual tiene un significado amplio que incluye el conocimiento acumulado por una organización en su gente, sus metodologías, patentes, diseños y relaciones tanto internas de la organización como con el entorno en la que se encuentra inmersa.

Tomando la clasificación el capital intelectual según Euforum (1998) éste se divide en: Capital Humano, Capital Estructural y Capital Relacional.

3.4.1. Capital Humano

Según Belly (2002 b) se refiere al conocimiento explícito, implícito o tácito que posee cada individuo. A medida que el individuo incrementa sus conocimientos crecerá su Capital Humano. Una forma sencilla de distinguir el Capital Humano es que la empresa no lo posee, no lo puede comprar, sólo alquilarlo durante un periodo de tiempo (Carrión y Palacios, s.f.).

3.4.2. Capital Estructural

Es el conocimiento que la organización consigue colocar de una forma explícita, sistemática logrando internalizar y que en un principio puede estar latente en las personas y equipos de la empresa; para luego pasa a ser propiedad de la organización. El Capital Estructural incluye todos aquellos conocimientos estructurados de los que depende la eficacia y eficiencia interna de la organización: los sistemas de información, comunicación y gestión, los organigramas, la tecnología disponible, los procesos de trabajo, las patentes, entre otros. (Carrión y Palacios, s.f.).

3.4.3. Capital Relacional

Se refiere al valor que tiene para una organización el conjunto de relaciones que mantiene con el exterior. La calidad y lo sostenible de la base de relaciones de una organización y su potencialidad para generar nuevas relaciones, son cuestiones claves para su éxito, como también lo es el conocimiento que puede obtenerse del nexo con otros agentes del entorno. (Carrión y Palacios, s.f.).

3.5. Modelos de Gerencia del Conocimiento

Existe gran diversidad de modelos asociados a la Gerencia del Conocimiento. El propósito de estos modelos es servir como herramienta para identificar, estructurar y valorar los activos intangibles, A continuación se describen los modelos que se consideraron para la realización del proyecto.

3.5.1. Modelo de Nonaka y Takeuchi

El modelo de Nonaka y Takeuchi (1995), presenta la secuencia de procesos y mecanismos en la que se crea y se transforma el conocimiento; para ello se vale de ciertas actividades mostradas en la Tabla 5.

3.5.2. Modelo de KMAT

Según Ferrer (2001) referido por Ortiz (2003), indica que es un instrumento de evaluación y diagnóstico construido sobre la base de la administración del conocimiento propuesto por Arthur Andersen y American Productivity and Quality Center, el cual ayuda a hacer una evaluación inicial de alto nivel de la gestión del conocimiento en una organización. Sus variables principales son el Liderazgo, la Cultura, la Tecnología y la Medición; como promotores del conocimiento organizacional que considera como procesos principales los asociados al Conocimiento, como la creación, identificación, captura, adaptación, organización, aplicación y el compartimiento del conocimiento.

Según Coukos (2002) existen cuatro estrategias de gerencia importantes que permitan a una organización manejar su conocimiento. Las estrategias de gerencia conocidas son: (a) Cultura, (b) Liderazgo, (c) Tecnología, y (d) Medición. Estas estrategias permiten hacer el trabajo más dinámico reforzando la captura flujo y traslado de los datos, información y conocimiento en una organización, con

el propósito de entregarlos a los individuos y grupos para llevar a cabo sus tareas.

Con respecto a la *cultura* puede definirse como un grupo de conductas, o tácticas, que proporciona e integra el manejo de toda la información y conocimiento de una organización, incluyendo los pensamientos, discursos, acciones y artefactos.

El *liderazgo* se refiere a la habilidad de la organización de enmarcar el comportamiento de la Gerencia del Conocimiento con la estrategia de la organización, permitiendo que identifique oportunidades, comunique las mejores estrategias, facilitando la evolución del aprendizaje organizacional y suministrando métricas para evaluar el impacto del conocimiento.

La *tecnología* se refiere a la infraestructura de herramientas, sistemas, plataformas y soluciones automatizadas que centralizan y refuerzan el desarrollo, aplicación y distribución del conocimiento organizacional.

Finalmente, la *medición* se refiere a los métodos de valoración de Gerencia del Conocimiento y sus relaciones al desempeño de la organización.

4. Tecnología de Información y Comunicaciones (TIC)

Según Zorrilla (1997) la Tecnología es aquel conocimiento aplicado visto como la herramienta intrínseca independientemente de la forma en que se la conciba e instrumento, para brindar respuestas a las necesidades y a las demandas de las personas y de la sociedad.

De/A	Explícito	Tácito
Explícito	Combinación: es el proceso de crear conocimiento explícito al reunir conocimiento explícito proveniente de cierto número de fuentes, mediante el intercambio de conversaciones telefónicas, reuniones, correos, etc., y se puede categorizar, confrontar y clasificar para formar bases de datos y así producir conocimiento explícito	Internalización: es un proceso de incorporación de conocimiento explícito en conocimiento tácito, que analiza las experiencias adquiridas en la puesta en práctica de los nuevos conocimientos y que se incorpora en las bases de conocimiento tácito de los miembros de la organización en la forma de modelos mentales compartidos o prácticas de trabajo
Tácito	Externalización: es el proceso de convertir conocimiento tácito en conceptos explícitos que supone hacer tangible mediante el uso de metáforas, conocimiento de por sí difícil de comunicar, integrándolo en la cultura de la organización; es la actividad esencial en la creación del conocimiento	Socialización: es el proceso de adquirir conocimiento tácito a través de compartir experiencias por medio de exposiciones orales, documentos, manuales y tradiciones y que añade el conocimiento novedoso a la base colectiva que posee la organización

Tabla 5. Modelo de Nonaka y Takeuchi / Fuente: Nonaka y Takeuchi (1995)

La TIC designa la confluencia de métodos y técnicas, asociadas a la computación y a las telecomunicaciones, destinadas a la adquisición, producción, almacenamiento, procesos, transferencia y diseminación de datos (Angulo, 2001).

4.1. Tecnología de Información y Comunicaciones (TIC) y la Gerencia del Conocimiento

Para Coukos (2002), el más valioso papel de la tecnología en la gerencia del conocimiento es extender el alcance y la velocidad de transferir conocimiento. La tecnología de información (TI) permite que el conocimiento de un individuo o un grupo pueda ser extraído y estructurado, y pueda ser usado por otros miembros de una organización. La tecnología también ayuda en la codificación de conocimiento y ocasionalmente incluso en su generación. La meta de estas tecnologías es tomar el conocimiento que existe en las mentes humanas y documentarlo en papel, y colocarlo a la disposición en una organización.

La TIC debe enmarcarse dentro de lo que es conocimiento tácito y explícito y su conversión como indica el modelo de Nonaka y Takeuchi (1995), para esto se deben implementar tecnologías para facilitar la conversión, ya que se centran en la persona dando mayor beneficio a la organización (Marwick, 2001).

4.2. Arquitectura de TIC y la Gerencia del Conocimiento.

Otro aspecto importante que está intrínseco cuando se habla de TIC, son las Arquitecturas de Software la cual Hohmann (2003) define como: "Una arquitectura del sistema define la estructura básica del sistema (por ejemplo, los módulos de alto nivel que comprenden las funciones mayores del sistema, la dirección y distribución de los datos, el tipo y estilo de su interfaz del usuario, en qué plataforma correrá, y así sucesivamente)".

Aunque existen muchos modelos para diseñar una arquitectura, uno de los modelos más útiles es el modelo "4 + 1" de Rational (Hohmann, 2003), el cual se basa en resolver las necesidades importantes de los participantes claves en el proceso del software. Este modelo recomienda cuatro vistas principales que son: (a) vista lógica, (b) vista de procesos, (c) vista física, (d) vista de desarrollo; la vista "+1" es la vista de casos de usos.

Se puede definir una **Arquitectura de TIC para Gerencia del Conocimiento** como una implantación de la infraestructura de TIC y de los procesos de trabajo para mantener la memoria de la organización y habilitar mecanismos de acceso e intercambio de información y de conocimiento, colaboración y

aprendizaje virtual entre los miembros de la organización (Intesa, *s.f.*).

4.3. La Intranet como gestor de conocimiento

Para Guenther y Braun (2001), referido por Ortiz (2003), las Intranet pueden representar una buena aproximación a la Gestión del Conocimiento en su forma de compartir conocimiento. La Intranet en su forma más básica puede ayudar en la ubicación del documento aún cuando no lo contenga propiamente, ésta puede evolucionar hasta convertirse en una forma de acceso unificado a los procesos y al capital intelectual de la organización.

Marco Metodológico

La metodología del proyecto está estructurada en tres fases que comprenden una serie de etapas intermedias, como se muestra en la Figura 2, las cuales se siguieron para alcanzar el objetivo general planteado para el desarrollo de este proyecto. Las fases son: (a) Investigación Documental, (b) Modelo de Operaciones y (c) Desarrollo del Prototipo, que se explican a continuación.

En la primera fase se realizó un estudio de carácter exploratorio en las áreas temáticas del proyecto que condujeran a la obtención de información necesaria para generar un conocimiento nuevo, propio o derivado del uso creativo de la información (ITESO, 2003), paralelamente se inició la segunda fase del proyecto en la cual se realizó un estudio sistemático para el levantamiento de información y determinar las características del CIDI, para luego diseñar el Modelo de Operaciones.

En la tercera fase se desarrolló el prototipo de software fundamentado en el Modelo de Desarrollo por Fases, el cual propone dividir el sistema en varias partes para ser desarrollado e implementado por incrementos, entregados en intervalos de tiempo; dicha división fue por funciones en la práctica (Young, 1998), para poder definir una plataforma común del sistema en los primeros incrementos.

Desarrollo

A continuación se explican las actividades realizadas en cada una de las fases de la metodología utilizada para determinar los componentes del Modelo de Operaciones y la Arquitectura de Software.

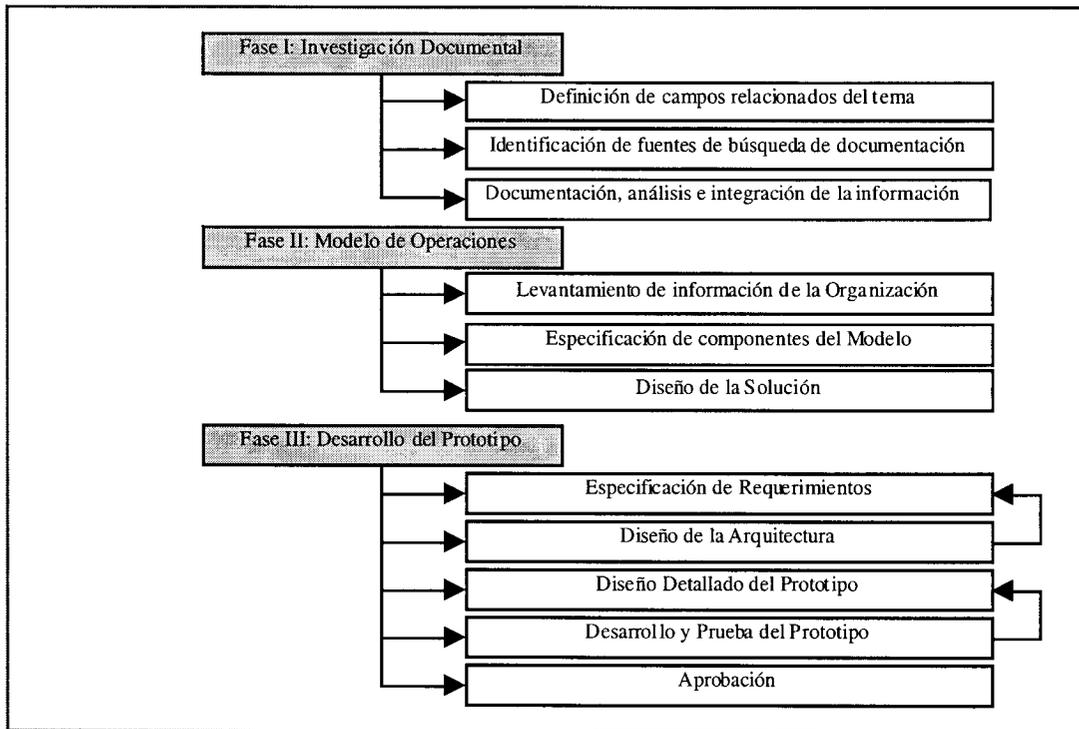


Figura 2. Esquema de la Metodología utilizada / Fuente: Elaboración propia

Fase I: Investigación Documental

Estas actividades dictaron las pautas para organizar y clasificar la gran cantidad de información obtenida en el proceso de investigación, dándole un enfoque específico.

1. Definición de campos de relaciones del tema.

Para definir los campos relacionados se tomaron las áreas relevantes del objetivo general del proyecto;

que proporcionaron información referente al contexto de la investigación. Estas áreas son: (a) Gerencia del Conocimiento, (b) Centros de Investigación, (c) Tecnología de Información y Comunicación, y (d) Modelo y Operaciones. Posteriormente se buscaron los temas y sub-temas relacionados a éstas áreas, presentadas en la Tabla 6.

Temas generadoras del saber	Subtemas
Gerencia del Conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategias • Capital Intelectual • Proceso de generación • Tipo de Conocimientos • Impacto en la Organización
Organización	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño Organizacional • Cultura Organizacional • Cambio Organizacional
Centros de Investigación	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamentos dentro de la UCAB • Funcionamiento en Universidades • Investigación dentro de los centros y su administración
Tecnología de Información y Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • Arquitecturas de soporte para Gerencia del Conocimiento • Tecnología de Información y Comunicación dentro de la Organización • Enfoques y Modelos usados

Tabla 6. Temas generadores del saber del proyecto / Fuente: Elaboración propia

2. Identificación de fuentes de búsqueda de documentación.

Se identificaron y seleccionaron las fuentes, para realizar la búsqueda de la información necesaria. A continuación se explican las fuentes consultadas:

- *Búsqueda de Libros.* Se consultaron libros en las bibliotecas accesibles para los investigadores, también se revisaron libros propios y facilitados.
- *Revisión de artículos relacionados.* Revisión de artículos en material impreso de investigación en Internet y en Universidades del área metropolitana y las que pertenecen a la AUSJAL.
- *Revisión de artículos en Internet.* Consulta de fuentes relacionadas con los temas disponibles en Internet.
- *Consulta a conocedores en las áreas temáticas.* Consultas a especialistas los cuales representan fuentes de conocimientos y experiencias.

3. Documentación, análisis e integración de la información.

Se estableció una relación entre los elementos, producto del análisis realizado. Posteriormente, se documentó formalmente la investigación, originando el capítulo de Marco de Referencia y la estructura conceptual, base para la realización del proyecto.

Fase II: Modelo de Operaciones

En esta fase se realizó un estudio de campo para obtener la información de la situación actual, y así diseñar el Modelo de Operaciones.

1. Levantamiento de información de la Organización.

Se realizaron una serie de actividades para obtener la información concerniente al CIDI. Estas son: (a) realización de entrevistas, (b) observación, y (c) estudio documental del Centro, realizadas entre los meses de Abril de 2003 y Agosto del 2003, las cuales son:

- Consulta de los documentos históricos del CIDI,
- Recolectar información de los Centros de Investigación que tengan relación con la UCAB,
- Entrevistas a las personas relacionadas con el CIDI y UCAB
- Observación del taller de investigación en ingeniería del CIDI.

2. Especificación de componentes del Modelo de Operaciones.

Para determinar el Modelo de Operaciones fue necesario diseñar un esquema basado en Gerencia del Conocimiento que especifique qué y cómo se deben obtener los componentes. Este modelo fue producto de la obtención de conocimiento del proceso de investigación documental y cuenta con las siguientes actividades: (a) tipificar el conocimiento que genera las operaciones de la organización, (b) Ubicación de las operaciones en el ciclo de conocimiento, (c) cómo administrar el conocimiento generado, y (d) esquematizar el capital intelectual de la organización.

Este esquema plantea la ejecución de actividades basadas en el proceso de conocimiento de manera cíclica, para determinar los componentes del Modelo de Operaciones (ver tabla 7).

Objeto de la Actividad	Actividades Realizadas
Determinar componentes del Modelo Conceptual de Operaciones del CIDI.	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de las operaciones y refinamiento de las existentes en el CIDI • Reconocer los actores que ejecutan las operaciones del CIDI • Definición de los elementos del Capital Intelectual del CIDI
Categorizar las operaciones e integración de los elementos del Modelo de Operaciones del CIDI aplicando Gerencia del Conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Tipificar y clasificar el conocimiento existente y generado del CIDI • Determinar en cuál fase del proceso básico asociado al conocimiento se encuentra cada una de las operaciones del CIDI • Proponer la administración del conocimiento generado • Modelar mediante un diagrama las operaciones del CIDI indicando la relación, y sus actores.
Construcción de la Base del Modelo de Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Integrar los elementos anteriores para establecer la Gerencia del Conocimiento como base para el Modelo de Operaciones.

Tabla 7. Actividades realizadas para el desarrollo del Modelo de Operaciones

Fuente: Elaboración propia

Actividad Desarrollada	Descripción
Selección del software	Selección del software necesario para cada uno de los módulos de la arquitectura propuesta, según los que posee el CAI, para la realización del prototipo.
Definir componentes a desarrollar	Se indicaron los componentes que se deben desarrollar para la funcionalidad del prototipo.
Definir los casos de uso del prototipo del sistema	Se desarrollaron los casos de uso descriptivos que indican los requerimientos funcionales del sistema.
Diseñar el diagrama de Paquetes del prototipo	Se realizó la vista de los paquetes con los cuales cuenta el prototipo y su interacción entre ellos.
Construir la arquitectura general del prototipo	Se indican los componentes de software del prototipo, para cada capa y módulos del prototipo
Elaboración del diseño de la interfaz gráfica	Basado en la intranet de la UCAB se definieron los estándares gráficos de la aplicación.
Elaboración del diagrama de Navegación	Se indicaron la navegación entre las paginas Web del prototipo
Construcción del Modelo de Datos	Modelo de datos de la aplicación
Diseño del diagrama de Componentes	Se indicaron cuáles son los componentes físicos de software que conforman cada uno de los módulos del prototipo
Especificación del diagrama de Despliegue	Se definió la distribución física de los componentes de software para su implementación
Indicar el soporte de la arquitectura	Se especificaron los requerimientos de hardware y de software del prototipo, según la plataforma teleinformática de la UCAB

Tabla 8. Actividades realizadas del diseño detallado el Prototipo / Fuente: Elaboración propia

3. Diseño de la Solución.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las fases anteriores se procedió a diseñar el Modelo de Operaciones siguiendo las actividades descritas en la tabla 7.

Fase III: Desarrollo del Prototipo

En esta etapa se realizó el diseño de la arquitectura de tecnología de información y comunicación de soporte al Modelo de Operaciones del CIDI, y el desarrollo del prototipo de software; las actividades son descritas a continuación:

1. Especificación de Requerimientos.

Para determinar las especificaciones, requerimientos y criterios de selección de la tecnología de información necesaria, se realizaron dos entrevistas abiertas al personal del Centro de Aplicación a la Informática (CAI) de la UCAB; específicamente al Ing. José García quien es Director del Centro, y al Coordinador de la Unidad Web el Lic. Luis Ernesto Blanco.

Posteriormente, se realizó un estudio de las arquitecturas de Tecnología de Información de soporte a la Gerencia del Conocimiento con el objeto de

determinar que tipo de soluciones y tecnologías se utilizan. Luego basado en los estudios previos de esta etapa se propusieron un conjunto de herramientas que darán soporte a las operaciones del CIDI y a su vez al ciclo de generación del conocimiento intrínscico en el modelo. De igual forma se definió las especificaciones de aceptación del prototipo según parámetros de calidad establecidos.

2. Diseño de la Arquitectura.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la fase anterior, se procedió a realizar la arquitectura de soporte al Modelo de Operaciones. Ésta se diseñó como una arquitectura cliente – servidor en n capas, ya que estas dan la posibilidad de desarrollar soluciones más potentes (Utley, 2001), basada en tecnología Web.

Posteriormente se realizó un análisis de la arquitectura en la cual se visualiza el soporte al proceso de generación y conversión de conocimiento.

3. Diseño detallado del Prototipo.

En esta fase se realizaron una serie de actividades que especificaron los modelos y artefactos necesarios para el diseño del prototipo de software, estas actividades se pueden observar en la Tabla 8.

4. Desarrollo y prueba del Prototipo.

En esta fase, se procedió a configurar el equipo del CIDI como servidor, de la siguiente manera: (a) el Servidor Web (Apache 1.3.24), (b) el Servidor de Base de Datos (MySQL 3.23.49), (c) el Servidor de Archivos para el repositorio de datos (Windows 2000), y (d) Módulo de PHP 4.3.3 para Apache, para el desarrollo de la aplicación Web. También se configuró en el equipo el software seleccionado para el cliente.

Posteriormente se realizó la codificación y depuración correspondiente a los paquetes diseñados en la etapa anterior, realizando la integración de cada uno de los componentes seleccionados o desarrollados para el prototipo.

5. Aprobación.

Realizado el desarrollo e implementación de los componentes del prototipo se procedió a la aprobación por parte de la Directora del CIDI, mediante los requerimientos de aprobación especificados en la primera fase del desarrollo del prototipo. Posteriormente se realizó un plan de Implantación de la aplicación.

El Modelo de Operaciones del CIDI- UCAB basado en gerencia del conocimiento y soportado en tecnología de información, se compone de elementos como: (a) Estructura Conceptual, (b) Modelo de Operaciones basado en Gerencia del Conocimiento, y (c) Solución Tecnológica, que integrados dan solución al objetivo general del proyecto, como se puede observar en la Figura 3.

El Modelo de Operaciones del CIDI- UCAB basado en gerencia del conocimiento y soportado en tecnología de información se fundamentó en una Estructura Conceptual de Gerencia de Conocimiento, que permite dar éste enfoque para indicar, las operaciones del CIDI según su tipo de conocimiento que genera, y su clasificación además de la forma en la que se puede administrar; planteando como estrategia el diseño de una arquitectura de Tecnología de Información y Comunicaciones que a través de la implementación del prototipo logre llevar a la práctica el Modelo.

A continuación se explican cada uno de los componentes que conforman la solución al proyecto.

1. Estructura Conceptual del Modelo de Operaciones del CIDI

La Estructura Conceptual del Modelo de Operaciones del CIDI es resultado de la fase de Investigación Documental. Esta estructura como se muestra en la Figura 4 expresa el proceso de generación, codificación y transferencia del conocimiento dentro del CIDI como parte integral de

Resultados

Los resultados obtenidos son producto del desarrollo de las actividades realizadas en el desarrollo y que cubren con los objetivos planteados en el inicio del proyecto.

Estructura Conceptual de Gerencia del Conocimiento del CIDI	Modelo de Operaciones basado en Gerencia del Conocimiento	Tipo de Conocimiento	Clasificación de las operaciones
		Capital Intelectual	Formas de Administración del Conocimiento
		Diagrama de Operaciones	
	Soporte Tecnológico	Arquitectura de Tecnología de Información y Comunicaciones	
		Prototipo	

Figura 3. Modelo de Operaciones basado en Gerencia del Conocimiento y soportado en Tecnología de Información

Fuente: Elaboración Propia

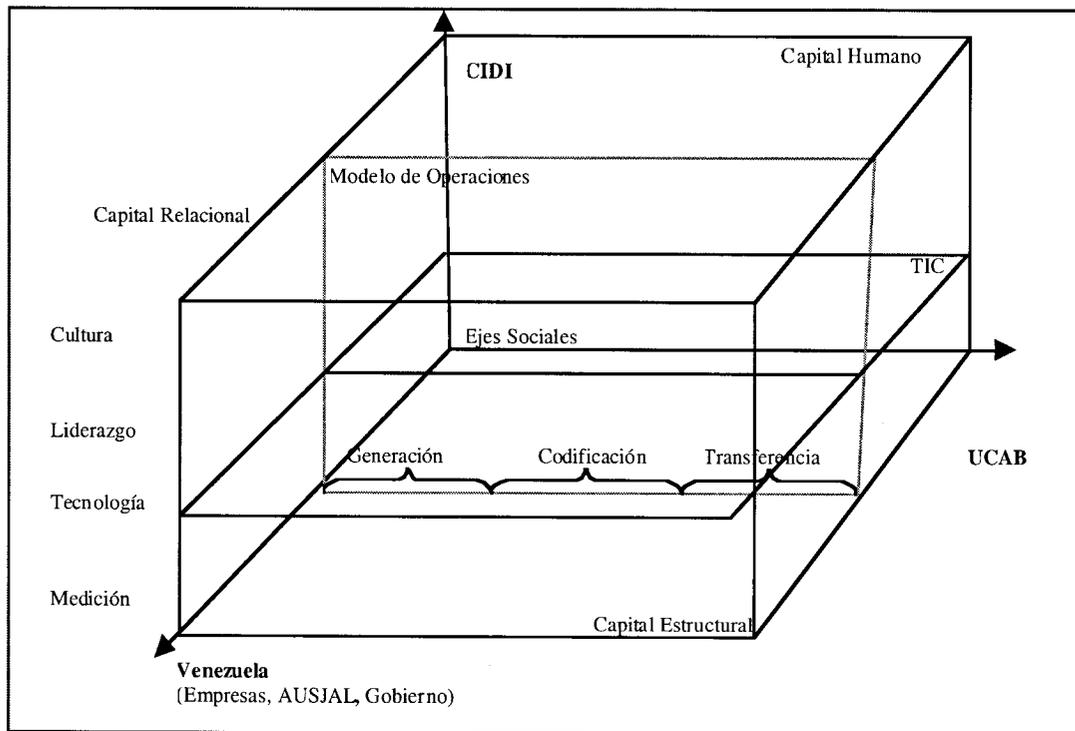


Figura 4. Estructura Conceptual de Gerencia del Conocimiento para el modelo de operaciones CIDI – UCAB
Fuente: Elaboración propia

sus operaciones; en este proceso, tanto el conocimiento personal (Tácito) como el explícito producto de sus proyectos es retornado al centro, para que pueda ser compartido y aplicado por toda la organización extendiéndose a la universidad. El proceso permitido por estrategias en la cultura, liderazgo, tecnología y medición, guía e influencia el conocimiento necesario para desarrollar el Capital Intelectual que necesita el CIDI para operar, crecer y permanecer competitivo dentro del entorno universitario.

2. Modelo de Operaciones basado en Gerencia del Conocimiento

Producto del desarrollo en la Fase II de la metodología seguida, se obtuvo el Modelo de Operaciones del CIDI basado en Gerencia del Conocimiento, presentado en la Figura 5; el cual es

una representación estructural y conceptual de un conjunto de elementos que organiza e integra todas aquellas actividades que sustentan las operaciones del CIDI, para un adecuado manejo del conocimiento que surge en este centro. El Modelo está compuesto por los siguientes elementos: (a) Diagrama de Operaciones, (b) Capital Intelectual, (c) Tipo de Conocimiento y Clasificación de las operaciones según las fases de proceso básico asociado al conocimiento, y (e) Formas de Administrar el Conocimiento; que se describen a continuación.

2.1. Diagrama de Operaciones

Este diagrama agrupa todas las operaciones del CIDI las cuales tienen asociado un flujograma, en el cual se indican los actores y las acciones que realizan. El diagrama también expresa de dónde viene y hacia dónde va el conocimiento generado en cada operación. Como se indica en la Figura 6.

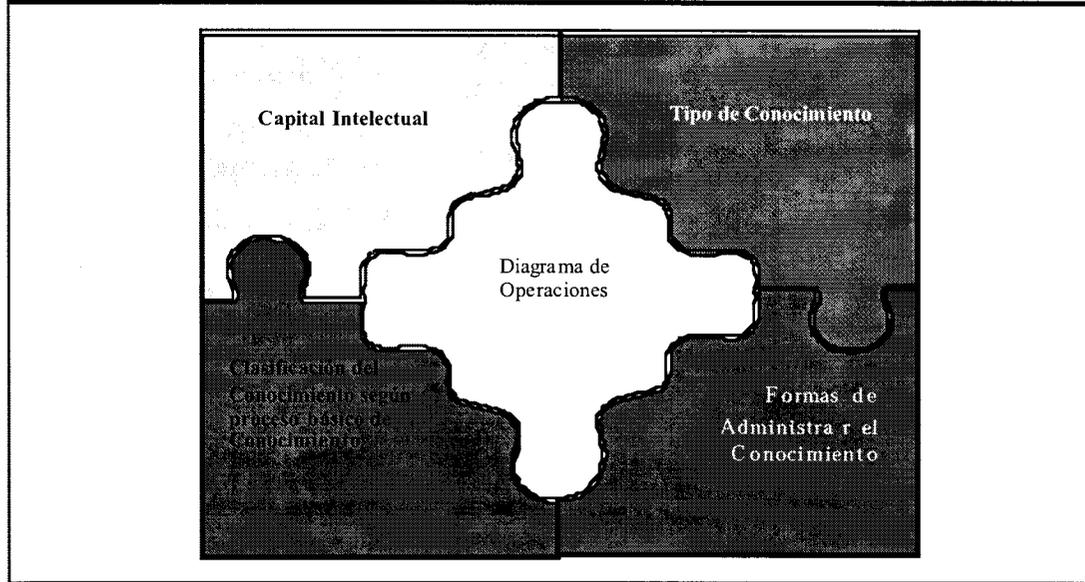


Figura 5. Modelo de Operaciones del CIDI basado en Gerencia del Conocimiento
Fuente: Elaboración propia

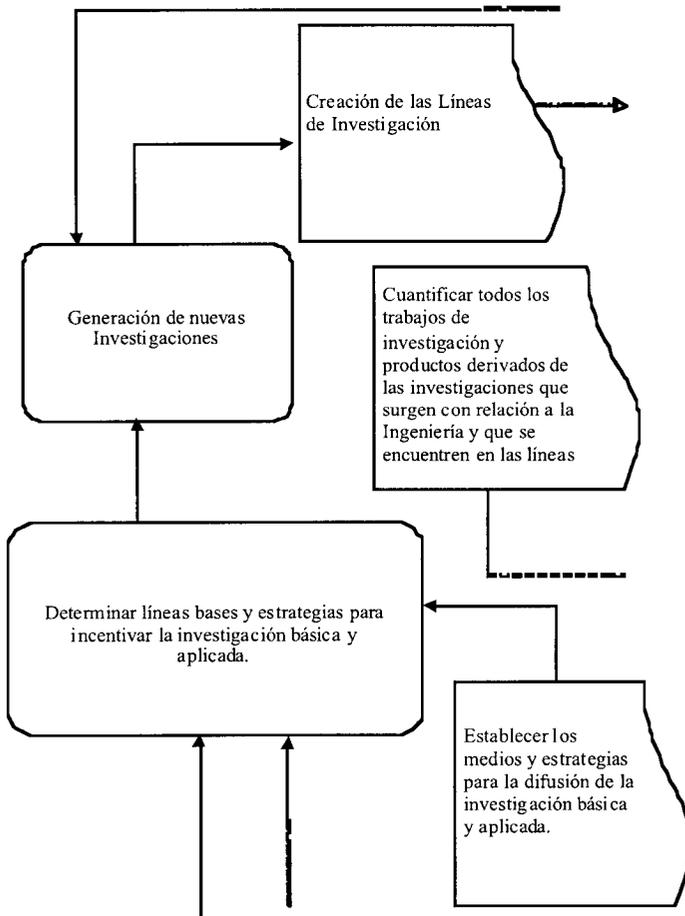


Figura 6. Diagrama de Operaciones del CIDI
Fuente: Elaboración propia

2.2. Capital Intelectual

Está compuesto por el Capital Humano, Capital Estructural y el Capital Relacional, la Figura 7 muestra como se integran esos capitales y el flujo de conocimiento que comparten.

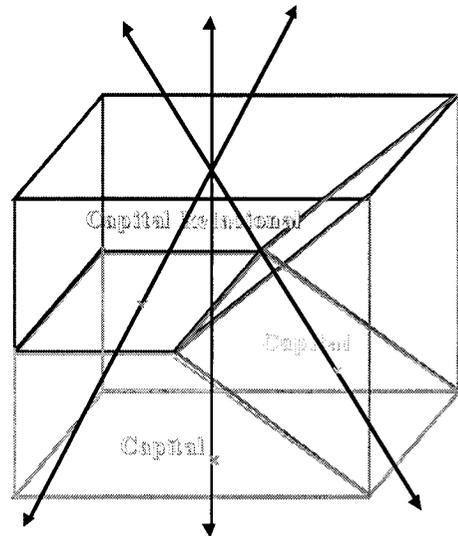


Figura 7. Capital Intelectual
Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 9 se explican los elementos del CIDI que constituyen a cada uno de los capitales:

Tipo de Capital Intelectual	Elementos que lo constituyen
Capital Humano	Conocimientos y capacidades de los miembros del CIDI adquirido mediante los procesos de aprendizaje (formal e informal), propios de su actividad diaria.
Capital Estructural	Compuesto por: (a) cultura (principios del CIDI), (b) estrategias, (c) la propiedad intelectual, (d) las tecnologías para el apoyo y captación de conocimientos, (e) estructura organizativa (organigrama), la cual se explica de manera detallada en el apéndice 5;
Capital Relacional	Relaciones del CIDI con organizaciones internas y externas a la UCAB.

Tabla 9. Capital Intelectual del CIDI / Fuente: Elaboración propia

Los beneficios que traen consigo estos capitales son:

- **Capital Humano:** Identificar quienes utilizan el conocimiento explicitado en documentos y enfocar su uso hacia aquella área de conocimiento en la que se puede aprovechar para generar más desarrollos de proyectos, o también para difundirlo.
- **Capital Estructural:** (a) cuantificar los proyectos para ponerlos a la disposición de la comunidad universitaria, (b) Publicar el material producto de los proyectos; de esta forma se propicia el interés por un tema generando conocimiento.
- **Capital Relacional:** A través de las relaciones que mantenga el CIDI con su entorno podrá aprovechar esta comunicación para difundir los proyectos realizados y así obtener apoyo en sus labores.

2.3. Tipo de Conocimiento y clasificación de las operaciones según las fases de proceso básico asociado al conocimiento

En la Tabla 10, se indica el conocimiento que genera cada una de las operaciones del CIDI; de igual forma se indica la fase de proceso básico del conocimiento en la que se encuentra de acuerdo al objetivo que se persigue; de esta forma se puede determinar los factores que afectan al flujo del conocimiento para atender a aquellas necesidades emergentes de cada operación en específico.

2.4. Formas de Administrar el Conocimiento

Las estrategias planteadas para el manejo del conocimiento en el CIDI son las siguientes:

Cultura: Dado a que los investigadores asociados al CIDI pertenecen a otras unidades organizativas dentro de la Facultad de Ingeniería de la UCAB se deben diseñar intervenciones para que internalice el manejo de conocimiento como parte de sus tareas diarias.

Liderazgo: A través de la selección de los jefes de líneas que puedan encargarse del seguimiento de los proyectos y propiciar la creación de nuevos trabajos.

Tecnología: Creación de bases de conocimientos, sistemas de aprendizaje en línea, agentes inteligentes para la captura de conocimiento, sistemas expertos entre otros.

Medición: Cuantificar la información proveniente de los proyectos respondiendo a las preguntas: (a) *¿Sabes lo que tienes?*, (c) *¿Quién lo posee?* y (d) *¿Dónde se tiene?*.

3. Solución Tecnológica

La solución tecnológica es producto del desarrollo de la fase III de la metodología utilizada y se basó en una arquitectura de TIC realizada de acuerdo a los requerimientos generales provenientes del Modelo de Operaciones y la plataforma tecnológica de la UCAB, que da origen al prototipo de software para la implementación tecnológica. Esta se compone de los elementos descritos a continuación.

3.1. Requerimientos del Sistema

Los requerimientos del sistema se dividen en funcionales y no funcionales y se muestran a continuación en la Tabla 11.

Operación	Conocimiento Generado	Tipo de Conocimiento	Etapa del Ciclo Básico del Conocimiento
Creación de líneas de investigación.	Ideas, temas asociados, necesidades de investigación, Redes de expertos, Descripción y lineamientos sobre las Líneas de Investigación.	Conocimiento Implícito	Generación
Asignar los proyectos a las líneas de investigación.	Documentación asociada a la ubicación de los proyectos en las líneas de investigación.	Conocimiento Explícito	Codificación y Coordinación
Generación de nuevas Investigaciones.	Ideas, conceptos relacionados a un tema en específico.	Conocimiento Implícito	Generación
Cuantificar todos los trabajos de investigación y productos derivados de las investigaciones que surgen con relación a la Ingeniería y que se encuentren en las líneas de investigación para responder a necesidades planteadas.	Cifra de todas las investigaciones realizadas (TEG, Trabajos de Ascenso, Publicaciones) y las que se encuentran en proceso.	Conocimiento Explícito	Codificación y Coordinación
Establecer las líneas de acción para la publicación de temas de investigación que permitan el desarrollo de trabajos en los núcleos de pregrado, postgrado y Formación Continua.	Descripción detallada de temas que puedan generar conocimiento mediante la investigación.	Conocimiento Explícito	Transferencia
Preparar y coordinar la difusión de materiales técnicos especializados que contengan el resultado de las investigaciones.	Publicaciones como revistas y artículos.	Conocimiento Explícito	Transferencia
Determinar líneas bases y estrategias para incentivar la investigación básica y aplicada.	Charlas y formas de dar a conocer los temas de investigación (por ejemplo, Jornadas de Investigación).	Conocimiento Explícito	Transferencia
Establecer los medios y estrategias para la difusión de la investigación básica y aplicada.	Información difundida en Congresos, Talleres, Jornadas, Foros, Comunidades de Investigadores y Conferencias.	Conocimiento Explícito	Transferencia
Establecer las relaciones institucionales que generen alianzas estratégicas para el impulso y desarrollo de nuevas investigaciones.	Investigaciones especializadas	Conocimiento Explícito	Codificación y Coordinación
Establecer las normas y medios para incentivar las relaciones institucionales que generen alianzas estratégicas para el impulso y desarrollo de nuevas investigaciones.	Acuerdos, alianzas, propuestas de investigaciones.	Conocimiento Explícito	Transferencia
Solicitar apoyo para Formación de investigadores	Informes de Investigación	Conocimiento Explícito	Transferencia
Solicitar apoyo económico para las investigaciones	Informes de Investigación	Conocimiento Explícito	Transferencia

Tabla 10. Clasificación del conocimiento del Modelo de Operaciones del CID
Fuente: Elaboración propia

Requerimientos no funcionales	Requerimientos funcionales
<ul style="list-style-type: none"> • Las aplicaciones deben estar basadas en una arquitectura Web, para que pueda ser compatible con la intranet de la universidad. • La selección de herramientas debe ser de "Código Abierto" en caso contrario evaluar los costos que esto implica en mantenimiento y si la universidad ya lo posee. • Las herramientas Web deben ser creadas en lenguaje de programación PHP y la base de datos debe ser implementada en MySQL. • La interfaz debe cumplir con los establecidos por la UCAB. • Deben correr en la plataforma operativa de la UCAB, Los servidores funcionan con sistema operativo Linux y servidor Web Apache. • El sistema debe estar las 24 horas de los 365 días del año, para darle acceso a los usuarios a la información. • Las herramientas diseñadas deben integrarse con los estándares de seguridad de la plataforma de la UCAB. • La aplicación Web debe realizarse a través del uso de plantillas para que se disminuya el impacto del cambio del código. 	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema debe soportar la incorporación de usuarios integrándolos a la comunidad, así como a la creación de líneas de investigación • La creación de líneas de investigación, ingresar documentos, proyectos y publicaciones solo pueden realizarse por aquellos usuarios que tengan permiso para hacerlo. • Los usuarios que deseen registrarse en el sistema deben ser aprobados por el Director del CIDI. • Los proyectos deben estar asignados a una línea de investigación, al igual que debe tener un Investigador asociado al trabajo. • La lista de correos con los contactos asociados al sistema será manejada por el Director del CIDI. El cual puede enviarles comunicaciones a todos los miembros de la lista. • El sistema debe permitir la publicación de documentos por parte de los usuarios y del CIDI. • El sistema debe tener la capacidad de proporcionar la comunicación de los usuarios del sistema, permitiendo compartir sus opiniones con los otros miembros.

Tabla 11. Requerimientos funcionales y no funcionales del Sistema
Fuente: Elaboración propia

3.2. Arquitectura de TIC

La arquitectura de Tecnología de Información y Comunicación, es una arquitectura cliente - servidor en tres capas; ésta se soporta en tecnología Web para que los usuarios del sistema puedan trabajar y comunicarse desde cualquier parte del campo universitario, dándoles libertad y comodidad para compartir conocimiento personal (tácito) o explícito con todos los miembros de la organización.

El uso de la arquitectura cliente – servidor se debe a que se maneja de manera centralizada los datos y componentes para que el conocimiento explícito capturado por el sistema este a la disponibilidad de todos en el momento que deseen, además de ofrecer una vista clara de los módulos del sistema gracias al diseño en n - capas. Una vista general de esta arquitectura se muestra en la Figura 8. Las capas de la arquitectura están diseñadas para ofrecer una división lógica de los módulos del sistema; estas capas se dividen en tres: (a) Trabajador del Conocimiento, (b) Componentes de Conocimiento, (c) Datos. La división física de la arquitectura se basa en la infraestructura teleinformática de la Universidad.

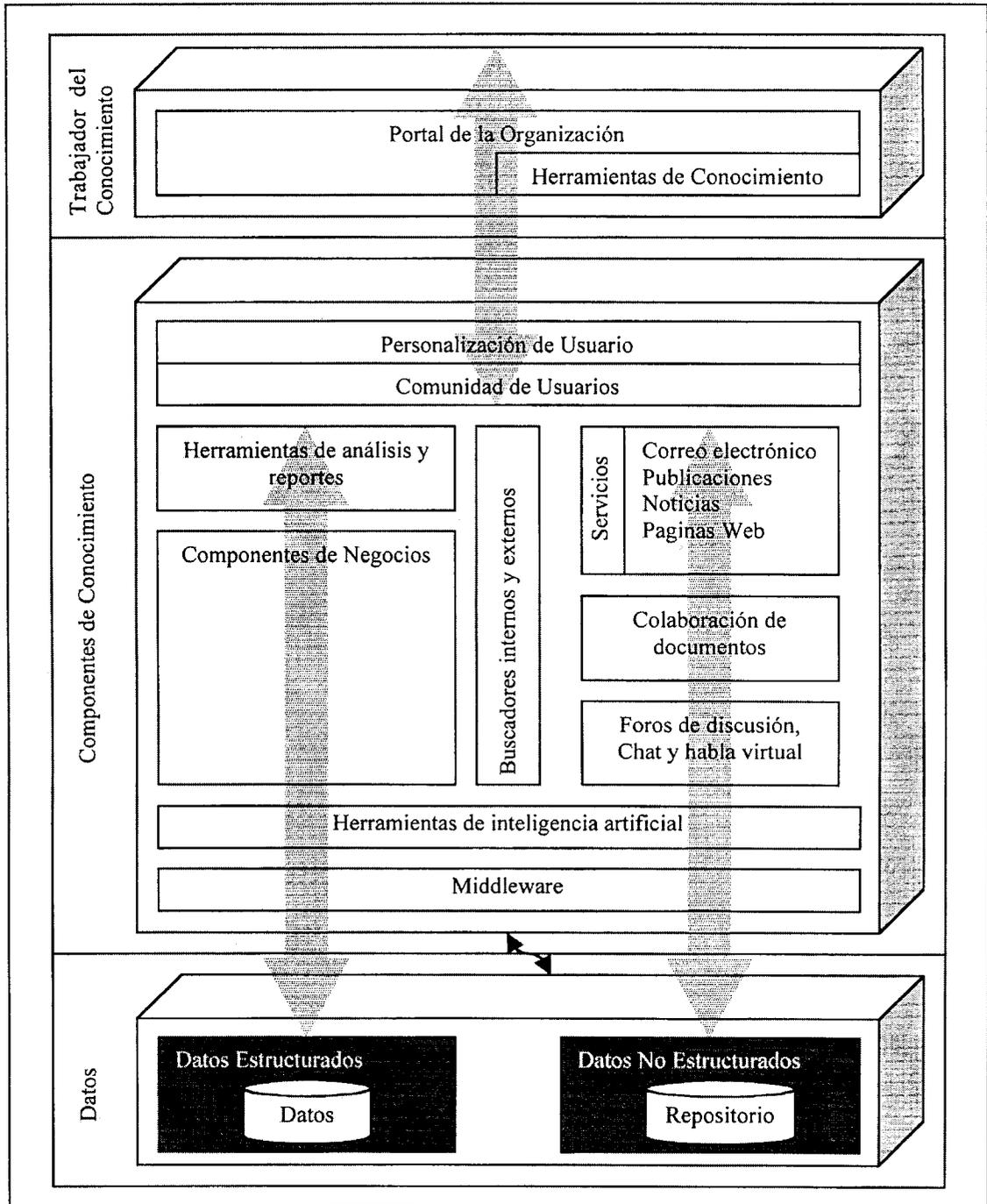


Figura 8. Arquitectura de TIC de soporte al Modelo de Operaciones
Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Soporte al proceso de generación de conocimiento

Las soluciones planteadas dan soporte al proceso de generación de conocimiento como se muestra en el esquema de la Figura 9.

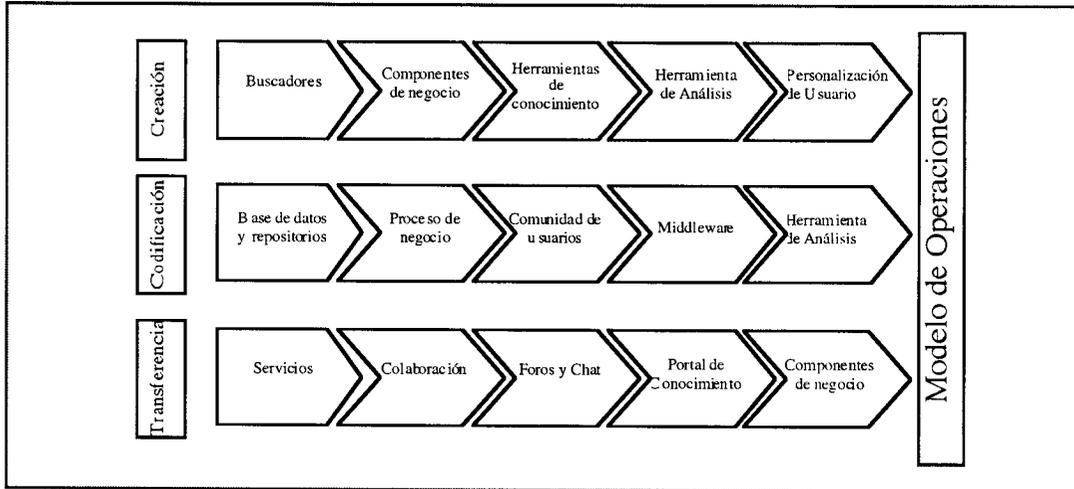


Figura 9. Vista de Soporte al Proceso de Conocimiento
Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Soporte a la conversión del conocimiento.

La arquitectura diseñada soporta la conversión de conocimiento a través de cada componente del sistema como se puede observar en la Figura 10.

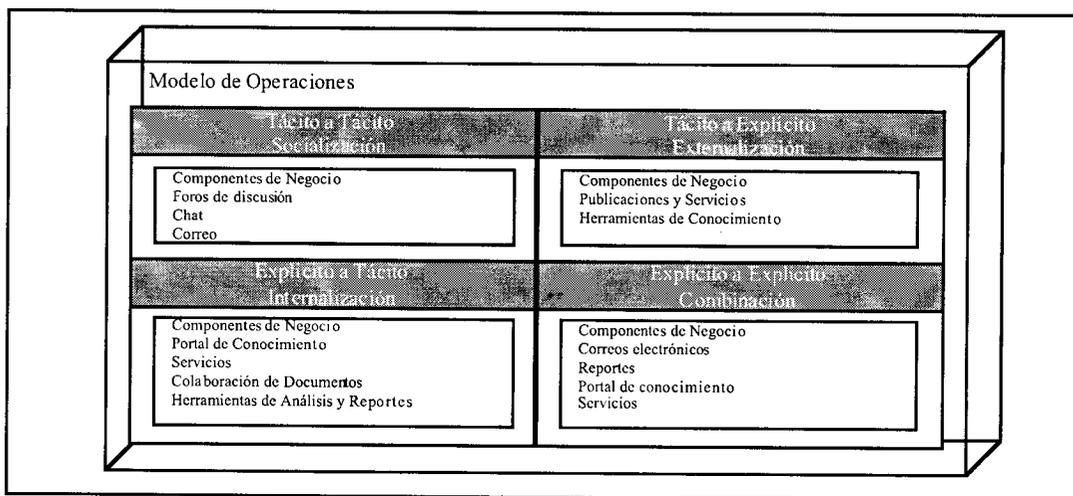


Figura 10. Vista de Conversión del Conocimiento
Fuente: Elaboración propia

Capa	Módulo	Software	Implementación	Factibilidad Técnica
Trabajador del Conocimiento	Portal de Conocimiento	Portal UCAB	Aplicar	Si
		Portal del CIDI	Desarrollo	Si
	Herramientas de Conocimiento	Microsoft Office 2000	Aplicar	Si
		Acrobat Reader 5.0	Aplicar	Si
		Inspiration Software	Aplicar	No
Componentes de Conocimiento	Personalización de Usuario	Portal del CIDI	Desarrollo	Si
	Comunidad de Usuarios	Servicio del CIDI	Desarrollo	Si
	Herramientas de análisis y reportes	Herramienta del CIDI	Desarrollo	Si
	Componentes de negocio	Componentes de Negocio del CIDI	Desarrollo	Si
	Buscadores internos y externos	Buscador UCAB, Google.	Aplicar	Si
		Buscador del CIDI	Desarrollo	Si
	Servicios	Correo Electrónico de la UCAB	Aplicar	Si
		Servicios del CIDI	Desarrollo	Si
	Colaboración de documentos	Colaboración del CIDI	Desarrollo	Si
	Herramientas de Inteligencia Artificial	Herramientas del CIDI	Desarrollo	No
	Middleware	Desarrollo del CIDI.	Desarrollo	No
	Foros de Discusión Chat y habla Virtual	Chat UCAB	Aplicar	Si
		Foro del CIDI	Desarrollo	Si
		Habla Virtual	Aplicar	No
Datos	Repositorios	Windows 2000	Aplicar	Si
	Datos	MySQL 3.23	Aplicar	Si

Tabla 12. Herramientas del Prototipo de software
Fuente: Elaboración propia

3.3. Prototipo del Software

Para la implementación de la arquitectura se seleccionó el software necesario y luego se desarrolló el prototipo de acuerdo a las especificaciones de la arquitectura.

3.3.1. Selección del Software

En la Tabla 12 se presenta el software seleccionado para el prototipo, indicando la factibilidad y el tipo de implementación necesaria.

3.3.2. Diseño del Prototipo

Los módulos desarrollados se clasificaron según paquetes funcionales, identificando por cada uno los casos de uso del sistema y los componentes que los conforman, como: (a) Diagrama de Paquetes que indica la división funcional del sistema, (b) Diagrama

de Datos, que muestra las entidades y relaciones de la base de datos del prototipo, (c) Diagrama de Navegación que muestra la navegación general del prototipo, indicando la secuencia en la cual los usuarios interactúan en el sistema (Páginas clientes) y cuales elementos aplican los componentes de negocio (Páginas de Servidor), y (d) Diagrama de Componentes y Despliegue muestra todos aquellos componentes que se ejecutarán dentro de los nodos (Computadores) del sistema, los cuales constituyen su parte operativa.

Dado a que la implementación del prototipo se realizó de manera local, se propone un plan de implantación para que el CIDI pueda poner en marcha el prototipo diseñado.

Conclusiones y Recomendaciones

Las conclusiones se estructuran en tres partes: (a) del desarrollo del proyecto, (b) de los resultados obtenidos, y (c) del aprendizaje de la investigación; de igual forma las recomendaciones se dividen de la manera siguiente: (a) para implantación del proyecto, y (b) para futuras investigaciones sobre el trabajo.

1. Conclusiones

1.1. Del desarrollo del proyecto:

- ♦ Diseñar un esquema basado en gerencia del conocimiento para la obtención de los componentes de modelos operacionales, ayudan a estructurar las actividades necesarias en las organizaciones que desean adoptar el manejo del conocimiento como parte de su estrategia.
- ♦ La arquitectura de TIC es una consecuencia del Modelo de Operaciones basado en Conocimiento por que contempla la implementación de herramientas para disminuir la distancia comunicativa y facilitar los procesos de captación y transferencia de la información del conocimiento.

1.2. De los resultados del proyecto:

- ♦ El Modelo de Operaciones basado en gerencia del conocimiento permite al CIDI cambiar el enfoque con respecto al uso del conocimiento, dándole la oportunidad de evolucionar y consolidarse en la universidad, contribuyendo con el conocimiento generado a través de los proyectos realizados.
- ♦ Las soluciones de TIC que se realizan para la Gerencia del Conocimiento, son un conjunto integrado de herramientas que dan soporte a todo el proceso de creación y transformación de conocimiento de las personas (Trabajadores del Conocimiento), pero teniendo claro que es solamente apoyo, ya que la tecnología, hasta los momentos, por sí sola no puede generar todo el conocimiento personal (Tácito). Es importante destacar que para la puesta en marcha de una solución tecnológica para la Gerencia del Conocimiento, incluye una adaptación y cambio en la visión hacia la tecnología por parte de las personas, este cambio es parte del proceso que se debe adoptar para implementar estrategias de Gerencia del Conocimiento dentro de una organización.

- ♦ Aceptar la unión de la gente con la tecnología y su ineludible relación, es el primer paso a la creación de Tecnologías basadas en Conocimiento y Colaboración, que se integran para modelar las funciones de la organización y su tecnología como apoyo para la toma de decisiones que logren consolidar y alcanzar sus objetivos.

1.3. Del aprendizaje de la investigación:

- ♦ La Gerencia del Conocimiento es un enfoque que ayuda a la organización de ideas, modelando la forma de pensar de un individuo que constantemente esté en la búsqueda de respuestas a incógnitas relacionadas con la generación y producción de conocimientos.
- ♦ La analogía entre la *Investigación* con la *Gerencia del Conocimiento* es que cada uno de los mecanismos utilizados por un individuo o un grupo, independientemente de la metodología que utilicen, parten de la generación de conocimientos y de la necesidad de administrarlos de la forma más eficiente posible para lograr encontrar respuestas y soluciones a problemas del entorno.

2. Recomendaciones

2.1. Para la implantación del proyecto:

- ♦ El CIDI requiere adoptar estrategias de cultura, liderazgo y medición para que el proceso de conocimiento sea adoptado por todos los miembros de manera planeada, logrando adaptarse con éxito el modelo de operaciones y el uso de la plataforma tecnológica desarrollada.
- ♦ Tomando en cuenta que el Modelo de Operaciones evoluciona dado a la interacción de sus componentes manteniendo a la organización vigente, al proponer cambios dentro de la organización se recomienda evaluar el impacto que este tendría a través del Modelo de Operaciones.

2.2. Para futuras investigaciones sobre el trabajo:

Se sugiere implementar tecnologías como: (a) Bases de Datos de conocimiento y redes de expertos para mantener la memoria de la organización y sus capitales, (b) Sistema de Aprendizaje en línea para fomentar la investigación, (c) Desarrollar o implementar sistemas de ingeniería de conocimiento

para la personalización especializada de la comunidad de usuarios, así como la especialización de los buscadores del CIDI a través de agentes inteligentes (d) Mejorar la capa de Middleware para integrar los sistemas de la UCAB con el Portal de Conocimiento del CIDI y así mejorar sus componentes de negocio.

Bibliografía

- Amorrrortu (2002) *Conceptos clave en comunicación y estudios culturales*. Amorrrortu editores. Buenos Aires.
- Angulo, Noel. (2001) *Modelo de operación de la biblioteca Nacional de Ciencia y Tecnología del Instituto Politécnico Nacional*. [Documento en Línea]. Disponible en: <http://www.ced.ufsc.br/bibliote/econtrol/> [Consultado: 2003 Agosto]
- Barth, Steve. (2002). *Defining Knowledge Management* [Página Web en Línea]. Disponible en: <http://www.destinationkm.com/articles/default.asp?ArticleID=949&Keywords=university> [Consulta: 2003, Agosto]
- Belly, Pablo. (2002 a). *Niveles De Conocimiento*. [Pagina Web en Línea] Disponible: <http://www.bellykm.com/articulos/niveles%20de%20conocimiento.htm> [Consulta: 2003, Agosto]
- Belly, Pablo. (2002 b). *El Capital Humano*. [Pagina Web en Línea] Disponible: <http://www.bellykm.com/articulos/el%20capital%20humano.htm> [Consulta: 2003, Agosto]
- Carrión. Palacios (s.f.) *Conceptos Básicos de la Gerencia del Conocimiento*, [Pagina Web en Línea] Disponible: <http://www.gestiondelconocimiento.com/conceptos.htm> [Consulta: 2003, Agosto]
- Casañas, Diego. (1997). *Ante- proyecto del CIDI*. Trabajo no publicado. Caracas, Venezuela. UCAB.
- Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería. (2003, Marzo). *Boletín Número 1 del CIDI* [Boletín]. Caracas, Venezuela.
- Colciencias (2002). *Herramientas*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.colciencias.gov.co/herramientas/faq.php#0.1> [Consulta: 2003, Abril].
- Coukos-Semmel, Eleni, (2002), *Knowledge Management: Processes and Strategies Used in United States Research Universities*, Tesis de doctorado no publicada, Florida Atlantic University, Florida Estados Unidos.
- Davenport, Thomas H. (1997, Marzo). *Some Principles of knowledge management*. *Graduated School of Business*. University of Texas at Austin.
- Davenport, T.; Prusak, L. (1998), *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*, Harvard Business School Press.
- De la Torre, E. y Navarro de Anda, R. (1991). *Metodología de la investigación bibliografía, archivista y documental*. México. McGraw – Hill
- Etzkowitz, H; Webster, A. Gebhart, C. Cantisano, B. (2000). *The future of the university and the University of the Future: Evolution of Ivory tower to entrepreneurial paradigm*. Research Policy, vol. 29.
- Euroforum (1998), *Medición del Capital Intelectual. Modelo Intelec*”, IUEE, San Lorenzo del Escorial (Madrid).
- Font, John. (2001). MESEM – UCAB: *Mecanismo de seguridad para productos multimedia generados en la Universidad Católica Andrés Bello* Trabajo Especial de Grado. Caracas, Venezuela. UCAB.
- GFC Microsystems Limited. (1998, Enero). *Phased Approach to software development standard*. [Documento en Línea]. Disponible en: <http://web.ukonline.co.uk/gerald.mcmullon/standards/S006O003.DOC> [Consulta: 2003, Septiembre]
- Harris, David. (1996). *Crating a Knowledge Centric Information Technology Enviroment*. Harris Training & Consulting Services Inc., Seattle, WA
- Hohmann, Luke (2003) *“Beyond Software Architecture: Creating and Sustaining Winning Solutions”*, Boston, Estados Unidos, Addison Wesley.
- Intesa (s.f). *Gerencia del Conocimiento*. [Pagina Web en Línea] Disponible en: http://www.intesa.com/soluciones_servicios/consultoria/gerencia.htm [Consultado: 2003, Mayo]
- ITESO. (2003, Marzo). *Operaciones de la Investigación Documental* [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.iteso.mx/biblio/formacion/opbasic.htm>. México. [Consulta: 2003, Marzo]
- Marwick, A. D. (2001). *“Knowledge Management Technology”* [Documento en Línea]. Disponible en: <http://www.research.ibm.com/journal/sj/404/marwick.pdf> [Consulta: 2003, Septiembre]
- Ley de Universidades (Republica de Venezuela). (1979, Agosto 8). [Transcripción en Línea]. Disponible en: <http://intra.ucab.edu.ve/reglamentos/101.htm> [Consulta: Mayo, 2003]
- Matteucci, Mario. (2002). *Knowledge Management y Administración Tributaria: Apuntes sobre la Gestión*

- del Conocimiento*. [Documento en Línea] Disponible: http://www.ciat.org/doc/docu/pape/knowledge_management_mario_alva_matteucci.pdf. Centro Interamericano de Administración Tributarias. [Consulta: 2003, Agosto]
- Nonaka, I..(1991) *The KnowledgeCreating Company*, first published in 1991, *reprinted in Harvard Business Review on Knowledge Management*, Harvard Business School Press, 1998
- Nonaka, I. Takeuchi, H. (1995). *The knowledge crating company*. Oxford University Press.
- Ortiz, Lourdes (2003) *Introducción a la Gerencia del Conocimiento*. Trabajo no publicado. Caracas, Venezuela.
- Plan de Evaluación Institucional. (2002, Noviembre). *UCAB en Cifras (1999 – 2000 a 2001 – 2002)*. Caracas, Venezuela.
- PricewaterhouseCoopers, (2001), *“Technology Forecast: 2001 – 2003”*, California Estados Unidos, PricewaterhouseCoopers.
- Puerta, Fernando. (2003). *Fortalecimiento del CIDI*. Trabajo no publicado. Caracas, Venezuela. UCAB
- Puerta, Fernando. Guzmán, José. (2001, Julio). *GERENCIA DE PROYECTOS. Desarrollo e Implantación de un Modelo para la Investigación Académica y Aplicada*. Ponencia realizada en el II Congreso Iberoamericano de Gerencia de Proyectos. Colombia.
- Reglamento del CDCHT (UCAB) (1993, Enero 12). [Transcripción en Línea]. Disponible en: http://www.ucab.edu.ve/investigacion/cdch/reglamento_del_consejo_de_desarrollo.htm [Consulta: Mayo, 2003]
- Rodríguez, Arturo. Araujo, De la Mata. Urrutia, Gutiérrez. (2001). *La gestión del conocimiento: científico-técnico en la universidad: un caso y un proyecto*. Universidad del País Vasco.
- Rumbaugh, J. Jacobson, I., Booch, G. y (2000). *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. Madrid. Addison Wesley.
- Sánchez, Jose. (2001). *Conociendo A*. *Revista Enlace*. [Revista en Línea], 1(1). Disponible: <http://www.sistemaieu.edu.mx/Conociendo1.htm> [Consulta: 2003, Octubre]
- Saputelli, Luigi. (2001) *Gerenciar el Conocimiento para grear ventaja competitiva*. [Pagina Web e Línea] Disponible: <http://members.tripod.com/~SVA99/Sva99/d17/Saputelli.html> [Consulta: Abril, 2003]
- Stenmark, Dick. (2002). *Information vs. Knowledge: The role of intranets in knowledge management*. 35th Hawaii International Conference on Systems Sciences, 2002. [Documento en Línea]. Disponible: <http://www.ruhr-uni-bochum.de/km/WorldCongress.pdf> [Consulta: 2003, Agosto]
- Steward, T.A. (1997), *La Nueva Riqueza de las Organizaciones: EL Capital Intelectual*, Granica, Buenos Aires.
- Uitley, Craig. (2001). *Desarrollo de aplicaciones Web con SQL Server 2000*. MacGrawHill. Madrid. España.
- Young, Michal (1998). *Software Development Processes. CIS 422/522* Universidad de Oregon
- Zorrilla, Hernando (1997) *La Gerencia del Conocimiento y la Gestion Tecnologica*. [Pagina Web en Línea]. Disponible en: <http://www.sht.com.ar/archivo/Management/conocimiento.htm> Universidad de los Andes. Merida. Venezuela [Consulta: 2003, Mayo]



REDES NEURONALES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE YACIMIENTOS: DEL MITO A LAS APLICACIONES PRÁCTICAS

■ Rafael E. Banchs

En los últimos años, a medida que han proliferado las aplicaciones tecnológicas de la llamada inteligencia artificial, algunos mitos existentes en torno a estas tecnologías emergentes han ido desapareciendo. Sin embargo a estas alturas, la definición precisa de inteligencia sigue siendo incierta y la de inteligencia artificial más aún. Aunque su inicio se remonta a más de medio siglo cuando los psicólogos presentaron sus primeros modelos del cerebro y el aprendizaje (McCulloch y Pitts, 1943) no fue sino hasta finales de los 80, cuando la tecnología computacional estuvo lista, que la aplicación práctica de estos conceptos a problemas de la vida diaria, la industria y la ciencia comenzó a materializarse.

Primero fueron los sistemas expertos (Waterman, 1986) y luego llegaron las redes neuronales (Fahlman y Hinton, 1987), la fascinación del público no había terminado aún cuando llegaron los algoritmos genéticos (Holland, 1992) seguidos de la lógica difusa (McNeill y Freiburger, 1993). Hoy en día se habla de cualquier combinación y/o permutación de estos términos y es una forma segura y rápida de vender tecnología. El problema de todas estas tecnologías radica en que para la mayoría del público en general, e incluso para un gran número de sus usuarios, continúan siendo cajas negras que siempre arrojan una solución.

Este trabajo tiene un doble objeto; en primer lugar, pretende desmitificar un poco el concepto de las redes neuronales mediante la presentación de los aspectos más fundamentales de su teoría y la discusión de sus ventajas y desventajas como métodos de inferencia;

en segundo lugar, presenta un resumen de las aplicaciones comerciales más populares que usan redes neuronales en problemas de caracterización de yacimientos y dos aplicaciones específicas desarrolladas y aplicadas en yacimientos venezolanos.

Nociones básicas sobre redes neuronales

Una red neuronal artificial es un modelo matemático entrenable que permite encontrar relaciones funcionales entre dos conjuntos de datos. En este artículo se pretende explicar con lujo de detalles el significado de esta definición.

El concepto de neurona artificial se deriva de los primeros modelos que los psicólogos presentaron sobre el funcionamiento de las neuronas biológicas en cuanto a dos aspectos básicos: la respuesta a estímulos y el aprendizaje. Un perceptrón, o neurona artificial, es la unidad de procesamiento fundamental de toda red neuronal. La red, como su nombre lo indica, constituye la interconexión de varias de estas unidades de procesamiento. La estructura de la interconexión, así como los distintos niveles

estructurales en que se pueden disponer los perceptrones dentro de una red definen lo que se denomina la arquitectura de la red. Por otra parte, el tipo de información provista en los datos y la naturaleza del problema en cuestión, determina la forma de aprendizaje que debe ser utilizada y a su vez la arquitectura más idónea. Independientemente de la arquitectura, el tipo de aprendizaje y los datos, el perceptrón como unidad básica de procesamiento es básicamente el mismo para cualquier arquitectura y/o tipo de red. La figura 1 presenta una neurona biológica y una neurona artificial indicando cada una de sus partes constitutivas.

Cómo se observa de la figura, tanto la neurona biológica como la artificial son sistemas que reciben varias entradas ó estímulos y producen una salida o respuesta. En una red neuronal, las salidas de unas neuronas constituyen entradas de otras neuronas. La interconexión de una de las terminaciones de un axón con una dendrita de otra neurona se denomina sinapsis.

En el funcionamiento de una neurona biológica, la preponderancia relativa de cada estímulo en la generación de la respuesta depende del número de neuro-transmisores y neuro-receptores existentes en cada sinapsis y se ha demostrado que las sinapsis se

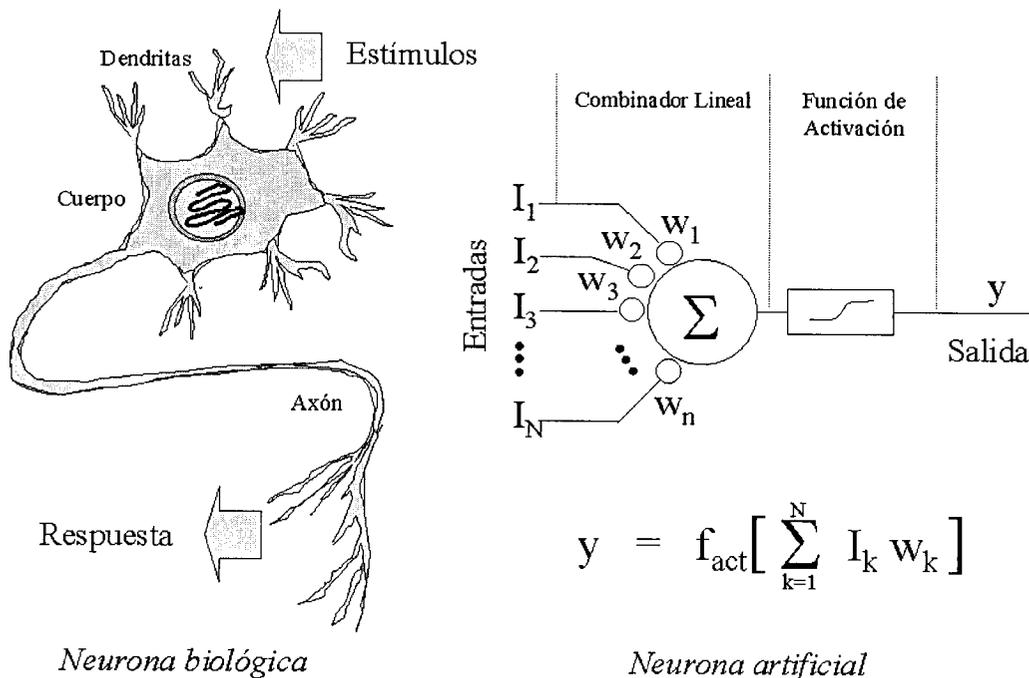


Figura 1. Neuronas artificial y biológica

refuerzan o debilitan según sea la historia de su actividad; ésta es, como veremos más adelante, la base del aprendizaje Hebbiano que debe su nombre al neuropsicólogo Hebb quién fue el primero en plasmar estas ideas en su obra 'The Organization of Behavior' (1949).

En el modelo artificial de una neurona, la fuerza de una sinapsis se representa mediante un peso que multiplica al valor de la entrada o estímulo. Finalmente, como se ilustra en la figura 1, la respuesta de una neurona artificial está definida por el resultado de aplicar una función de activación (generalmente no lineal) a la suma pesada de todas las entradas de la neurona. De esta forma, el modelo de neurona artificial está compuesto por un combinador lineal seguido de una función de activación.

Redes neuronales y filtros

Consideremos por un momento el modelo más simple de neurona que podamos definir. Sería aquella en la que la función de activación está definida por la función identidad $y=x$. El modelo se reduce al combinador lineal para el cual la salida está dada por la suma pesada de sus entradas:

$$y = \sum_{k=1}^N I_k w_k \quad \text{Ecuación 1}$$

La ecuación 1 es exactamente la misma ecuación de un filtro lineal e invariante en tiempo de respuesta impulsiva finita (Oppenheim y Schaffer, 1989). Si conocemos la respuesta deseada (d) para un conjunto de datos de entrada (I_k), podemos definir el error como la diferencia entre la respuesta deseada y la respuesta del filtro:

$$e = d - y \quad \text{Ecuación 2}$$

Y podemos buscar un conjunto de pesos (w_k) tal que minimice el error. Una forma de hacer dicha búsqueda es mediante el uso de una función de costo definida a partir del error cuadrático medio, la cual se define como el valor esperado (sobre el universo de datos) del cuadrado del error, como se muestra a continuación:

$$ecm = \frac{1}{2} E [e^2] \quad \text{Ecuación 3}$$

De esta forma, la ecuación 3 es una función de los datos de entrada, sus respuestas deseadas y los pesos del filtro, y su valor mínimo ocurre cuando el valor esperado para el error es cero. Calculando su gradiente e igualándolo a cero, podemos calcular los valores de los pesos que minimizan el error. Este procedimiento no es nada más que el problema de filtraje lineal óptimo resuelto por Wiener a mediados del siglo pasado (Widrow y Stearns, -1985); y en su honor, a este conjunto de pesos óptimo se le denomina filtro Wiener. El cálculo de estos pesos óptimos no es siempre sencillo ya que una buena estimación del valor esperado del cuadrado del error no es siempre posible. Existen métodos recursivos, tales como el *Steepest Descent* y el *Least-Mean-Square*, que permiten la búsqueda de los pesos óptimos de una forma más robusta (Haykin, 1996). En general, cualquier método de optimización, incluyendo algoritmos genéticos y *simulated annealing*, puede ser usado.

En el contexto de las redes neuronales, los conjuntos de datos de entrada para los cuales se conocen sus salidas deseadas se denominan los datos de entrenamiento; y entrenar una red neuronal no es otra cosa más que buscar un conjunto de pesos óptimos para representar de la mejor manera posible una relación funcional entre el espacio de los datos de entrada y el espacio de los datos de salida. El gran poder de las redes neuronales radica en la función de activación. La inclusión en el modelo de la neurona artificial de una función de activación no lineal permite la representación de relaciones funcionales no lineales entre el espacio de los datos de entrada y el espacio de los datos de salida. De esta forma una red neuronal no es más que un gran filtro no lineal construido a partir de la combinación de pequeños filtros no lineales.

Clasificación con redes neuronales

Veamos con un ejemplo sencillo, como una neurona artificial se puede utilizar en un problema de clasificación en un espacio de dos variables. Considere el ejemplo de la figura 2.

Cómo puede observarse de la figura 2, se implementa un clasificador con una neurona de tres entradas y una función de activación del tipo escalón (función de heaviside). Este modelo de neurona se denomina el modelo de McCulloch-Pitts (Haykin,

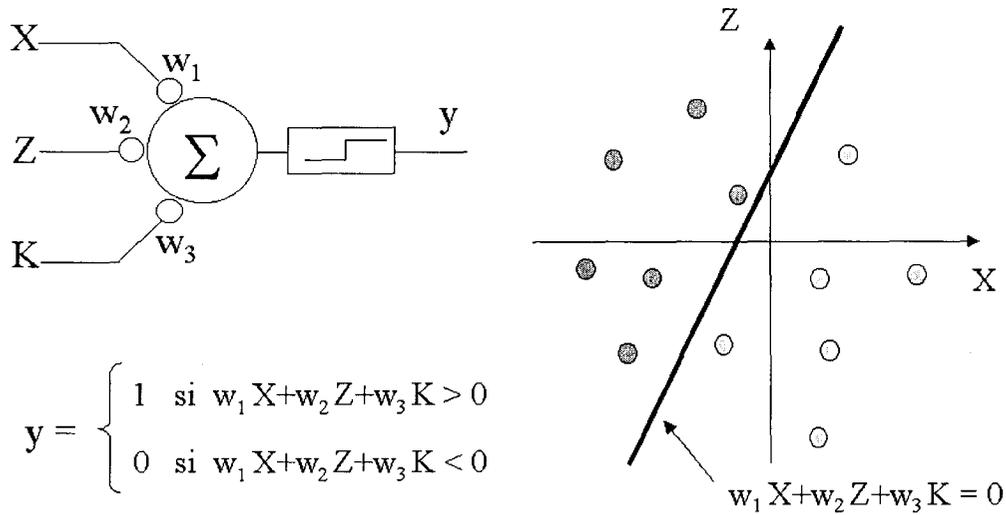


Figura 2: Problema de clasificación simple con una neurona.

1994). Cuando la entrada de la función de activación es negativa, la respuesta de la neurona será cero (neurona inactiva); y cuando la entrada de la función de activación es positiva, la respuesta de la neurona será uno (neurona activa). Recordemos que la entrada a la función de activación está dada por la salida del combinador lineal, y en este caso en particular, como se ilustra en la figura, está dada por la suma pesada de la entradas X , Z y K . Nótese como la condición umbral ($w_1 X + w_2 Z + w_3 K = 0$) define una recta en el plano X, Z separándolo en dos semiplanos. El entrenamiento de este clasificador consiste en encontrar un conjunto de valores para w_1, w_2, w_3 y K , tales que las dos clases definidas por los puntos grises y los puntos blancos queden confinadas en semiplanos diferentes.

Para ilustrar el poder de combinar elementos no lineales en un problema de clasificación, consideremos el siguiente ejemplo.

En el ejemplo ilustrado en la figura 3, se implementa un clasificador con una red neuronal de tres neuronas organizadas en dos niveles o capas. Esta configuración le da a la red la potencialidad de discriminar zonas complicadas en el plano X, Z . En este ejemplo particular se desea discriminar el primer cuadrante del resto del plano. La red presentada en el ejemplo es capaz de resolver este problema, el cual es imposible de ser resuelto con una sola neurona como en el caso del ejemplo de la figura 2. La solución del problema es relativamente sencilla, cada una de las dos neuronas de la primera capa (o

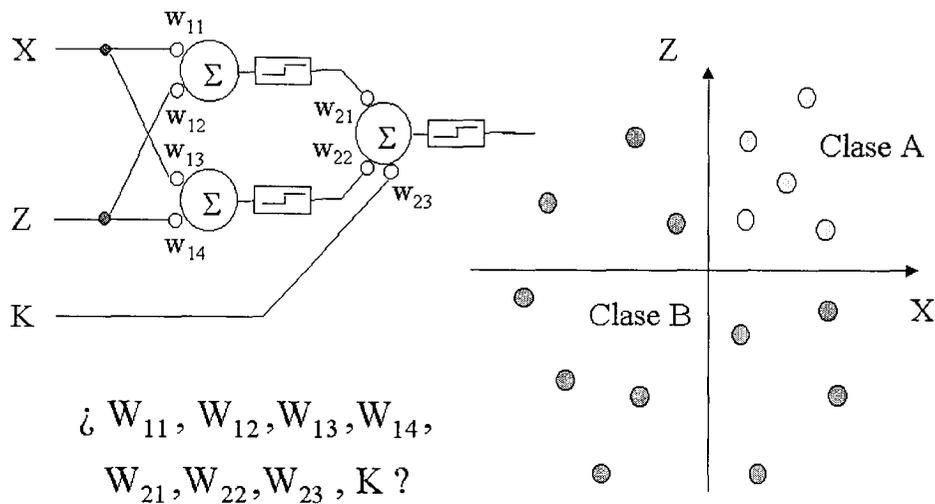


Figura 3: Clasificación con una red neuronal de dos capas

capa de entrada) se encargan de dividir el plano X, Z en dos semiplanos, tal y cómo se ilustró en el ejemplo de la figura 2. Por otra parte, la neurona de la segunda capa (o capa de salida), se encarga de interceptar las soluciones generadas por las neuronas de la capa de entrada logrando así discriminar el primer cuadrante del plano X, Z .

El problema planteado en la figura 3 admite más de una solución válida. De hecho, existen infinidad de combinaciones de valores para $W_{11}, W_{12}, W_{13}, W_{14}, W_{21}, W_{22}, W_{23}$ y K que resuelven el problema de clasificar las clases A y B en el espacio X, Z , se invita al lector a encontrar algunas de ellas. En general, la arquitectura de red presentada en la figura 3, permite discriminar cualquier área del plano definida por la intersección de dos rectas.

Estimación con redes neuronales

Al igual que el problema de clasificación, el problema de estimación puede ser abordado con una red neuronal. En este caso, de la misma forma en que una serie de funciones puede ser usada para aproximar otra función, la red neuronal puede aproximar una función mediante la combinación de aproximaciones individuales generadas por cada uno de los perceptrones de la red. Tal es el caso de las denominadas RBF: Radial Basis Functions (Haykin, 1994).

En la figura 4 se ilustra un problema sencillo de estimación mediante el uso de una red neuronal del tipo RBF. En dicho ejemplo, se pretende aproximar una función lineal ($5Y=7X+21$) en el intervalo $-2 < X < 2$. Esta aproximación se realiza con una red neuronal de dos capas, tal y como se ilustra en la figura. La primera capa esta constituida por seis neuronas que poseen dos entradas y una función de activación gaussiana:

$$f(s) = e^{-\frac{s^2}{k}} \tag{Ecuación 4}$$

donde s , corresponde a la suma pesada de las entradas X y Z , y k es un factor de escala predefinido (para el problema en cuestión se uso $k=16/25$). La segunda capa está constituida por una única neurona con una función de activación lineal (función identidad en este caso).

Como se observa en la figura, la respuesta de la red neuronal aproxima bastante bien a la función lineal en el intervalo $-2 < X < 2$. Dicha respuesta es la suma pesada de las respuestas individuales de cada una de las seis neuronas de la primera capa. Cada una de estas neuronas contribuye al resultado total en una forma localizada según el valor de Z, X y sus pesos. En cada neurona, Z y su peso asociado definen el centroide correspondiente a la gaussiana.

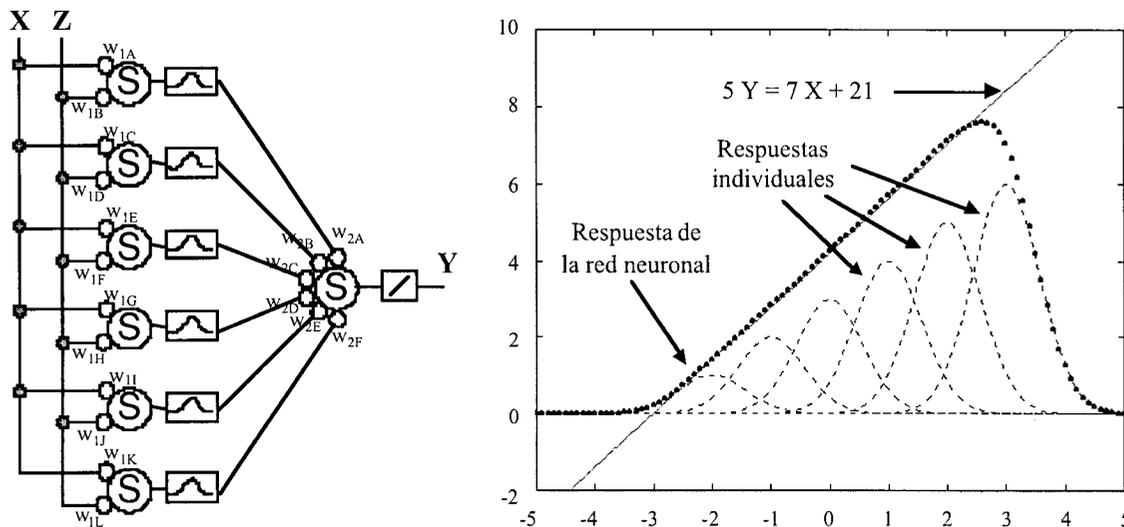


Figura 4: Estimación con una red neuronal del tipo RBF.

En el ejemplo mostrado en la figura 4, el valor de Z fue 1 y los pesos fueron:

$$W_{1A}=W_{1C}=W_{1E}=W_{1G}=W_{1I}=W_{1K}=1, W_{1B}=-2, W_{1D}=-1, \\ W_{1F}=0, W_{1H}=1, W_{1J}=2, W_{1L}=3, W_{2A}=1, W_{2B}=2, W_{2C}=3, \\ W_{2D}=4, W_{2E}=5 \text{ y } W_{2F}=6.$$

De la misma manera en que se aproximó una función lineal en el ejemplo anterior, es posible aproximar cualquier función genérica en una, dos o más dimensiones usando arquitecturas de redes neuronales similares a la de la figura 4, y diversos tipos de funciones de activación.

Algoritmos y paradigmas de aprendizaje

En los ejemplos presentados anteriormente se ilustró cómo las redes neuronales pueden ser utilizadas para problemas de clasificación y estimación. Esto se ilustró con una arquitectura particular denominada perceptrón de capas múltiples y los pesos de las neuronas fueron propuestos o calculados en forma intuitiva. Este procedimiento, en cualquier aplicación práctica, carece de validez y sentido ya que la determinación directa de los pesos implica el conocimiento de la solución del problema. La verdadera utilidad práctica de una red neuronal como método de inferencia, radica en el hecho de que para un problema dado es posible determinar los pesos de las neuronas de una red mediante el uso de un procedimiento específico denominado algoritmo de aprendizaje (Haykin, 1994).

El proceso de aprendizaje de una red neuronal se lleva a cabo mediante la ejecución de ciertos cambios en la configuración de la red, específicamente, sus pesos. Desde el punto de vista algorítmico, estos cambios se realizan a modo de una actualización que se representa de la siguiente forma:

$$W_{ij}(n+1) = W_{ij}(n) + \Delta W_{ij}(n) \quad \text{Ecuación 5}$$

donde n constituye el índice temporal, y ΔW_{ij} representa el valor de la actualización en un momento determinado. Una regla o conjunto de reglas que permite calcular el valor de la actualización de los pesos es lo que se denomina un algoritmo o regla de aprendizaje. Aunque hay muchos algoritmos de aprendizaje diferentes, existen tres reglas básicas que son las más comúnmente usadas: el aprendizaje Hebbiano, el aprendizaje competitivo y el aprendizaje por corrección de error. No es la intención de en este

artículo abordar con lujo de detalles cada uno de los algoritmos de aprendizaje. Por el contrario, sólo serán descritos brevemente algunos de ellos con el objeto de aclarar conceptos y fijar algunas ideas básicas.

El aprendizaje Hebbiano (Hebb, 1949) y el aprendizaje competitivo (Willshaw y von der Malsburg, 1976) son reglas basadas en consideraciones neurobiológicas. En el caso particular del aprendizaje Hebbiano, tal y como se comentó en la primera sección de este artículo, las sinapsis neuronales (pesos) se refuerzan o debilitan según sea la historia de su actividad. De acuerdo a este postulado, la actualización de los pesos se hace de la siguiente manera:

$$\Delta W_{ij}(n) = \eta x_i(n) y_j(n) \quad \text{Ecuación 6}$$

donde x_i y y_j constituyen la actividad pre-sináptica y post-sináptica (entrada y salida de la neurona en cuestión) respectivamente, y η se denomina la constante de aprendizaje. Versiones más elaboradas de esta regla de aprendizaje consideran la inclusión de un término de *olvido*, que evita el posible crecimiento exponencial de los pesos durante el entrenamiento de la red (Kohonen, 1988).

En el aprendizaje competitivo, las neuronas de una red compiten por activarse (responder) ante la presencia de un estímulo dado. Generalmente, a diferencia de otros tipos de entrenamiento, en el aprendizaje competitivo sólo una neurona se activa a la vez. En la regla de aprendizaje competitivo, sólo se actualizan los pesos de la neurona que responde con más fuerza a un estímulo dado. Según este postulado, la actualización de los pesos se hace de la siguiente manera:

$$\Delta W_{ij}(n) = \eta [x_i(n) - W_{ij}(n)] \delta(k-j) \quad \text{Ecuación 7}$$

donde x_i representa el estímulo en un momento dado, k es el índice que identifica a la neurona ganadora y $d(k-j)$ es una función pulso que vale 1 cuando $k=j$ y 0 cuando $k \neq j$. Como resultado del uso de una regla de aprendizaje competitivo, cada una de las neuronas de la red termina por asociarse a un estímulo o grupo de estímulos en particular, por lo cual, las redes que operan bajo esta regla de entrenamiento son ideales para abordar problemas de clasificación basados en análisis de clusters (Haykin, 1994).

A diferencia de los antes expuestos, el aprendizaje por corrección de error tiene sus fundamentos en la teoría de filtraje óptimo, la cual fue brevemente discutida en la segunda sección de este artículo. Según esta regla de aprendizaje, también conocida como la regla Delta (Widrow and Hoff, 1960), la actualización de los pesos se hace de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\Delta W_{ij}(n) = \eta x_i(n) e_j(n) \quad \text{Ecuación 8}$$

donde x_i representa el estímulo y e_j es el error de ajuste tal y como se definió en la ecuación 2.

Otro aspecto determinante en el proceso de entrenamiento de una red neuronal es el denominado paradigma de aprendizaje. El paradigma de aprendizaje depende de la forma en que la red neuronal interactúa con su entorno, lo cual depende directamente de la naturaleza del problema en cuestión y los datos disponibles. Existen tres paradigmas de aprendizaje en inteligencia artificial; ellos son: aprendizaje supervisado, aprendizaje por refuerzo y aprendizaje no supervisado.

En el aprendizaje supervisado existe la figura de un "tutor" o "maestro", externo a la red neuronal, capaz de cuantificar el desempeño de la red. En el contexto de las aplicaciones prácticas, esto se traduce en la disponibilidad de un subconjunto de datos de entrada o estímulos para los cuales se conoce su salida o respuesta. Este subconjunto de datos es el denominado conjunto de entrenamiento. El ejemplo clásico de aprendizaje supervisado lo constituyen los perceptrones de múltiples capas entrenados mediante el algoritmo de *backpropagation* (propagación hacia atrás del error). *Backpropagation* es una versión generalizada del problema de minimización del error cuadrático medio (el cual fue definido en la ecuación 3); y debe su nombre a la forma en que el gradiente del error respecto a los pesos de las neuronas en cada capa es calculado y propagado hacia "atrás" desde la capa de salida hacia las capas previas (Haykin, 1994).

El aprendizaje por refuerzo, debe su nombre al hecho de que existe la figura de un "crítico", externo a la red neuronal, que es capaz de decidir si el desempeño de la red fue satisfactorio o no satisfactorio, pero no tiene manera alguna de cuantificar el desempeño de la red (Barto, 1992). De esta forma, cuando el desempeño es satisfactorio, el "crítico" "recompensa" a la red y la tendencia de la misma para responder al estímulo de esa forma par-

ticular es reforzada. Por el contrario, si el desempeño no es satisfactorio la tendencia a responder de esa forma es debilitada. A diferencia del aprendizaje supervisado, en el cual se conoce un conjunto de respuestas deseadas a partir de las cuales el sistema es entrenado, en el aprendizaje por refuerzo, el sistema debe "explorar" por sí mismo el dominio de los datos y aprender basado en las penalizaciones o recompensas que recibe.

Finalmente, en el aprendizaje no supervisado, no existe ningún agente externo a la red neuronal capaz de guiar el proceso de aprendizaje (Becker, 1991). En este caso el aprendizaje se lleva a cabo mediante la extracción por parte de la misma red neuronal de las tendencias estadísticas existentes en los datos. De esta manera la red neuronal se convierte en una representación o mapa del espacio de los datos. Este paradigma de aprendizaje es el más comúnmente usado en los problemas de clasificación basados en análisis de clusters y reconocimiento de patrones.

Redes neuronales en caracterización de yacimientos

En los últimos años ha proliferado el uso de redes neuronales en problemas de estimación y clasificación en caracterización de yacimientos. A la fecha, existen gran cantidad de programas comerciales que permiten estimar y/o identificar propiedades de yacimientos, tipo de litología, ambientes sedimentarios, a partir de datos de campo usando diversas arquitecturas de redes neuronales y distintos paradigmas de entrenamiento. Entre los más populares podemos mencionar:

- **SEISCLASS**: Es una herramienta de la compañía Schlumberger para clasificación de facies sísmicas que ofrece, entre otros métodos, redes neuronales no supervisadas como una alternativa para realizar análisis de clusters.
- **ROCKCELL**: También de Schlumberger, ofrece la posibilidad de usar redes supervisadas y no supervisadas para la identificación de electro-facies a partir de registros de pozo con posible calibración o no con datos de núcleo.
- **EMERGE**: Es una herramienta de la compañía Hampson & Russell, que permite predecir parámetros del yacimiento usando combinación de múltiples atributos sísmicos. Este programa, basado en el uso de esquemas supervisados, ofrece las alternativas de perceptrones de múltiples

capas y redes neuronales probabilísticas (Hampson *et al.*, 2001).

- **GDI'**: Es una herramienta de la compañía dGB. Este programa ofrece tanto técnicas supervisadas, como no supervisadas. Las técnicas supervisadas son usadas para problemas de clasificación, cómo identificación litológica, y para estimación de propiedades. Las técnicas no supervisadas son usadas para análisis de clusters en aplicaciones cómo por ejemplo, la clasificación de formas de ondícula sísmica a lo largo de un horizonte.
- **D-TECT'**: También de dGB, es una herramienta de cálculo de atributos y reconocimiento de patrones que permite entre otras cosas clasificación de facies sísmicas mediante esquemas supervisados.
- **LITHANN'**: es la herramienta de la compañía Rock Solid Images para clasificación y calibración de volúmenes de múltiples atributos. Este programa utiliza un esquema de clasificación no supervisada basado en el uso de redes neuronales de Kohonen (K-SOM: Kohonen's Self Organizing Map). (Kohonen, 1990)

En Venezuela, también se han desarrollado numerosas aplicaciones basadas en el uso de redes neuronales para problemas de estimación y clasificación. Cómo ejemplo de ellas se pueden mencionar:

- Clasificación con redes neuronales de rangos de porosidad y permeabilidad a partir de datos de resonancia magnética nuclear medidos en núcleos (Rodríguez *et al.*, 2000).
- Análisis de similitud sísmica basado en redes neuronales de Kohonen (Rondón y Banchs, 2002) y de Hopfield (Banchs y Jiménez, 2002).
- Estimación de cubos de pseudo registros y/o propiedades de yacimientos con sus respectivos intervalos de confianza usando perceptrones de capas múltiples (Banchs y Michelena, 2000, 2002).
- Combinación de métodos geoestadísticos y redes neuronales para mejorar la calidad de las estimaciones de mapas de propiedades a partir de datos de pozos (Blunda *et al.*, 2002).

En las siguientes dos secciones se muestran dos ejemplos específicos de la aplicación de algunas de estas técnicas a datos de campo en yacimientos venezolanos. En el primer caso se presenta un ejemplo de clasificación litológica, y en el segundo se presenta un ejemplo de estimación de pseudo-propiedades de yacimiento.

Clasificación litológica

En esta sección se ilustra un ejemplo de clasificación litológica usando los datos sísmicos de un campo al sureste de Venezuela. En este ejercicio se realizó una clasificación de tipos de arenas a partir de los resultados de un análisis fractal basado en wavelets de los datos sísmicos en un horizonte de interés. El análisis fractal basado en wavelets (WBFA) es una técnica que permite analizar cómo varía la energía de la señal respecto a la escala (Jiménez *et al.*, 1999).

En el área donde se realizó el ejercicio, se disponía de información de 24 registros de pozos, una caracterización a priori de los ambientes sedimentarios en un intervalo de interés, un volumen de datos sísmicos y los horizontes interpretados en el intervalo de interés. El objeto de este estudio era evaluar la factibilidad de delimitar las áreas que presentan mayor contenido de arenas limpias, las que presentan arenas sucias y sus respectivas zonas de transición. El método se aplicó a los pozos en primer lugar, utilizando registros del tipo gamma ray, donde se logró apreciar una evidente separación de los distintos tipos de arena. Para obtener un mapa de toda el área se aplicó el método WBFA al volumen de datos sísmicos y se entrenó una red neuronal con la información correspondiente a las localidades de los pozos.

Para este ejemplo se usó un perceptrón de capas múltiples y el algoritmo de aprendizaje de *backpropagation*. En la figura 5 se muestra el mapa de distribución de arenas obtenido para el intervalo de interés. En dicho mapa el color amarillo representa las arenas de buena calidad, el color gris representa las arenas de mala calidad y el rojo las zonas de transición.

El porcentaje de éxito estimado para la clasificación fue de aproximadamente un 80%, el cual se puede verificar a partir de las clases obtenidas para cada uno de los pozos usados en el estudio. Adicionalmente, el resultado obtenido corrobora el modelo sedimentológico previamente existente para el área, según el cual la cantidad de arenas de mala calidad aumenta en la dirección sudoeste.

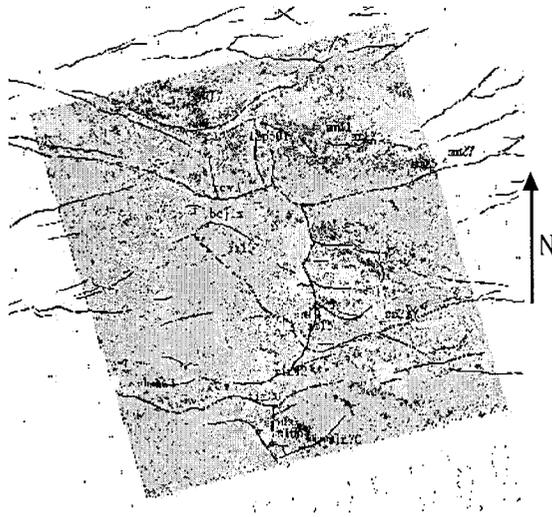


Figura 5: Mapa de distribución de arenas.

Volumen de pseudo registros

En este ejemplo se estima un volumen de potencial espontáneo a partir de un volumen de atributos sísmicos 3D. En esta área en particular el potencial espontáneo resulta ser un buen indicador litológico. La extensión total del área de interés es de 5.73 Km² y el intervalo de interés es de 100 ms. Un total de 25 registros de potencial espontáneo fue usado para entrenar la red neuronal, la cual fue un perceptrón de

capas múltiples constituido por 4 capas (con 10, 12, 12 y 1 neuronas en cada capa, respectivamente). La red se entrenó con el algoritmo de *backpropagation*.

En este ejercicio se llevó a cabo una estimación de intervalos de confianza para el volumen generado (Banchs y Michelena, 2000). Para tal fin, un total de 70 estimaciones independientes fueron realizadas. De esta forma, se obtuvo un total 70 volúmenes de potencial espontáneo, para los cuales se observaron sus distribuciones y se calcularon sus estadísticos. Asumiendo una ley de distribución gaussiana, se generó el volumen de potencial espontáneo más probable a partir de los valores medios de la propiedad en cada punto del volumen. Para calcular el volumen de intervalos de confianza, se utilizó la varianza de la propiedad en cada punto del volumen. La figura 6 muestra una sección del volumen de potencial espontáneo y su respectiva medida de incertidumbre.

En la sección promedio de potencial espontáneo mostrada en la figura los valores más negativos del potencial espontáneo (que se interpretan como arenas) se ilustran en azul y los valores menos negativos (que se interpretan como arcillas) se ilustran en rojo. Obsérvese en la figura la presencia de "lentes" de arena; este resultado concuerda con lo establecido en el modelo sedimentológico de este yacimiento.

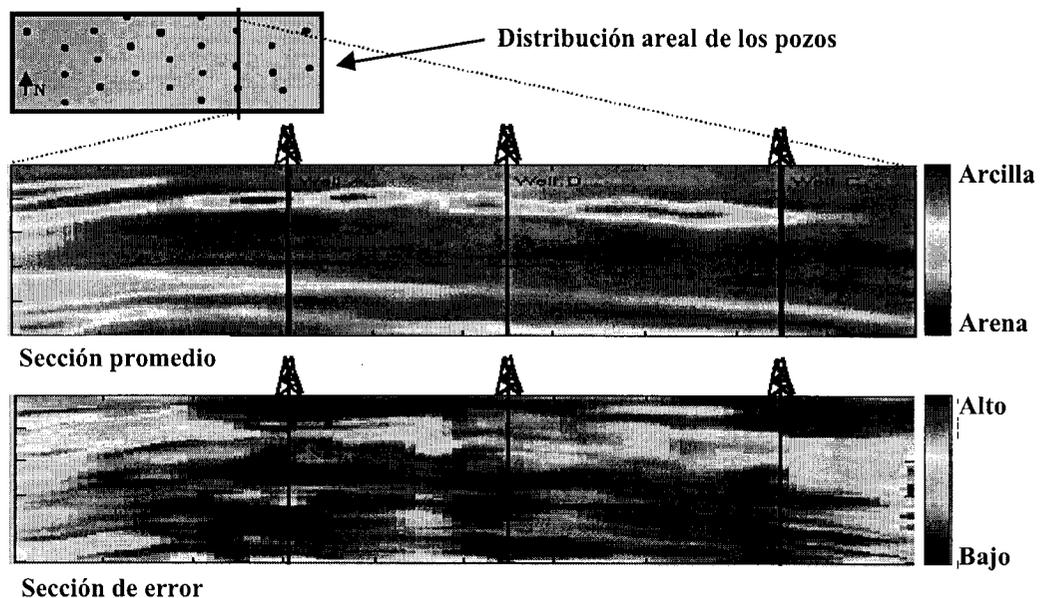


Figura 6: Secciones estimadas de potencial espontáneo y margen de error.

Conclusiones y recomendaciones

El uso de redes neuronales en problemas de estimación y clasificación en caracterización de yacimientos ha incrementado en forma espectacular en los últimos años. Sin embargo, a estas alturas todavía las redes neuronales son vistas por muchos cómo cajas negras y misteriosas capaces de dar respuestas que muchas veces no se sabe como validar o verificar.

En el fondo, las redes neuronales no son más que filtros no lineales que tienen la gran ventaja de poder ser "entrenados" para representar relaciones complejas entre conjuntos de datos, que los métodos lineales tradicionales de interpolación y/o clustering no son capaces de representar. Este trabajo pretendió desmitificar un poco el concepto de las redes neuronales mediante la presentación de los aspectos más fundamentales de su teoría; e ilustrar su uso en problemas específicos de caracterización de yacimientos.

Aunque las redes neuronales son y seguirán siendo una gran herramienta de trabajo en problemas de inferencia, deben usarse con mucho cuidado. El principal problema de las redes neuronales es que siempre dan una respuesta. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la calidad y validez de una representación obtenida a partir de una red neuronal dependerá siempre de algunos aspectos prácticos que la mayoría de las veces no son sencillos de controlar. Entre ellos podemos mencionar el hecho de que tan bien los datos de entrenamiento representan el espacio de los datos, ó que tan adecuada es una arquitectura específica para un problema en cuestión, así como cuál es el número de neuronas óptimo en la red para resolver un problema específico, ó cual es el conjunto de variables de entrada que realmente son significativos para la solución de un problema. Son precisamente estos problemas, para los cuales todavía no hay respuestas teóricas claras, los que le dan esa imagen algo mítica y misteriosa al uso de estas herramientas.

En definitiva, se puede decir que el uso de redes neuronales en cualquier contexto es en parte una técnica y en parte un arte. Y es precisamente de la experiencia que da su propio uso que se refina el técnico y se perfecciona el artista.

Referencias

- Banchs, R.; Jiménez, J.; 2002, "Content addressable memories for seismic attribute pattern recognition", *64th EAGE Conference & Exhibition*.
- Banchs, R.; Michelena, R.; 2000, "Well log estimates and confidence intervals by using artificial neural networks", *SEG 2000 expanded abstracts*.
- Banchs, R.; Michelena, R.; 2002, "From 3D seismic attributes to pseudo well log volumes using neural networks: practical considerations", *The Leading Edge*, octubre.
- Barto, A.; 1992, "Reinforcement learning and adaptive critic methods", *Handbook of Intelligent Control*, 469-491, New York, Van Nostrand-Reinhold.
- Becker, S.; 1991, "Unsupervised learning procedures for neural networks", *International Journal of Neural Systems*, 2, 17-33.
- Blunda, Y.; Camacho, L.; Porjesz, R.; Banchs, R.; 2002, "Estimaciones de porosidad empleando métodos basados en geoestadística y redes neuronales", *XI Congreso Venezolano de Geofísica*.
- Fahlman, S.; Hinton, G.; 1987, "Connectionist architectures for artificial intelligence", *IEEE Computer*, 20, 100-109.
- Hampson, D.; Schuelke, J.; Quirein, J.; 2001, "Use of multiattribute transforms to predict log properties from seismic data", *Geophysics*, 66, 220-236.
- Haykin, S.; 1994, *Neural networks: a comprehensive foundation*, New York, Macmillan.
- Haykin, S.; 1996, *Adaptive filter theory*, Upper Saddle River, Prentice-Hall.
- Hebb, D.; 1949, *The organization of behavior: a neuropsychological theory*, New York, Wiley.
- Holland, J.; 1992, *Adaptation in natural and artificial systems*, Cambridge, MIT Press.
- Jimenez, J.; Michelena, R.; Peinado, A.; 1999, "Facies recognition using wavelet-based fractal analysis on compressed seismic data", *SEG 1999 expanded abstracts*.
- Kohonen, T.; 1988, "An introduction to neural computing", *Neural Networks*, 1, 3-16.
- Kohonen, T.; 1990, "The self-organizing map", *Proceedings of the IEEE*, 78, 1464-1480.
- McCulloch, W.; Pitts, W.; 1943, "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity", *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115-133.

- McNeill, D.; Freiburger, P.; 1993, *Fuzzy Logic*, New York, Simon & Schuster.
- Oppenheim, A.; Schaffer, R.; 1989, *Discrete-time signal processing*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- Rodrigues, P.; Alcocer, Y.; Matheus, J.; 2000, "NMR Signal Pattern Classification for Estimation of Petrophysical Properties", *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. SPE 63258
- Rondón, O.; Banchs, R.; 2002, "Obtención de mapas de similitud sísmica 2D mediante redes neuronales", *XI Congreso Venezolano de Geofísica*.
- Waterman, D.; 1986, *A guide to expert systems*, Addison-Wesley.
- Widrow, B.; Hoff, M.; 1960, "Adaptive switching circuits", *IRE WESCON Convention record*, 96-104.
- Widrow, B.; Stearns, S.; 1985, *Adaptive signal processing*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- Willshaw, D.; von der Malsburg, C.; 1976, "How patterned neural connections can be set up by self-organization", *Proceedings of the Royal Society of London*, 194, 431-445.



SISTEMA AUTÓNOMO DE NAVEGACIÓN EN ROBOTS CON RECONOCIMIENTO DE PATRONES GEOMÉTRICOS REGULARES

Sinopsis

En este trabajo de grado se investigaron las diferentes técnicas de inteligencia artificial enfocadas al área del aprendizaje, específicamente al aprendizaje por refuerzo, que permitan a un ente autónomo o robot alcanzar un objetivo ubicado en un ambiente formado por cuadras de figuras geométricas regulares. Este ambiente no es conocido por el robot, por lo que el aprendizaje se hace en el momento en que éste entra en contacto con el ambiente. Lo único que se conoce previamente es la ubicación del objetivo, dado en términos de coordenadas (x, y) .

Para la construcción del robot se utilizó el kit de Lego Mindstorm 2.0, el cual cuenta con una gran variedad de piezas, tales como motores, engranajes, sensores etc.; que facilitan la construcción de robots. Este kit posee una pieza denominada RCX, la cual está dotada de un microprocesador Hitachi H8/300, 3 puertos de entrada (sensores), 3 puertos de salida, una memoria para programas de usuario y un puerto infrarrojo utilizado para la comunicación entre RCX's y la computadora. Para este proyecto se utilizaron 2 sensores de luz y un sensor de rotación en el robot.

Con respecto al aprendizaje del robot o ente autónomo, el algoritmo de aprendizaje por refuerzo seleccionado fue Q-Learning, el cual consiste en recompensar o penalizar cada una de las acciones posibles que el robot ejecuta, logrando hallar así una política de movimiento apropiada que permita alcanzar el objetivo.

También se desarrolló una aplicación donde se simulan los algoritmos de aprendizaje por refuerzo Q-

■ Danny Dos Santos y Rafael Peñalver
Tutor: Dr. Wilmer Pereira

Grupo de Investigación de Inteligencia Artificial (GIIA)
Universidad Católica Andrés Bello

Learning y Value Iteration en distintos tipos de ambientes ideales, lo cual permitió comparar el desempeño de ambos algoritmos bajo diferentes situaciones, ya sea cambiando las cuadras del ambiente, como la posición del objetivo.

Planteamiento del Problema

Resulta interesante poder realizar movimientos en diferentes tipos de ambientes compuestos por cuadras de figuras geométricas regulares que no sean previamente conocidas por el ente autónomo que se desplaza. En consecuencia, se desea diseñar un sistema que permita la navegación de un robot en un ambiente compuesto por figuras geométricas regulares (triángulos, cuadrados, pentágonos, etc.) sin mezclarlas, usando métodos o algoritmos de aprendizaje para desplazarse de un punto a otro independientemente del ambiente donde esté ubicado identificando diversos patrones geométricos regulares sin un conocimiento previo del mismo.

Objetivo General

Desarrollar y simular en una aplicación un software para el desplazamiento de un robot autónomo que permita el reconocimiento de patrones geométricos regulares ubicados en un ambiente de paredes geométricas regulares utilizando algoritmos de aprendizaje.

Objetivos Específicos

- Utilizar las lecturas obtenidas por los sensores, para generar una base de datos que sirva como entrada para el reconocimiento de patrones utilizando algoritmos de aprendizaje.
- Generar secuencias de movimiento en los robots con arquitecturas diversas para lograr el desplazamiento y programarlo con uno de los algoritmos de aprendizaje para lograr un mejor comportamiento dentro del medio ambiente.
- Realizar un estudio comparativo de los resultados arrojados en la implantación de los diversos algoritmos de aprendizaje y desarrollar una aplicación que simule el comportamiento de ellos en la computadora.
- Explorar caminos hacia una localidad; manteniendo en lo posible orientado el robot.

Justificación

El problema surge por la necesidad de ubicarse en un ambiente desconocido, por ejemplo: en Venezuela, la mayoría de las cuadras son rectangulares y los movimientos son dados en ángulos rectos mientras que en otros lugares, como Francia, se puede encontrar cuadras que son triangulares, por lo que es posible llegar a perder el sentido de la orientación. Si un ente no está acostumbrado a moverse en lugares donde las cuadras no son rectangulares, es necesario un nuevo proceso de aprendizaje que pueda hacer la tarea de reconocimiento de estos patrones y pueda lograr ir de un punto a otro sin perderse o llegar siempre al mismo lugar.

Marco Referencial

Aprendizaje por refuerzo

El objetivo en el aprendizaje por refuerzo es usar las recompensas en el aprendizaje con una satisfactoria función de agente. Lo anterior es difícil, ya que el agente nunca sabe ¿qué acciones tomar? para lograr ciertas recompensas.

El comportamiento aprendido usando aprendizaje por refuerzo contiene un modelo implícito del robot y su ambiente. Usando aprendizaje por refuerzo no se necesita tener ejemplos para construir y validar el comportamiento. El comportamiento es sintetizado usando como única fuente de información un escalador, llamado refuerzo, el cual evalúa las acciones del comportamiento donde el agente recibe refuerzos positivos, negativos o nulos de acuerdo a la utilidad de la situación a la que se entró como consecuencia de la acción. No hay separación entre la fase de aprendizaje y la fase de utilización. Además, usando el aprendizaje por refuerzo, sólo las asociaciones relevantes entre entradas y salidas son aprendidas.

En cierta forma, el aprendizaje por refuerzo es otra forma de plantear el problema de la IA. Un agente en un ambiente obtiene percepciones, las correlaciona con utilidades positivas o negativas y luego decide que acción emprender. A continuación se mencionan las diversas variaciones de la tarea del aprendizaje:

- El ambiente puede o no ser accesible. En un ambiente accesible los estados se identifican con determinadas percepciones; en el ambiente inaccesible el agente debe mantener cierto estado interno para tratar de llevar un registro

de lo que es el ambiente. El agente puede empezar con cierto conocimiento del ambiente y de los efectos de sus acciones o bien, deberá aprender éste modelo así como información de utilidad.

- Las recompensas pueden recibirse ya sea en estados terminales o en cualquier estado.
- Las recompensas pueden ser parte de la utilidad real (puntos para que un agente que juegue tenis de mesa, o dólares para un agente de apuestas) que el agente se esfuerza por maximizar, o también pueden ser sugerencias de la utilidad real (“buena jugada” o “perro malo”).
- El agente puede ser un aprendiz pasivo o un aprendiz activo. El aprendiz pasivo se limita a observar como evoluciona el mundo y se esfuerza por aprender la utilidad que implica un estado determinado; el aprendiz activo también debe actuar de acuerdo a la información aprendida y puede recurrir a su generador de problemas para que le sugiera la exploración de áreas desconocidas del ambiente.

En el modelo estándar de aprendizaje por refuerzo un agente interactúa con su ambiente. Esta interacción toma la forma del agente sintiendo el ambiente, y basado en la entrada de los sensores, escoge una acción a ser desempeñada en el ambiente. La acción cambia el ambiente de alguna manera y este cambio es comunicado al agente a través de una señal de refuerzo. Según Harmon y Harmon (s.f.), la función de refuerzo y la función valor son partes fundamentales del aprendizaje por refuerzo.

La función refuerzo

Los sistemas de aprendizaje por refuerzo aprenden a asociar situaciones con acciones a través de interacciones de ensayo y error con un ambiente dinámico. El “objetivo” del sistema de aprendizaje por refuerzo es definido usando el concepto de una función de refuerzo, la cual es la función exacta de los futuros refuerzos que el agente busca maximizar. En otras palabras, existe una relación entre los pares estado-acción con los refuerzos; tras desempeñar una acción en un estado donde el agente recibirá algún refuerzo (recompensa) en forma de un valor escalar. El agente aprende a maximizar la suma de los refuerzos recibidos cuando comienza desde un estado inicial y procede a un estado terminal. Es el trabajo del diseñador del sistema de aprendizaje por refuerzo definir una función de refuerzo que describa propiamente los objetivos del agente.

La función valor

Anteriormente se discutieron el ambiente y la función de refuerzo, sin embargo, la manera de cómo el agente escoge “buenas” acciones o inclusive como podemos medir la utilidad de una acción no es explicado. Primero, se deben definir dos términos: a) una política determina cual acción debería ser ejecutada en cada estado, b) una política es una relación de los estados a las acciones. El valor de un estado es definido como la suma de los refuerzos recibidos cuando comienza en ese estado y siguiendo alguna política fija para alcanzar un estado terminal. Una política óptima sería entonces la relación de estados hacia las acciones que maximicen la suma de los refuerzos cuando comienza en un estado arbitrario y desempeña acciones hasta que un estado terminal es alcanzado. Bajo esta definición, el valor de un estado es dependiente de la política. La Función Valor es una relación de estados a valores de estado puede ser aproximado usando cualquier tipo de aproximador de funciones (perceptron de múltiples capas, tablas, sistemas basados en memoria, etc.).

Esto dirige a la pregunta fundamental de todas las investigaciones de aprendizaje por refuerzo: ¿Cómo se diseña un algoritmo que encuentre eficientemente la función valor óptima?

Inicialmente la aproximación a la función valor óptima es muy pobre. En otras palabras, la aproximación de la relación de los estados a los valores de estado no es necesariamente válida. El objetivo primario del aprendizaje por refuerzo es encontrar la relación correcta. Una vez que esto es completado, la política óptima puede ser extraída fácilmente. En este punto, algunas notaciones necesitan ser introducida: $V^*(x_t)$ es la función de valor óptima, donde x_t es el vector de estados; $V(x_t)$ es la aproximación de la función valor; γ es el factor de descuento en el rango de $[0,1]$ que causa que el refuerzo inmediato tenga más importancia que el refuerzo futuro. En general, $V(x_t)$ será inicializada con valores aleatorios y no contendrá información acerca de la función valor óptima $V^*(x_t)$. Esto significa que la aproximación de la función valor óptima en un estado dado es igual al verdadero valor de ese estado $V^*(x_t)$ más algún error en la aproximación, como se expresa en la ecuación (1):

$$V(x_t) = e(x_t) + V^*(x_t) \quad (1)$$

Donde $e(x_t)$ es el error en la aproximación del valor del estado ocupado en el tiempo t , de manera similar,

la aproximación en el tiempo $t+1$ es la siguiente:

$$V(x_{t+1}) = e(x_{t+1}) + V^*(x_{t+1}) \quad (2)$$

Como se mencionó previamente, el valor del estado x_t para la política óptima es la suma de los refuerzos cuando comienza del estado x_t y desempeñando óptimas acciones hasta que un estado terminal es alcanzado. Por esta definición, una simple relación existe entre los valores de los sucesivos estados x_t y x_{t+r} . Esta relación es expresada por la ecuación Bellman (3). El factor de descuento es usado para decrementar exponencialmente el peso de los refuerzos recibidos en el futuro.

$$V^*(x_t) = r(x_t) + V^*(x_{t+1}) \quad (3)$$

La aproximación $V(x_t)$ además tiene la misma relación, como se muestra en la ecuación (4). Sustituyendo el lado derecho de las ecuaciones (1) y (2) en la ecuación (4) obtenemos la ecuación (5) y expandiéndola llegamos a la ecuación (6).

$$V(x_t) = r(x_t) + V(x_{t+1}) \quad (4)$$

$$e(x_t) + V^*(x_t) = r(x_t) + (e(x_{t+1}) + V^*(x_{t+1})) \quad (5)$$

$$e(x_t) + V^*(x_t) = r(x_t) + e(x_{t+r}) + V^*(x_{t+r}) \quad (6)$$

Usando la ecuación (3), $V^*(x_t)$ es sustraído de ambos lados de la ecuación (6) para revelar la relación en los errores de los estados sucesivos. Esta relación es expresada en la ecuación (7).

$$e(x_t) = e(x_{t+r}) \quad (7)$$

El proceso del aprendizaje es el proceso para encontrar una solución a la ecuación (4) para todos los estados x_t (la cual es además la solución para la ecuación (7)). Muchos algoritmos han sido diseñados para esta tarea en particular.

Hay dos estrategias principales para resolver problemas de aprendizaje por refuerzo. El primero es buscar en el espacio de comportamientos para encontrar el que se desempeñe bien en el ambiente. Los algoritmos genéticos y la programación genética siguen esta corriente. La segunda es usar técnicas estadísticas y métodos programación dinámica para estimar la utilidad de ciertas acciones en el ambiente.

Q-Learning y *Value Iteration* son ciertamente los métodos más usados de programación dinámica.

Algoritmo Value Iteration

Según Harmon y Harmon (s.f.), si se asume que el aproximador de la función usado para representar V^* es una tabla (cada estado tiene su correspondiente elemento en la tabla cuya entrada es el valor de estado aproximado), entonces uno puede encontrar la función valor óptima haciendo barridos a través del espacio de estados, actualizando el valor de cada estado de acuerdo a la ecuación (8) hasta que un barrido a través del espacio de estados es ejecutado y no hay cambios en los valores de estado (los valores de estado han convergido).

$$V_t(x_t) = \max_u (r(x_t, u) + V(x_{t+1})) - V(x_t) \quad (8)$$

En la ecuación (8), u es la acción desempeñada en el estado x_t y causa una transición al estado x_{t+1} y $r(x_t, u)$ es el refuerzo recibido cuando desempeña la acción u en el estado x_t . La siguiente figura ilustra la actualización.

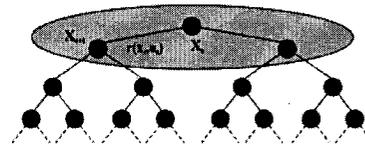


Figura 1 Error!Argumento de modificador desconocido. Árbol de estados para Value Iteratio

La figura anterior describe el alcance de una simple actualización a la aproximación del valor x_t . Específicamente en este ejemplo, hay dos acciones posibles en el estado x_t y cada una de estas acciones dirige a diferentes estados sucesores x_{t+r} . En una actualización de Value Iteration, se debe encontrar primero la acción que devuelva el valor máximo. La única manera para lograr esto es ejecutar una acción y calcular la suma del refuerzo recibido y el valor aproximado del estado sucesor x_t y no es posible sin un modelo de la dinámica del sistema.

Se debería notar que el lado derecho de la ecuación (8) es simplemente la diferencia en los dos lados de la ecuación de Bellman definida en la ecuación (4). Esta expresión es conocida como el residual Bellman, y está definida formalmente por la ecuación (9).

$$e(x_t) = \max_u (r(x_t, u) + V(x_{t+1})) - V(x_t) \quad (9)$$

$e(x_t)$ es la función error definida por el residual de Bellman sobre todo el espacio de estados. Cada actualización (ecuación (8)) reduce el valor de $e(x_t)$, y en el límite cuando el número de actualizaciones se acerca al infinito $e(x_t)$ tiende a 0. Cuando $e(x_t)=0$, la ecuación (4) es satisfecha y $V(x_t)=V^*(x_t)$. El aprendizaje es completado.

Algoritmo Q-Learning

Q-Learning (Watkins, 1989 y 1992) es otra extensión a la programación dinámica tradicional (Value Iteration) que resuelve el siguiente problema. Un proceso de decisión Markoviano (MDP según sus siglas en inglés) determinista es uno en el cual las transiciones de estado son deterministas (una acción desempeñada en un estado x_t siempre lleva al mismo estado sucesor x_{t+1}).

En vez de encontrar una relación de estados a valores de estado (como en Value Iteration), Q-Learning encuentra una relación de pares situación-acción a valores (llamados Q-valores). En vez de tener una función valor asociada, Q-Learning hace uso de la función Q. En cada estado hay un Q-valor asociado con cada acción. La definición del Q-valor es la suma de los refuerzos recibidos cuando la acción es ejecutada siguiendo entonces la política dada. La definición de un Q-valor óptimo es la suma de los refuerzos recibidos cuando desempeñe la acción y siguiendo entonces la política óptima.

Según Touzet (1999) Q-Learning almacena la utilidad asociada a cada par situación-acción. Tres situaciones diferentes están involucradas: memorización, exploración y actualización. En respuesta a la presente situación, una acción es escogida por la función de evaluación con la ayuda de la memoria del robot. Esta acción es la que tiene la mayor probabilidad de dar la mayor recompensa. Tras la ejecución de la acción por el robot en el mundo real, una función de refuerzo proporciona un valor de refuerzo. Este valor, un simple criterio cualitativo (+1, -1, 0), es usado por la función actualizadora para ajustar el valor de recompensa (Q) asociado al par situación-acción en la memoria del robot.

La función de evaluación

El algoritmo Q-Learning construye una función Q(10), que dado pares de situación-acción (i,a), devuelve los valores esperados r . $Q(a,i)$ es el estimado del sistema del retorno que espera recibir dado el hecho de ejecutar una acción a en una situación i . El

algoritmo usa una tabla para guardar la evaluación acumulativa.

$$Q(i, a)_{\text{nuevo}} = Q(i, a)_{\text{viejo}} + \beta(r + g \cdot \text{Max}(Q(i', a) - Q(i, a)_{\text{viejo}})) \quad (10)$$

Q-Learning difiere de Value Iteration en que no requiere que en un estado dado cada acción sea ejecutada y sean calculados los valores esperados de los estados sucesores. Mientras value Iteration ejecuta una actualización análoga a un barrido de un nivel, Q-Learning toma una simple muestra de un lance de dados Montecarlo. Este proceso es demostrado en la figura 6. β representa la tasa de aprendizaje y debe ser mayor que 0; g es el factor de descuento usado para disminuir el impacto de la de la diferencia entre el Q-valor futuro con el Q-valor actual y debe estar entre 0 y 1.

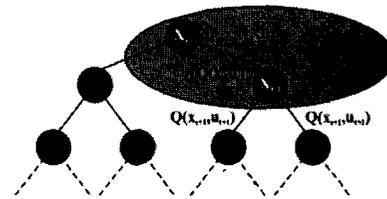


Figura 6 Error!Argumento de modificador desconocido. Árbol de Estados vs. Acción

La ecuación de actualización en la figura 2 es válida cuando se usa una tabla para representar la función Q. El Q-valor es una predicción de la suma de los refuerzos que recibirá cuando ejecute la acción asociada y siguiendo entonces la política dada. Para actualizar esa predicción $Q(x_t, u_t)$ se debe desempeñar la acción asociada u_t causando una transición al próximo estado x_{t+1} y retornando un refuerzo escalar $r(x_t, u_t)$. Entonces, se necesita encontrar sólo el máximo Q-valor en el nuevo estado para tener toda la información necesaria para revisar la predicción (Q-valor) asociado con la acción ejecutada. Q-Learning no requiere que se calcule la integral sobre todos los posibles estados sucesores en caso de que las transiciones no sean deterministas. La razón es que una simple muestra del estado sucesor para una acción dada es un estimado sin base del valor esperado del estado sucesor. En otras palabras, tras muchas actualizaciones el Q-valor asociado con una acción particular convergerá a la suma de todos los refuerzos recibidos cuando desempeñe esa acción y siguiendo después una política óptima.

Pasos básicos en el algoritmo Q-learning

Touzet (1999) define los siguientes pasos básicos en el algoritmo Q-Learning:

1. Inicialización de la memoria del robot, para todos los pares de situación-acción, el valor Q asociado es cero (0). (Por ejemplo: $Q(i,a) = 0$). También podría ser inicializada con valores aleatorios.
2. Repetir:
 - a) Sea i una situación del mundo.
 - b) La función de evaluación selecciona la acción a para ejecutarse:

$$a = \text{Max}(Q(i,a'))$$
 donde a' representa cualquier acción posible. El proceso de selección puede ser ligeramente diferente para que sea capaz de explorar nuevas opciones de exploración.
 - c) El robot ejecuta la acción a en el mundo. Sea r la recompensa (r puede ser 0) asociada con la ejecución de a en el mundo.
 - d) Actualiza la memoria del robot :

$$Q_{t+1}(i, a) = Q_t(i, a) + \beta(r + \gamma \cdot \text{Max}_{a'}(Q_t(i', a')) - Q_t(i, a))$$

donde i' es la nueva situación tras haber sido ejecutada la acción a en la situación i , a' representa cualquier acción posible y $0 < \gamma < 1$.

Metodología

Las metodologías que se eligieron para la realización de esta investigación fueron el Modelo Lineal Secuencial y el Modelo Espiral. En la figura 3, se puede observar como se combinaron ambas metodologías:

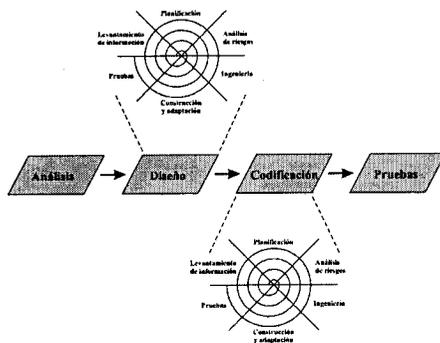


Figura 3. Combinación de las metodologías Lineal Secuencial y Espiral

La metodología lineal exige seguridad en el análisis, la cual no está presente en ciertas fases de la elaboración de este trabajo. En varios puntos de la investigación (sobre todo en las fases de diseño y codificación) se tuvo que volver a la fase de levantamiento de información por lo que se optó por usar la metodología espiral en las fases de diseño y codificación. Solamente asegurando un diseño óptimo se podía garantizar un sistema autónomo completo en el tiempo estipulado para el trabajo especial de grado.

La metodología espiral fue dividida en espiras sucesivas y siempre se volvía a la fase de levantamiento de información de la espira, ya sea por pruebas fallidas, o por éxito en las mismas (en cuyo caso se procedía a la construcción o diseño de otro módulo). Cabe destacar que en cada espira no se diseñaba o construía completamente un módulo sino que se trabajaba sobre un prototipo el cual crecía conforme pasaba el tiempo. Sólo se procedía a la siguiente etapa del esquema secuencial una vez finalizadas todas las tareas previstas para esa fase del desarrollo del sistema. Es preciso señalar que este esquema fue utilizado tanto para hacer el prototipo del robot como la aplicación de simulación.

Desarrollo

FASE 1. ANÁLISIS

En primer lugar, se realizaron una serie de entrevistas con el Dr. Wilmer Pereira, Coordinador y Profesor del área de Redes y Sistemas Operativos de la Escuela de Ingeniería Informática de la UCAB, quien dirige el Grupo de Investigación de Inteligencia Artificial (GIIA) de la misma, para delimitar el alcance del proyecto, fijar objetivos y fechas para el trabajo especial de grado. Las primeras interrogantes que surgieron fueron:

¿Qué características debe tener el ambiente en el que se desenvuelve el robot? La idea que dio origen a este trabajo especial de grado fue el hecho de aprender a orientarse en un ambiente cuyas cuadras son desconocidas por el ente autónomo. Tomando como ejemplo al mundo real, específicamente el caso de las ciudades y sus cuadras, se llegó a la conclusión de que el ambiente debe conformarse por cuadras de figuras geométricas regulares, como lo muestra la figura 4.

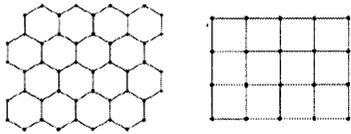


Figura 1 Error!Argumento de modificador desconocido.
Formas de las cuadradas del ambiente

¿Qué algoritmos de aprendizaje por refuerzo se deberían implementarse en el robot y en la simulación?. Los requerimientos del sistema (ver las secciones Alcances y objetivos) son muy específicos en este aspecto, se debe programar al menos dos algoritmos de aprendizaje en la simulación de la computadora y uno de ellos en el robot, pero la interrogante es ¿Cuál de ellos?.

Q-Learning es un algoritmo de aprendizaje por refuerzo, basado en premios y castigos. Aplicado al problema de navegación, se premia al robot si éste se acerca al objetivo y se castiga si se aleja de él, hallando una política para encontrar el objetivo después de realizar varias corridas. Para hacer una analogía con el mundo real, si una persona va a un sitio muchas veces, esta acaba por aprender la ruta hacia su objetivo; las primeras veces puede que cometa errores hasta llegar pero tras un número determinado de viajes la persona acaba por aprender el camino hacia su destino.

Además de Q-Learning, se escogió otro algoritmo de aprendizaje para compararlos entre ellos y tras escuchar las recomendaciones hechas por el Profesor Pereira, se optó por escoger el algoritmo Value Iteration, aunque esta elección no fue tan directa como la anterior. Primero se propuso utilizar un algoritmo genético para el aprendizaje y se investigó acerca del mismo, pero tras la evaluación de los riesgos de la programación del algoritmo se llegó a la conclusión de que éste presentaba un alto riesgo, ya que era difícil aplicarlo al problema de navegación, y fue descartado.

Value Iteration es un algoritmo similar a Q-Learning, ambos provienen del principio de programación dinámica, pero aplican enfoques distintos para llegar al mismo resultado.

¿Cuál es el sistema operativo apropiado (Firmware) para programar el RCX?. Este es otro aspecto importante para el desarrollo del trabajo, se investigó acerca de cuatro posibles sistemas operativos para programar el RCX: BrickOS (conocido anteriormente como legOS), NQC, Robotic Invention System (RIS) y LejOS.

Se eligió LejOS por ser un lenguaje netamente orientado a objetos, cuyo mantenimiento a la larga resultaría más fácil que en un lenguaje estructurado como C, además está disponible para una amplia variedad de plataformas y resulta más fácil de instalar en la computadora.

¿Bajo cuál lenguaje programar la simulación de los algoritmos de aprendizaje? El lenguaje de programación elegido para programar la simulación de los algoritmos Value Iteration y Q-Learning fue Visual Basic, bajo el entorno de programación Microsoft Visual Studio 6.0.

FASE 2. DISEÑO

En la segunda fase de la metodología lineal se debe elaborar representaciones del software a desarrollar, así como también diseñar y probar diferentes tipos de estructuras físicas para el ente autónomo, que en este caso es un robot. En esta fase se aplica también la metodología en espiral para el diseño del robot y de la implementación del algoritmo Q-Learning en el RCX así como también la de los algoritmos Q-Learning y Value Iteration para la simulación.

Espira 1

Se construyó el primer prototipo del robot, usando dos orugas y dos motores, como se muestra en la figura 5. Pero tras sucesivas pruebas, se observó que el robot perdía exactitud en el movimiento. Esto es debido a que la velocidad de los motores es ligeramente diferente uno del otro, lo que ocasionaba que se desviara en algún momento si recorría un tramo en línea recta. Se tuvo que volver de nuevo a investigar para buscar alguna forma de evitar la inexactitud de los motores.

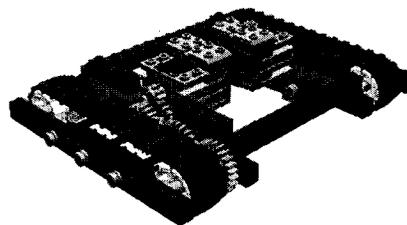


Figura 5 Error!Argumento de modificador desconocido.
Prototipo de robot construido con orugas

Espira 2

Debido a la inexactitud en el movimiento observado en la espira anterior, se procedió a investigar otros diseños de robots Lego que ofrecieran mayor precisión

en los movimientos. Una de las arquitecturas encontradas para el movimiento del robot fue la de diferenciales duales, tal y como lo muestra la figura 6.

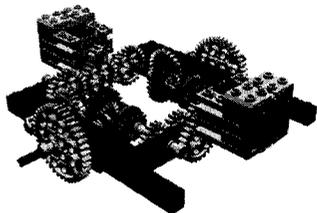


Figura ¡Error!Argumento de modificador desconocido.
Sistema de transmisión construido con diferenciales duales

En este sistema un motor se encarga de mover el robot en línea recta (hacia adelante o hacia atrás), mientras que el segundo motor se encarga de realizar los giros (hacia la izquierda o hacia la derecha) y sólo uno de los motores debe trabajar a la vez, no pueden trabajar los dos al mismo tiempo. La ventaja de utilizar este sistema radica en que ambas ruedas trabajan a la misma velocidad manteniendo en lo posible un movimiento óptimo.

Espira 3

Una vez resuelto el problema de la exactitud de los movimientos, se escogió el tipo de ruedas para el robot. Inicialmente se pensó usar orugas, pero éstas producían un efecto indeseable en los giros, ya que éstas tienden a desplazarse hacia los lados y no sobre el mismo eje, lo cual es indispensable para mantener al robot orientado en todo momento. Tras probar con varios tipos de configuraciones (4 ruedas, 2 ruedas grandes, ruedas pequeñas, etc.) se tomó la decisión de utilizar dos ruedas.

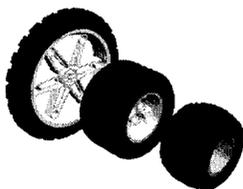


Figura ¡Error!Argumento de modificador desconocido.. Tipos de ruedas

Para la parte delantera se consideraron diversas opciones, entre ellas una tercera rueda adelante, una rueda loca, etc., pero estas traían inconvenientes al movimiento, es decir, la rueda loca entorpecía la dirección

cuando se movía en línea recta, y la opción de la tercera rueda producía tanto roce en los giros que ocasionaban problemas con los mismos. Finalmente se colocó un soporte que fijaba la parte delantera del robot, estabilizándolo. La parte inferior de la pieza actúa como un esquí (véase figura 8), minimizando el roce con el piso y logrando un movimiento estable con un nivel óptimo de exactitud tanto en los giros como en los movimientos rectos.

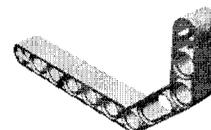


Figura ¡Error!Argumento de modificador desconocido.
Soporte en forma de esquí

Espira 4

Para lograr captar los eventos del ambiente, se hizo un estudio para definir qué sensores se utilizarían para tal fin. Inicialmente se pensó utilizar tres sensores ultrasónicos (véase figura 9), colocados uno en la parte delantera del robot, y los otros dos en los lados laterales del mismo, pero surgieron graves inconvenientes con los sensores ya que las lecturas, en muchos casos, no reflejaban la situación real.

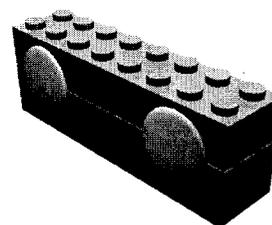


Figura ¡Error!Argumento de modificador desconocido.
Sensor ultrasónico

Para tratar este problema era necesario hacer un estudio probabilístico de las lecturas. Además, no había manera exacta de reconocer las intersecciones en el camino ya que sólo detectan superficies que estén al frente del sonar, así como su distancia; y tampoco a que ángulos se encuentran los caminos o cuanto ha girado el robot. Estos detalles complican excesivamente el problema y como se verá más adelante, hay formas más sencillas de reconocer los posibles caminos, por lo que fue descartada esta configuración.

Otra configuración propuesta fue la de colocar un sonar en la parte delantera del robot, un sensor de luz justo abajo del robot apuntando hacia el suelo y un sensor de rotación. Esto soluciona parte de los problemas mencionados anteriormente, como lo son el reconocimiento de caminos e intersecciones, ya que el sensor de luz mantiene ajustado el robot al camino, es decir, si el camino es de un color determinado, por ejemplo azul, y luego detecta otro color, por ejemplo blanco, éste se ajusta para seguir el camino. El sensor de rotación permite saber cuantos grados ha girado el robot, siendo un elemento importante para la navegación del robot. No obstante, el problema persiste con el sonar, es sumamente difícil lidiar con las lecturas del mismo y solamente se utilizaría en las intersecciones para detectar aberturas (caminos). En su lugar se colocó otro sensor de luz apuntando al suelo en la parte delantera del robot, el cual permite detectar de una manera mas rápida y sencilla cuantos caminos hay en cada intersección.

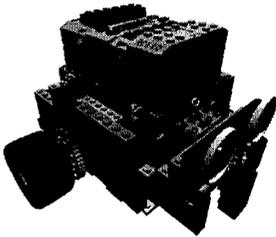


Figura iError!Argumento de modificador desconocido.
Versión finalizada del robot

Espira 5

Una vez finalizada la estructura física del robot, se procedió a la construcción del ambiente. Con la eliminación del sonar, se decidió eliminar las paredes y se optó por colocar solamente la superficie, los caminos y las intersecciones, identificados con el color blanco, azul y negro, respectivamente.

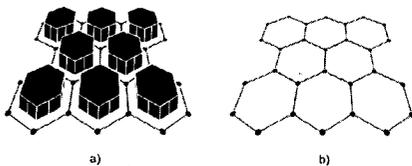


Figura iError!Argumento de modificador desconocido.
Tipos de ambiente. a) Con paredes. b) Sin paredes

FASE 3. CODIFICACIÓN

Esta etapa marca el inicio de la programación.

Espira 1

Tras el levantamiento de requerimientos, además del diseño del robot y el ambiente, se procedió a la programación del algoritmo de aprendizaje por refuerzo Q-Learning en el RCX. Para ello, se utilizó la herramienta JCreator LE, el cual permite trabajar en el entorno Java de una manera fácil y cómoda.

Pero, ¿cómo aplicamos Q-Learning al problema de navegación?. El objetivo es aprender a llegar a un punto específico del mapa desde un punto de inicio. En cada intersección se debe decidir entre una serie de caminos, algunos alejan al robot de la meta, otros lo acercan y algunos hasta incluso mantienen la misma distancia. Si una acción en ese estado acerca al robot, esta acción debe ser recompensada, mientras que si el robot se aleja, la acción debe ser penalizada. El ente autónomo debe aprender a llegar a su destino escogiendo las acciones que ofrezcan una mayor recompensa.

Q-Learning requiere elaborar una matriz (llamada matriz Q) de acciones contra estados. Las acciones en este caso son: rotar un ángulo específico y moverse en línea recta. La figura 12 muestra algunas de las posibles acciones que puede tomar el robot en una intersección a tres posibilidades:

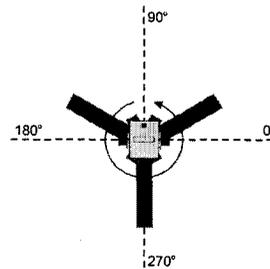


Figura iError!Argumento de modificador desconocido.
Acciones que puede realizar el robot en un tipo de intersección

En este punto, el robot puede girar hacia el camino que está a 30° , 150° o 270° con respecto a la horizontal. En la matriz Q, estas acciones son denominadas por el valor del ángulo que se debe girar.

Los estados representan situaciones que pueden ocurrir en la interacción del robot con el ambiente y pueden ser valores arrojados directamente por los sensores, combinaciones o abstracciones derivadas de las lecturas de los sensores o representaciones internas del robot.

El diseño de estados propuesto fue uno donde el robot construyera un sistema de coordenadas donde el origen es el punto de partida (véase figura 13) y las coordenadas del objetivo ya son fijas y conocidas por el robot previamente, lo cual fue tomado como hipótesis del problema planteado. Usando estas referencias, y mediante cálculos trigonométricos, se calcula la distancia entre el robot y el objetivo.

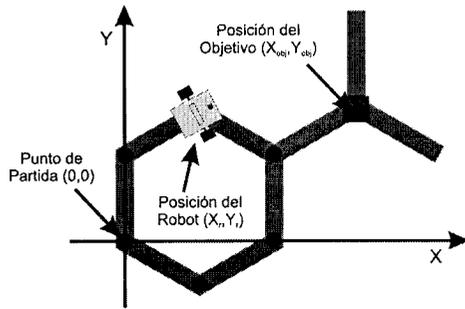


Figura 13. Sistema de coordenadas utilizado por el robot

También es necesario saber como está el robot con respecto al objetivo, es decir, si está por arriba, por abajo, a la derecha ó a la izquierda del mismo. Para obtener esa información se restan las coordenadas del objetivo con las coordenadas del robot, por ejemplo, si la resta de las abscisas y de las ordenadas son negativas, el robot se encuentra por encima y a la izquierda del objetivo (cuadrante I de la figura 14).

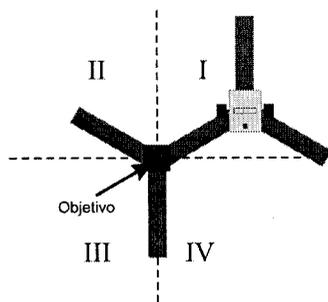


Figura 14. Posición del robot con respecto al objetivo

Los estados vienen dados por las combinaciones entre los cuadrantes y la diferencias entre la distancia del robot al objetivo. En la tabla 1 se muestran todos los estados posibles que maneja la matriz Q donde d_{ant} indica la distancia del robot al objetivo cuando estaba en la intersección anterior y d_{act} indica la distancia del robot al objetivo en la intersección actual.

Tabla 1. Estados posibles para la matriz Q

Estado	Cuadrante	Distancias
0	1	$d_{ant} < d_{act}$
1	1	$d_{ant} > d_{act}$
2	2	$d_{ant} < d_{act}$
3	2	$d_{ant} > d_{act}$
4	3	$d_{ant} < d_{act}$
5	3	$d_{ant} > d_{act}$
6	4	$d_{ant} < d_{act}$
7	4	$d_{ant} > d_{act}$

Finalmente, la matriz Q (Tabla 2) fue construida usando los estados mencionados anteriormente, y se tomaron como acciones los ángulos desde 0° hasta 360° numerados de 10 en 10, es decir, $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$, etc. Las filas son los estados y las columnas son las acciones.

Tabla 2. Matriz Q

0	0,48	1	.....	0,93	0,23
1	0,70	0,60	.....	0,67	0,37
2	0,97	0,45	.....	0,23	0,87
3	0,65	0,74	.....	0,62	0,34
4	0,10	0,76	.....	0,34	0,73
5	0,29	0,56	.....	0,89	0,66
6	0,69	0,77	.....	0,83	0,65

Cada estado tiene asociado una serie de ángulos que representan las acciones posibles. Por ejemplo, si el robot llegó a una intersección que lo acercó al objetivo y está en el cuadrante 3, el estado que representa esta acción es el estado 5 (ver tabla 1 de estados); una vez identificado el estado, determina la acción que va a tomar buscando el mayor valor de la fila para ese estado. En la tabla 2 se puede apreciar que el valor máximo para el estado 5 corresponde al ángulo de 350° por lo que la acción que va a tomar el robot será la de girar hasta 350° para después moverse en línea recta hasta la siguiente intersección. Estos valores usados para determinar el máximo, son denominados Q-valores, y representan la utilidad de un par (estado-acción).

Una vez hecho esto y llegar a la siguiente intersección, el robot identifica nuevamente el estado al que llegó, calcula la recompensa de la acción tomada en el estado anterior y vuelve a realizar los mismos pasos ya explicados en el párrafo anterior. Una recompensa positiva toma lugar cuando el robot ejecuta una acción que lo acerca al objetivo, premiándola, mientras que una recompensa negativa toma lugar cuando en vez de acercarse al objetivo éste se aleja, por lo que la acción ejecutada es penalizada (véase figura 15). Con la recompensa calculada, se actualiza el Q valor (valor en la matriz Q) correspondiente al par (estado anterior, acción) modificando los valores que pueden afectar a decisiones futuras para ese estado.

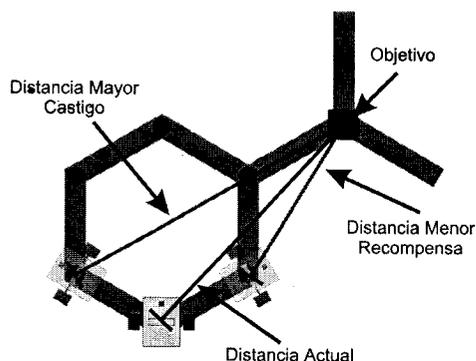


Figura 15. Recompensa de las acciones posibles que puede tomar el robot

Además del RCX, se realizó también una aplicación de Q-Learning para la simulación en la computadora. Para el RCX se crearon las siguientes clases:

- **RotationNav.java:** Se encarga de realizar los movimientos del robot, los giros, movimientos en línea recta, trasladarse de un punto a otro, etc. Utiliza el sensor de rotación para mantenerse orientado y saber a qué ángulo se encuentra con respecto a la horizontal.
- **Qlearning.java:** Es la clase más importante, ya que es la encargada de calcular los estados del robot, recompensar las acciones tomadas en cada estado y de almacenar en la matriz Q, es decir, todo lo que tenga que ver con el aprendizaje del robot.
- **Huron.java:** Es la clase principal y es la encargada de manejar y coordinar todas las llamadas a las otras dos clases explicadas anteriormente.

Espira 2

Tras programar el algoritmo Q-learning en el RCX y en la simulación, fue necesario programar el algoritmo Value Iteration en la simulación para poder hacer las comparaciones entre ellos.

Es pertinente exponer primero como puede ser aplicado Value Iteration al problema de navegación. Value Iteration trabaja sobre un proceso de decisión Markoviano determinista (véase Capítulo II), es decir, la acción tomada en un estado siempre lleva a un mismo estado sucesor, mientras que en Q-Learning, la acción tomada en un estado podía ser cualquiera de los otros estados, que no siempre es el mismo. Por tal motivo, se tenía que cambiar el esquema de acciones y estados para que Value Iteration pudiera ser aplicado.

El esquema de acciones es el mismo que fue utilizado para Q-Learning, pero los estados se tuvieron que implementar de una manera distinta. Se optó por representar los estados como las intersecciones del mapa principal, identificadas por números enteros.

Una vez definidos los estados y acciones, hay que proceder a elaborar la base de conocimiento. El algoritmo sólo necesita conocer la utilidad (Valor V) por estado como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Base de conocimiento utilizada

	1	2	3	...	49	50
1	$V(1)$	90	30	...	-1	-1
2	270	$V(2)$	-1	...	-1	-1
3	190	-1	$V(3)$	...	-1	0
...
49	-1	-1	-1	...	$V(49)$	0
50	-1	-1	-1	...	180	

El esquema de recompensas se mantiene igual a Q-Learning, es decir, si el robot se acerca a la meta éste es recompensado, pero, si se aleja éste es penalizado.

La aplicación de Value Iteration es relativamente sencilla. Cuando el ente autónomo llega a una nueva intersección evalúa los diferentes caminos que puede tomar en esa una intersección. Luego evalúa cómo es la recompensa que recibe por cada camino posible sumado con el valor V del estado al que llega si ejecuta esa acción. Una vez realizadas todas estas operaciones, se elige el camino cuya suma sea la

mayor, se sustituye el valor V del nodo actual con el del camino elegido y se recorre el camino elegido, para repetir todos los pasos mencionados anteriormente en este párrafo hasta que halla el objetivo.

Debido a que el aprendizaje se realiza en cada estado el robot considera que ha aprendido en esa situación cuando el valor V anterior no difiere del valor V actual, es decir, el error entre ellos es cero.

FASE 4. PRUEBAS

En esta última fase del método lineal secuencial se realizaron pruebas sucesivas para la detección de errores, se observó el desempeño del robot en el medio ambiente y el comportamiento del algoritmo Q-learning aplicado para la navegación. Este proceso fue relativamente corto, ya que al aplicar la metodología espiral en las fases anteriores, estas pruebas se realizaron en espiras pasadas.

No obstante, esta fase se centró más que todo en establecer las comparaciones necesarias entre Value Iteration y Q-Learning usando la aplicación de la simulación para tal fin. Es importante mencionar que una iteración comienza con el inicio del robot en el punto de partida y finaliza cuando éste llega al objetivo. Cada corrida puede tener asociado un número finito de iteraciones.

Resultados

El principal objetivo de este proyecto fue el de desarrollar y simular un software que permitiese desplazar a un ente autónomo en un ambiente formado por cuadras de figuras geométricas regulares. Se construyó un robot capaz de moverse en distintos tipos de ambientes y de captar eventos externos al mismo, utilizando para ello sensores de luz y de rotación. Las secuencias de movimientos generadas y programadas en el robot se comportaron de manera exitosa y las entradas de los sensores permitieron identificar y obtener datos del medio ambiente, siendo ésta información importante para la base de conocimiento utilizada para el aprendizaje, tanto para el robot como para la simulación en la computadora.

El algoritmo de aprendizaje por refuerzo *Q-Learning* mostró ser una buena elección para los problemas de navegación. Se hicieron varias corridas con el robot construido con el kit de LEGO Mindstorm y se pudo observar que el algoritmo lograba alcanzar la meta la mayor parte de las veces, pero hubo momentos en los cuales el desempeño del mismo se

vió afectado por eventos externos aleatorios y por los errores que se presentaban en las lecturas de los sensores de luz, debido a que no son del todo precisos.

Con respecto a la simulación, se programaron los algoritmos Q-Learning y Value Iteration, donde se pudo observar el comportamiento de cada uno ellos en un ambiente ideal, para así poder realizar comparaciones entre ambos algoritmos, evitando así los problemas con la imprecisión de los sensores. Una de las ventajas de utilizar ésta simulación es que es posible ver de una manera rápida y sencilla, como se realiza el aprendizaje, obviando las imperfecciones de los sensores. Además, se pueden hacer modificaciones en ciertas partes de los algoritmos, sin alterar la lógica de los mismos.

A continuación se muestran los resultados de la comparación entre Q-Learning y Value Iteration obtenidas de la simulación. Una corrida es un conjunto de iteraciones y una iteración abarca desde que el robot empieza la búsqueda hasta que alcanza la meta. La cantidad de iteraciones indica cuantas veces fue ejecutado cada uno de los algoritmos.

Prueba 1

Se realizó una corrida de 20 iteraciones, manteniendo el objetivo fijo, con cada uno de los dos algoritmos para ver como era la curva de aprendizaje en ambos casos. La gráfica obtenida fue la siguiente:

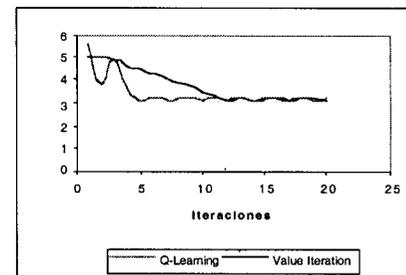


Figura 1 Curva de aprendizaje Q-Learning y Value Iteration

Aquí se puede observar que Q-Learning converge de manera más rápida que Value Iteration, es decir, tarda menos tiempo en aprender a llegar al objetivo mientras que a Value Iteration le toma mas tiempo hacerlo, pero a la larga ambos hallan una política de movimiento eficiente y que en algunos casos puede ser la misma, pues los dos convergen.

Prueba 2

Dado que la matriz Q puede ser inicializada con valores aleatorios o con valores en cero, se realizaron dos corridas, en donde una de ellas fue inicializada con valores aleatorios y la otra con ceros. El resultado fue el siguiente:

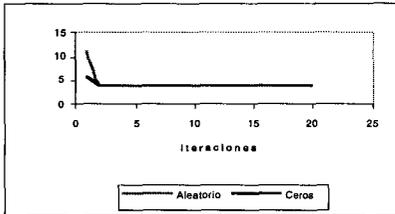


Figura 20. Curva de aprendizaje Q-Learning

Se puede inferir de ésta gráfica que no importan los valores con que se inicializa la matriz Q, ya que siempre va a converger de manera similar, es decir, la forma en como el robot llega al objetivo. Lo único que podría cambiar es el tiempo que tarda en aprender a llegar a la meta en las primeras iteraciones.

Prueba 3

Se realizaron 4 corridas del algoritmo Q-Learning, de 20 iteraciones cada una, manteniendo al objetivo fijo e inicializando la matriz Q con valores aleatorios en cada corrida. Estos números aleatorios son generados por la aplicación y varían en cada iteración utilizando la sentencia Randomize de Visual basic, que es la encargada de calcular la semilla que se utilizará para la generación de números aleatorios. El resultado de la corrida se puede apreciar en la siguiente gráfica:

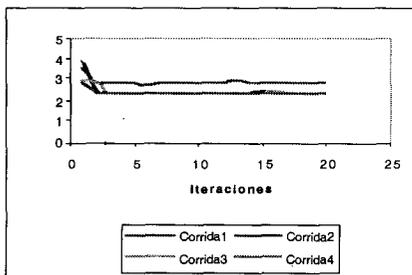


Figura 21. Curva de aprendizaje Matriz Q aleatoria

Se puede observar que Q-Learning mantiene un comportamiento parecido en cada corrida, es decir,

los valores con que se inicializa la matriz Q no influyen de manera significativa en el desempeño del algoritmo. Cabe destacar que con el uso de valores aleatorios en la matriz Q, el algoritmo puede hallar diferentes políticas de movimiento que ocasionan que el robot tarde más o menos tiempo en llegar al objetivo. Por ejemplo, la corrida 1 encontró una política de movimiento que tardó más tiempo en alcanzar la meta que las encontradas en las otras corridas.

Prueba 4

Se realizaron 4 corridas del algoritmo Q-Learning, de 20 iteraciones cada una, manteniendo al objetivo fijo e inicializando la matriz Q con ceros en cada corrida. El resultado se puede apreciar en la siguiente gráfica:

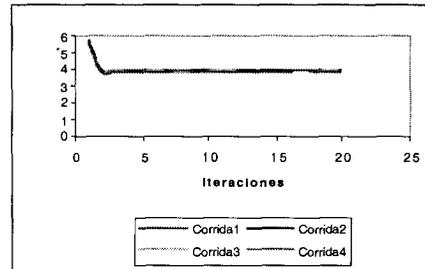


Figura 22. Curva de aprendizaje Matriz Q en cero

En este caso, cada una de las corridas convergieron a una misma política de movimiento, por lo que el tiempo que tomaba el robot en llegar a la meta es el mismo para todas las corridas, es decir, el algoritmo muestra un comportamiento uniforme utilizando la matriz inicializada con ceros.

Prueba 5

Se realizaron 2 corridas del algoritmo Q-Learning de 40 iteraciones cada una, cambiando la posición del objetivo después de cada 10 iteraciones y manteniéndolo fijo durante esas 10 iteraciones. Para la primera corrida se trabajó con la matriz inicializada con valores aleatorios y para la segunda corrida se inicializó la matriz con ceros. La gráfica resultante fue la siguiente:

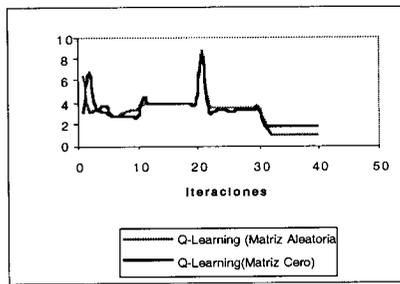


Figura iError!Argumento de modificador desconocido. Curva de aprendizaje Q-Learning variando objetivo

Aquí se puede observar que el comportamiento de Q-Learning para ambos casos es semejante, es decir, logran establecer casi el mismo tiempo de llegada al objetivo. Los picos representan el punto en donde el objetivo fue cambiado de posición y debido a esto el algoritmo toma más tiempo para el aprendizaje al tratar de adaptarse al nuevo cambio.

Prueba 6

Se realizaron 2 corridas de 40 iteraciones cada una, cambiando la posición del objetivo cada 10 iteraciones. Para la primera corrida se trabajó con el algoritmo Q-Learning y para la segunda el algoritmo Value Iteration. La gráfica resultante fue la siguiente:

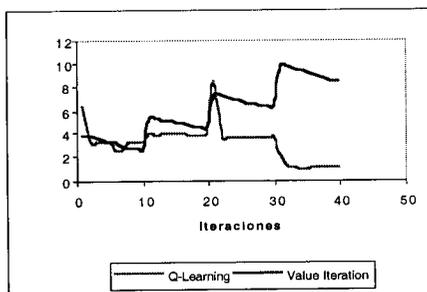


Figura iError!Argumento de modificador desconocido. Curva de aprendizaje Q-Learning y Value Iteration variando objetivo

Como se puede observar, Q-Learning se adapta a los cambios de una manera rápida, tal y como se vio en la gráfica anterior. Sin embargo, Value Iteration, una vez que dio por finalizado el aprendizaje de la ruta hasta el objetivo, al presentarse un cambio del mismo, el tiempo que tarda en llegar al objetivo es equivalente al tiempo que tardó en llegar a la posición anterior del objetivo más el tiempo que necesita para volver a aprender a llegar a la nueva posición de la

meta, es decir, pasa por donde se encontraba el objetivo anterior y desde ahí empieza a buscar el nuevo objetivo.

Es importante notar que Value Iteration, por guardar la ruta en un grafo de estados, se ve afectado críticamente si se ve obligado a pasar por un nodo o intersección ya visitado, ya que cada uno de éstos tiene asignada una acción que fue resultado del aprendizaje anterior, lo que ocasiona se tome el mismo camino cada vez que se llegue a ese estado y no se realice el proceso de aprendizaje para esa intersección, evitando llegar a la nueva posición del objetivo.

Prueba 7

Debido al problema expuesto anteriormente para el algoritmo de Value Iteration y por el tiempo que toma en aprender a llegar al nuevo objetivo, se decidió hacer una modificación que consistió en eliminar la condición de fin de aprendizaje, es decir, que se realice el proceso de aprendizaje en cada nodo o intersección visitada. Para este caso también se realizaron 2 corridas cambiando el objetivo de posición, de 20 iteraciones cada una, utilizando para la primera el algoritmo Q-Learning y para la segunda el algoritmo Value Iteration. La gráfica resultante se muestra a continuación:

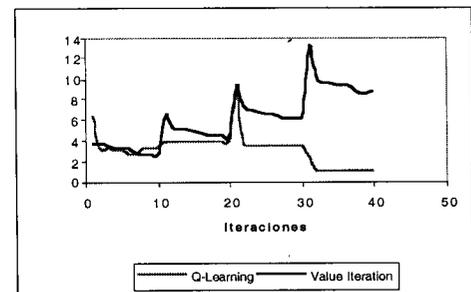


Figura iError!Argumento de modificador desconocido. Curva de aprendizaje Q-Learning y Value Iteration modificado variando objetivo

Lo que se observó fue que no hubo un cambio significativo en el comportamiento de Value Iteration, éste seguía los mismos patrones de comportamiento que el caso anterior, sólo que el aprendizaje se hacía en todo momento, es decir, en cada intersección visitada o no.

Prueba 8

Por último, se realizó una segunda modificación en el algoritmo Value Iteration, que consistía en reinicializar el grafo cada vez que se cambiaba el objetivo de posición, manteniendo la condición de fin de aprendizaje. También se realizaron 2 corridas de 20 iteraciones cada una, cambiando el objetivo de posición y utilizando para la primera corrida el algoritmo Q-Learning y para la segunda el algoritmo Value Iteración.

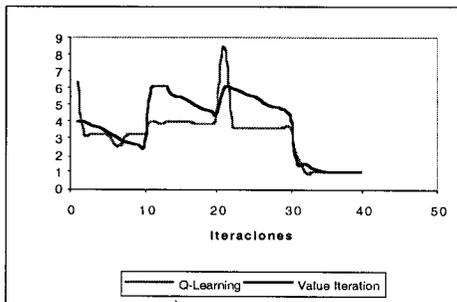


Figura 1 Curva de aprendizaje Q-Learning y Value Iteration modificado variando objetivo

Para este caso, se logró que el algoritmo Value Iteration se adaptara mejor a los cambios de posición del objetivo, pero que en comparación con Q-Learning, sigue tomando más tiempo de aprendizaje que el utilizado por Q-Learning. La desventaja de esto es que ya no guarda su conocimiento si debe recorrer el ambiente de nuevo.

Cabe destacar que el algoritmo Value Iteration siempre busca la ruta mas corta, mientras que Q-learning sólo trata de llegar al objetivo según una política de movimientos producto del aprendizaje, por lo que hubo momentos en los cuales Value Iteration visitaba menos intersecciones que las visitadas por Q-Learning

Conclusiones

A lo largo de este trabajo se estudió a fondo diferentes aspectos de la inteligencia artificial aplicados al área del aprendizaje, específicamente, el aprendizaje por refuerzo. Los mismos permiten resolver una gran variedad de problemas en los que el aprendizaje es un factor importante para la búsqueda de una solución.

La utilización del kit LegoMindStorm resultó apropiada para la construcción del prototipo del robot, debido a que permite construir fácil y rápidamente una gran variedad de modelos de robots adaptables a diversos problemas. Este kit posee varios sensores, entre los cuales destacan los sensores de luz y de rotación, que fueron usados para el robot. En particular, hay que destacar que el sensor de rotación posee una notable exactitud en los valores medidos, en contraste con los sensores de luz, cuyas lecturas se vieron afectadas por factores externos como la luz ambiental.

Una desventaja del kit es la cantidad de entradas que tiene el RCX, ya que solo permite conectar tres sensores a la vez, limitando la funcionalidad de los robots y por ende la complejidad del programa que se desee implementar en el mismo. Además, posee una cantidad limitada de memoria (32Kb), lo que no permite implementar programas muy extensos. Además, los firmwares o sistemas operativos, ocupan espacio en la memoria, disminuyendo aún más la capacidad para almacenar programas de usuario.

Con respecto al sistema operativo del RCX (firmware), la elección de utilizar leJOS fue conveniente por varias razones. En primer lugar, éste sólo ocupa 16 Kb de la memoria, dejando disponibles los restantes 16Kb de memoria para programas de usuario, mientras que BrickOS (legOS) ocupa 20 Kb, dejando 12 Kb de memoria para programas de usuario. En segundo lugar, leJOS es un firmware basado en el lenguaje de programación Java, heredando las potentes capacidades que éste lenguaje proporciona.

El problema de la navegación para encontrar un objetivo se logró resolver empleando un algoritmo de aprendizaje por refuerzo. Existen otros tipos de técnicas de aprendizaje, como el aprendizaje evolutivo, que involucra el uso de algoritmos genéticos y que pueden ser utilizados para resolver problemas de navegación. Éstos algoritmos son lentos y sólo permiten encontrar una solución cercana a la óptima, sin ninguna garantía de convergencia o de la calidad de la solución encontrada. Tardan mucho tiempo en procesar las soluciones, siendo esto un factor limitante para la implementación del mismo en el robot, ya que éste cuenta con una capacidad de memoria limitada.

No obstante, los algoritmos de aprendizaje por refuerzo son más rápidos y fáciles de implementar y no requieren una gran cantidad de recursos del sistema, facilitando su implementación en el RCX. Entre las diferentes técnicas investigadas con respecto a este tipo de aprendizaje se estudiaron en

profundidad los algoritmos Q-Learning y Value Iteration (simulados) y siendo Q-Learning el implementado físicamente en el robot.

Value Iteration al igual que Q-Learning, está basado en el principio de la programación dinámica, el cual permite realizar un aprendizaje efectivo a través de premios y castigos. Las ventajas de usar Value Iteration son las siguientes:

- No necesita probar todos los estados posibles en el sistema, sino que éste evalúa los estados sucesores inmediatos.
- La solución hallada tiende a ser en la mayoría de los casos la óptima.
- Si el ambiente cambia no necesita ser reprogramado.

Como desventajas del algoritmo Value Iteration se puede mencionar las siguientes:

- Sólo puede ser aplicado bajo esquemas estado-acción donde, la acción tomada en un estado dado siempre conduce al mismo estado sucesor.
- Evalúa todas las acciones posibles en un estado dado, lo que hace más lento el proceso de aprendizaje.
- Una vez finalizado el aprendizaje en un estado dado, el algoritmo considera que no se debe volver a realizar el aprendizaje en ese estado, en caso que regrese a ese punto.
- Si el objetivo cambia de posición, el algoritmo puede que nunca alcance el objetivo o que sea posible que el aprendizaje tome mucho más tiempo, ya que todos los caminos que hayan sido tomados y luego aprendidos por el robot, éstos serán tomados siempre aún cuando el objetivo este ubicado en algún otro punto, dicho de otra manera, las rutas aprendidas serán siempre recorridas por el robot para que luego desde ese punto, se aprenda otra ruta que lo lleve al nuevo objetivo.

Con respecto a Q-Learning, las principales ventajas de utilizar éste algoritmo son las siguientes:

- Puede actuar tanto en el esquema estado-acción mencionado anteriormente, como en uno donde las acciones que puedan ser tomadas en un estado dado, no siempre conduzcan a un mismo estado sucesor.
- Si el ambiente cambia no necesita ser reprogramado.

- Si el objetivo cambia de posición Q-Learning ajusta eficientemente su aprendizaje, logrando llegar siempre al objetivo.
- Si la matriz Q es inicializada con valores aleatorios el robot puede experimentar otros caminos que amplíen su aprendizaje. Esto debido a que el algoritmo busca el valor Q máximo para las acciones posibles de un estado, el cual puede cambiar habiéndose inicializado la matriz con valores aleatorios.
- La curva de aprendizaje tiende a converger de forma más rápida que Value Iteration, aunque de manera menos uniforme.
- El proceso de elegir una acción es casi inmediato.

Las desventajas de utilizar Q-learning son:

- La solución hallada no siempre es la óptima, aunque tiende a estar muy cerca de la misma.
- Para que el aprendizaje sea más efectivo, el algoritmo debe evaluar la mayor cantidad de estados posibles.

También se observó que al aplicarse ciertos cambios de condiciones en el algoritmo Value Iteration se mejoró el desempeño del mismo cuando se cambiaba el objetivo de posición (ver Capítulo VI), pero seguía siendo más lento que Q-Learning, aunque seguía hallando la solución óptima.

En este punto se podría preguntar; ¿Bajo qué condiciones se debería elegir uno de estos dos algoritmos de aprendizaje por refuerzo?, La respuesta viene dada dependiendo de la situación. Si el tiempo para llegar al objetivo no es problema se puede aplicar Value Iteration, en caso contrario Q-Learning es la mejor opción. Sin embargo, para ambos casos, la ruta óptima que encuentra Value Iteration es semejante a la ruta que encuentra Q-Learning, variando muy poco una con respecto a la otra.

Cuando se diseñan programas basados en algoritmos de aprendizaje por refuerzo es necesario definir y diseñar de manera detallada los estados, acciones y la política de recompensas, ya que éstos factores juegan un rol muy importante en el funcionamiento del mismo. Si alguno de estos factores falla el desempeño del algoritmos puede verse seriamente afectado, o peor aún, podría no llegar a ninguna solución.

Bibliografía

- Bagnall, B. (2002). CORE Lego Mindstorms™ Programming. Edit. Prentice Hall PTR. Nueva York, Estados Unidos de América.
- Ferrari, G., Gombos, A. Hilmer, S., Stuber, J., Porter, M., Waldinger, J. y Laverde, D. (2002). Programming LEGO Mindstorms™ with Java. Edit. Sysgress. Estados Unidos América.
- Rich, E. y Knight, K. (1994). Inteligencia Artificial. 2da Edición. Edit. McGraw Hill. Madrid.
- Russel, S. y Norvig, P. (1996). Inteligencia Artificial Un enfoque moderno. 1ra Edición. Edit. Prentice Hall. Edo. De México, 1996.
- Pressman, Roger S. (1998). Ingeniería del Software un enfoque práctico. 4ta Edición. Edit. McGraw Hill. Madrid, España.
- Carrasquero Z., Oscar H. y McMaster F., Eduardo (2002). Diseño y construcción de un robot con el módulo RCX 1.0 para ambientes no predeterminados (Tesis de Ingeniero en Informático, Universidad Católica Andrés Bello).
- Bagnall, Bryan (2001). Lejos: Java for the RCX. [página web en línea] Consultado en 10/5/2003 Disponible en <http://lejos.sourceforge.net/>.
- (2000). BrickOS Home Page. [página web en línea] Consultado en 2/5/2003 Disponible en <http://brickos.sourceforge.net/>.
- Dartmouth College Computer Science Department (2001). Robo-Rats Locomotion: Dual Differential Drive. [página web en línea] Consultado en 20/5/2003 Disponible en <http://www.cs.dartmouth.edu/~robotlab/robotlab/courses/cs54-2001s/dualdiff.html>
- Gross M., Stephan V. y Boehme J. (1996). Sensory based robot navigation using self-organizing networks and Q-Learning. [documento en línea] Consultado en 12/9/2003 Disponible en <http://citeseer.nj.nec.com/gross96sensorybased.html>.
- Mance E. Harmon y Stephanie S. Harmon (s.f.). Reinforcement Learning: A Tutorial. [documento en línea] Consultado en 20/9/2003 Disponible en <http://www.nada.kth.se/kurser/kth/2D1432/2003/rltutorial.pdf>.
- Touzet, Claude F. (1999). Neural Networks and Q-Learning for Robotics. [documento en línea] Consultado en 3/9/2003 Disponible en http://avalon.epm.ornl.gov/~touzetc/Publi/Touzet_IJCNN_Tut.pdf.



RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TABLESTACAS PARA REFUERZO DE PUERTOS MARÍTIMOS

Resumen

En este trabajo se presenta el cálculo estructural de una tablestaca cuya finalidad es evitar que se pierda material fino y se contenga de manera eficiente el suelo colindante al muelle de un puerto interno. El modelo empleado se basa en una pantalla cuyas características mecánicas se determinan por metro transversal de la misma. Se consideran las cargas del terreno, de los elementos de contención lateral y las cargas por peso propio. La discretización de la tablestaca se realiza a cada 25 cm y se obtiene para cada punto el comportamiento mecánico del terreno y de la estructura. Se incluyen los resultados numéricos del análisis estructural y se presentan las recomendaciones de diseño para la tablestaca.

Abstract

This paper shows the structural design of a contention wall, as a solution of the problem of fine material lost, in the underground of the yard in the harbor facilities of Manzanillo Port. Due the natural conditions Manzanillo Port has had several problems in its underground; earthquakes and poor resistant in the underground materials have been the mains problem. This work proposes to solve these problems with the construction of a contention wall called screen wall, a mathematical model will be show and the mechanicals conditions will be determined lineally.

■ **C. T. Méndez Ramírez, A. Ruiz Sibaja**

Universidad Veracruzana, Calle de La Pérgola s/n,
Facultad de Ingeniería, Xalapa, Veracruz, 91090,
México, Tel. 00.52.22.88.42.17.56,
Fax. 00.52.22.88.42.27.47, cmendez@uv.mx,
aleruiz@uv.mx

1. ANTECEDENTES

El puerto de Manzanillo ubicado en el estado de Colima en la costa del Pacífico Mexicano es el segundo puerto del país de acuerdo al volumen de mercancía manejada y es el principal puerto en el litoral del Pacífico. Es un puerto interno que se encuentra en la laguna de San Pedrito. Su recinto portuario abarca una superficie de 437 hectáreas que incluye la infraestructura e instalaciones marítimas y terrestres para operar todo tipo de carga. Cuenta con nueve posiciones de atraque de longitud restringida distribuidas a lo largo de tres muelles o bandas denominadas, Banda A, Banda B y Banda C, con longitudes de 450, 570 y 685 metros, respectivamente, y 12 metros de profundidad promedio cada una (Figura 1).

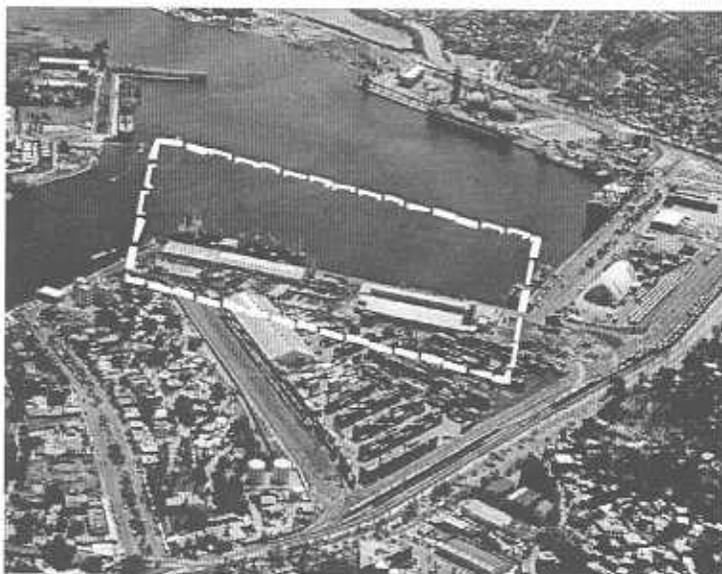


Figura 1. Localización del muelle "Banda A"

La Banda A del puerto de Manzanillo es el muelle de más antigüedad de este puerto. Es un muelle de tipo marginal dividido en tres tramos de atraque. Está construido a partir de pilotes de sección cuadrada de 50'50 cm, de concreto armado precolado, e hincados hasta el estrato resistente (-15 m) por lo cual se consideran pilotes de punta. El muelle consta de una losa plana de 65 cm de espesor, de concreto armado con varilla del número 6 @ 25 cm en ambos sentidos y en ambos lechos (Figura 2). Es importante destacar que este muelle fue afectado seriamente por el sismo del 9 de octubre de 1995, de forma tal que la estructura tuvo que reforzarse considerablemente.



Figura 2. Disposición de pilotes

Pese a este refuerzo se desarrollaron hundimientos en las áreas colindantes a la Banda A como consecuencia del sismo del 21 de enero de 2003. A partir de estos antecedentes se desprende la necesidad de desarrollar un refuerzo estructural del área afectada para evitar que se siga perdiendo material fino y se contenga de manera eficiente el suelo colindante al muelle. La propuesta de refuerzo se basa en la instalación de una tablestaca e incluye recomendaciones sobre el procedimiento constructivo y para el hincado del elemento estructural.

2. ANALISIS

2.1 Diagrama de presiones sobre la tablestaca

El sitio donde se construyó la tablestaca consiste en una serie de estratos arenosos. Por lo tanto se utilizó el método del soporte libre para tablestacas en suelo arenoso que consiste en suponer una viga vertical cuyas características mecánicas se obtienen por metro transversal de la misma. Sobre este elemento actúa el empuje del terreno, tanto en el trasdós como en el intradós, además de la carga por peso propio. El diagrama de presiones sobre la tablestaca y las profundidades iniciales de hincado se obtienen según las hipótesis adoptadas por Braja (2001) para tablestacas en suelo arenoso (Figura 3).

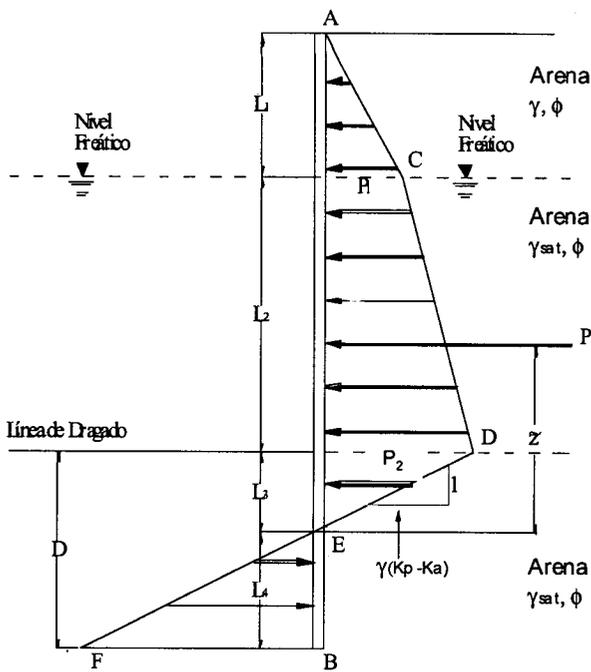


Figura 3. Diagrama de presiones sobre la tablestaca

La secuencia de cálculo para obtener el diagrama de presiones sobre la tablestaca y la profundidad inicial de hincado (D_{real}) se muestran en la Tabla 2 (Braja, 2001).

Tabla 1. Cálculo del diagrama de presiones sobre la tablestaca

Cantidad requerida	Ecuación de cálculo
1. Presión activa de Rankine K_a	$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$ (1)
2. Presión pasiva de Rankine K_p	$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$ (2)
3. Presión activa en L_1	$p_1 = \gamma L_1 K_a$ (3)
4. Presión activa en L_2	$p_2 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a$ (4)
5. Profundidad L_3	$L_3 = \frac{p_2}{\gamma'(K_p - K_a)}$ (5)
6. Área del diagrama de presiones P	$P = \frac{1}{2} [p_1 L_1 + p_1 L_2 + (p_2 - p_1) L_2 + p_2 L_3]$ (6)
7. Centro de presión Z'	$Z' = \frac{\sum M_E}{P}$ (7)
8. Profundidad L_4	$L_4^3 + 1.5L_4^2(L_2 + L_3) - \frac{3P(L_1 + L_2 + L_3) - (Z' - L_1)}{\gamma'(K_p - K_a)} = 0$ (8)
9. Profundidad teórica $D_{teórica}$	$D_{teórica} = L_3 + L_4$ (9)
10. Profundidad real D_{real}	$D_{real} = 1.30 \times D_{teórica}$ (10)

2.2 Análisis del sistema suelo-tablestaca

Una vez que se obtiene la profundidad de hincado se procede a realizar el análisis de la tablestaca de acuerdo con un modelo no lineal del suelo en que esta se encuentra. A partir de la secuencia de la Tabla 1 se encontró una profundidad inicial de hincado real $D_{real} = 6.421$ m. A continuación se propuso la geometría preliminar de la tablestaca para estudiar su comportamiento, las dimensiones se basan en las recomendaciones de un estudio de mecánica de suelos (Correa Rodríguez, 2003).

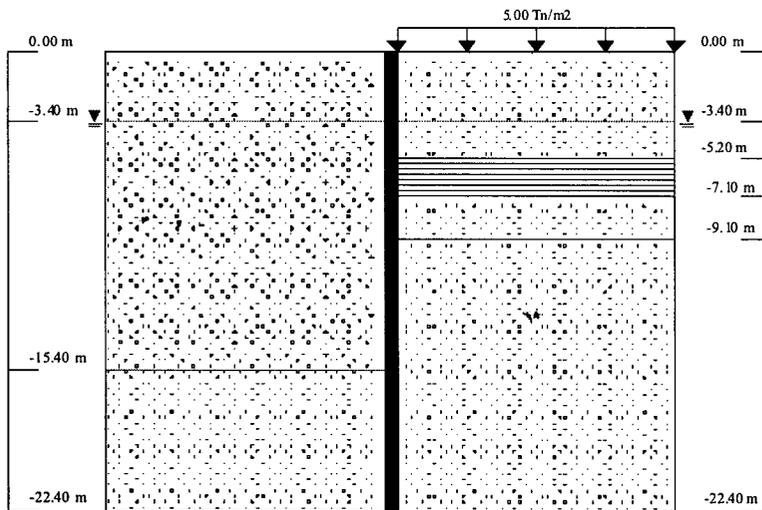


Figura 4. Modelo suelo-tablestaca utilizado.

El análisis se llevó a cabo con ayuda de un programa especializado en este tipo de estructuras (Cype Ingenieros, 2004). Se consideró que la tablestaca está sometida a una carga sísmica de 0.35g con las características del sismo de 1995 que afectó esa zona (Méndez, 2003).

El modelo de cálculo para el estrato arenoso y la tablestaca se muestra en la Figura 4. En esta figura se representa la carga que actúa sobre la tablestaca, esta acción es originada tanto por el movimiento de los contenedores en el patio del muelle como por las condiciones de trabajo de las grúas en el área de operaciones. La modelación del sistema se realizó mediante elementos finitos tipo lámina gruesa tridimensional (Cype Ingenieros, 2004).

El análisis se llevó a cabo mediante un método pseudo estático de equilibrio límite en el que deben realizarse una serie de iteraciones hasta obtener la convergencia hacia la solución. En la Tabla 2 y la Figura 5, se concentran los resultados para las fases de análisis considerando el suelo descrito por el sondeo SM-01 (Correa Rodríguez, 2003).

Tabla 2. Resultados del análisis para el suelo descrito por el sondeo SM-01

Cota (m)	Desplazamiento (mm)	Axial (ton/m)	Cortante (ton/m)	Momento (ton-m/m)	Empuje total (ton/m ²)
0.00	-1.46	0.00	0.18	0.00	1.44
-2.27	-0.86	1.70	0.24	0.48	0.02
-4.53	-0.76	3.40	0.11	0.91	-0.10
-6.80	-1.53	5.10	-0.73	0.41	-0.84
-9.06	-2.58	6.80	0.20	-0.59	0.38
-11.33	-3.15	8.49	0.09	-0.11	-0.14
-13.59	-3.55	10.19	-0.13	-0.24	0.00
-15.86	-3.7	11.89	0.21	-0.19	-0.11
-18.12	-3.67	13.59	0.02	0.03	-0.04
-20.39	-3.65	15.29	-0.01	0.02	0.00
Máximos	-0.70	16.80	0.29	0.95	1.44
	Cota: -3.78 m	Cota: -22.40 m	Cota: 9.31 m	Cota: 5.29 m	Cota: 15.40 m
Mínimos	-3.70	0.00	-1.18	-0.66	-0.96
	Cota: -15.86 m	Cota: 0.00 m	Cota: -7.30 m	Cota: -8.56 m	Cota: 8.35 m

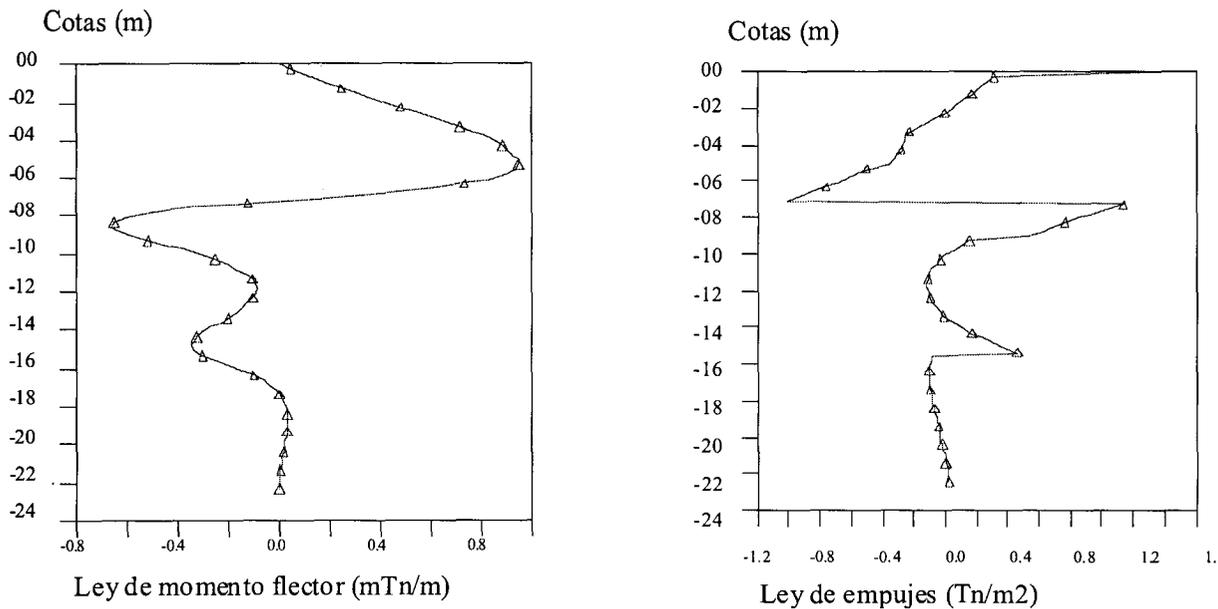


Figura 5. Leyes de Momento flector y Empuje.

3. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES

Con los resultados obtenidos del análisis, se propusieron dos soluciones para este problema en particular. Las alternativas consideradas fueron: tablestacas de acero y tablestacas de concreto reforzado.

Para el diseño de las tablestacas de acero se propuso una sección Z de acero. Las dimensiones consideradas aparecen en la Figura 6. Esta sección se eligió debido a que tiene un comportamiento conveniente ante las cargas ejercidas en intradós y extradós. Además presenta una resistencia adecuada ante el fenómeno de corrosión si bien es necesario reemplazarlas cada cierto tiempo.

Ancho (b)	630.0 mm
Peralte (h)	427.0 mm
Espesor del alma (s)	12.2 mm
Area por unidad de longitud	198.0 cm ² /m
Inercia por unidad de longitud	55510 cm ⁴ /m

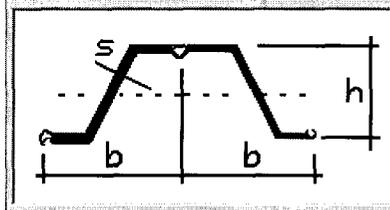


Figura 6. Sección Z de Tablestaca.

Las tablestacas de concreto reforzado se diseñaron según la sección que se muestra en la Figura 7. La resistencia de diseño, f'_c , que se consideró fue 250 kg/cm^2 . Se aceptó que el concreto es resistente a los efectos de la corrosión por agua de mar. Esta tablestaca se puede hincar en casi cualquier tipo de suelo incluso en aquellos con presencia de boleos de cierto diámetro (hasta 50 cm). Además este tipo de refuerzo ofrece la ventaja de que se puede construir *in situ* característica que no poseen las tablestacas de acero.

Básicamente el comportamiento estructural de ambos sistemas es parecido, por esta razón este aspecto no se consideró relevante para hacer una toma de decisiones. En consecuencia, los argumentos considerados para elegir entre una y otra tablestaca fueron el costo de los materiales, la fabricación de los elementos y el proceso constructivo.

Las normativas que se consideraron en el diseño fueron la NBE-EA-95 (para el acero estructural), la EHE-99 (para el concreto reforzado), y el RCDF-95. Se optó por utilizar los reglamentos NBEA-95 y EHE-99 debido a que se consideró apropiado consultar una normativa en la que se dan lineamientos para el diseño de este tipo de construcciones. Además, el programa

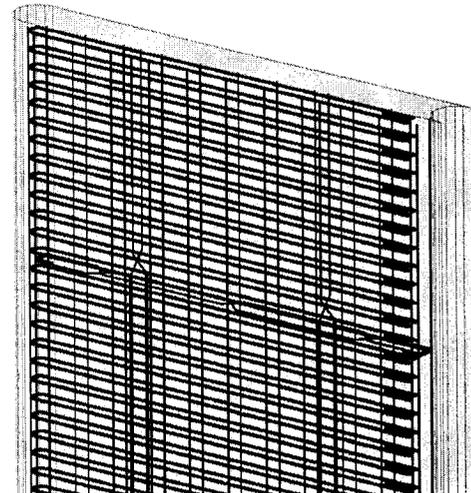
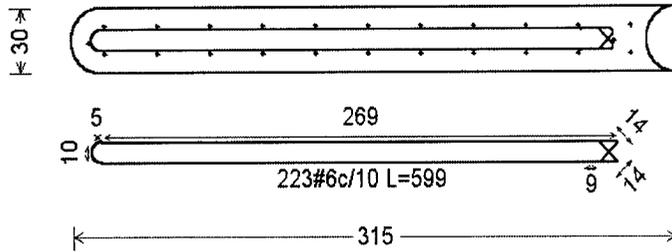


Figura 7. Tablestaca de concreto reforzado.

de cálculo que se utilizó incluye módulos en los que se revisa el diseño mediante estas normas (Cype Ingenieros, 2004).

Por otra parte, se utilizó el RCDF-95 porque contiene indicaciones acerca de los requerimientos necesarios tanto para materiales como para combinaciones de carga adecuadas a nuestro medio. Esta reglamentación, también se considera dentro de los módulos del programa que se utilizó (Cype Ingenieros, 2004).

El uso de estas normativas permitió establecer una comparación entre ellas, de manera tal que se

aprovechen las bondades de estas reglamentaciones y en consecuencia se obtenga un diseño óptimo de la tablestaca.

Para efectos de construcción se seleccionó la tablestaca de concreto reforzado. La sección definitiva fue de 0.30 x 3.00 m ($e_1 \times b_1$) con una profundidad (H) de 22.40 m. En la Tabla 3 se muestra el armado de refuerzo definitivo de la tablestaca el cual cumple con todas las revisiones establecidas en ambas normativas. En la Figura 7 se representa la disposición de este armado para una sección tipo de la estructura.

Tabla 3. Disposición de armado de tablestaca

Concepto	Valores	Estado
Cantidad de refuerzo mínimo geométrico horizontal	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.00944	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara	Mínimo: 0.00029 Calculado: 0.00944	Cumple
Separación libre mínima armados horizontales	Mínimo: 2 cm Calculado: 8.1 cm	Cumple
Separación máxima armados horizontales	Máximo: 30 cm Calculado: 10 cm	Cumple
Longitud de anclaje horizontal	Mínimo: 23 cm Calculado: 23 cm	Cumple
Cuantía máxima geométrica de armado vertical total	Máximo: 0.04 Calculado: 0.00283	Cumple
Comprobación a cortante	Máximo: 34.45 ton Calculado: 5.65 ton	Cumple
Comprobación de fisuración	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0.14 mm	Cumple

4. PROCESO CONSTRUCTIVO

Una vez que se seleccionó la sección de tablestaca se estableció su proceso de construcción. Este consiste en describir las etapas que se deben desde la fabricación de cada elemento estructural hasta el hincado final de cada uno de estos.

Lo primero que se debe hacer es llevar a cabo el control de calidad de los materiales con que se va a construir la tablestaca (concreto y acero de refuerzo). La prueba de la resistencia a la compresión es una de las pruebas más importantes para verificar la calidad del concreto y es muy utilizada en el diseño de estructuras. Estas pruebas deben realizarse a los 28 días del colado de las piezas. La resistencia a la compresión es afectada fuertemente por la relación agua/cemento, la edad y el curado del concreto.

El transporte y manejo del tablestacado se deberán efectuar con el mayor cuidado posible, debido a la generación de elementos mecánicos que pueden causar el fallo de las piezas si no se toman las precauciones debidas durante estas maniobras.

El izaje de tablestacas debe llevarse a cabo cuando la pieza alcance su resistencia óptima, adoptando las medidas adecuadas para garantizar su integridad durante las etapas de transporte, manejo y colocación. Se tomarán en cuenta las especificaciones de diseño para la sujeción de la tablestaca (Figura 8) y establecer un plan de izaje de esta. Durante estas operaciones deben tener una velocidad constante, y con la cual no pueda salirse de control y, generar rotaciones y movimientos indeseados de la pieza. Tal situación originaría deformación, ranuras, quebraduras y astillado que se deben evitar. La operación debe ejecutarse con precisión y es conveniente utilizar cuerdas para conseguir un mejor posicionamiento de las piezas.

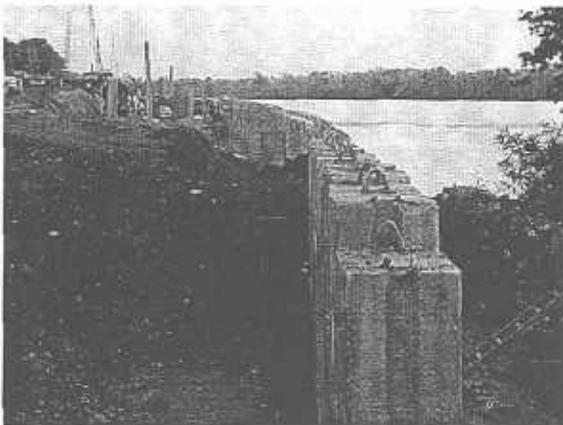


Figura 8. Collarines de izaje.

Las tablestacas deben almacenarse en sitios limpios, bien drenados y protegidos de los efectos de agua. Dentro del almacén deberán estibarse utilizando separadores de madera a manera de protección contra los desperfectos que se puedan presentar por el contacto directo entre ellas.

El tablestacado se hincará por martinete, mediante chorros de agua o combinando ambas técnicas, según resulte más conveniente en función de la presencia de boleos en el subsuelo. Cuando se recurre a los chorros de agua, se requiere como mínimo de dos equipos. El volumen y presión de agua en las boquillas deberá ser tal, que erosione libremente el material adyacente. En el caso de la presencia de boleos en el subsuelo, puede ser necesaria su extracción y la repetición del hincado.

El martinete a utilizar puede ser de gravedad o bien de cualquier tipo de acción que se use normalmente en el hincado de pilotes. Las tablestacas se construirán con un metro adicional de longitud (por ejemplo $22.40 + 1.00 = 23.40$ m), con el fin de que el efecto del impacto durante el hincado sea absorbido de manera adecuada y no disminuya la longitud establecida en el proyecto. También puede optarse por proteger las cabezas de las piezas por medio de accesorios adecuados para evitar su deformación o deterioro por efecto de los golpes.

El hincado de la tablestaca se realizará hasta alcanzar la penetración o la capacidad de soporte del suelo especificados.

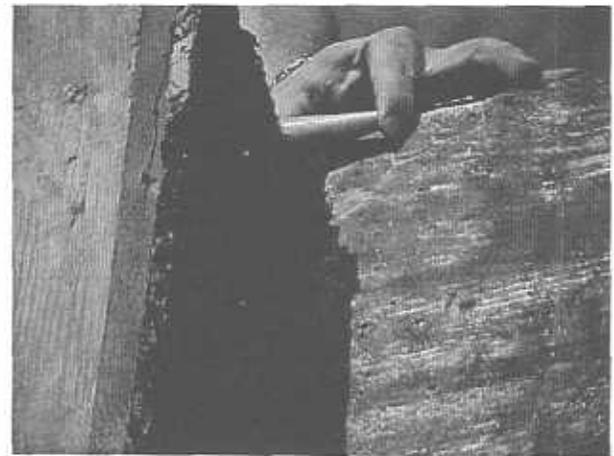


Figura 9. Posible desvío por falta de control.

Es de gran importancia que durante el hincado se revise continuamente la precisión del alineamiento y las conexiones. Al mismo tiempo deben examinarse

5. CONCLUSIONES

el alineamiento y nivelación de las piezas para evitar desvíos de nivel y dirección (Figura 9). Después que se instale el tablestacado, las ranuras superiores deben limpiarse de arena, fango o escombros y rellenarse totalmente con un mortero.

El tratamiento de mortero se aplicará también para la corrección de desportilladuras del concreto a causa de la hinca. Debe considerarse la presencia de apuntalamiento temporal en caso de que sea necesario.

Se cortarán los extremos superiores de las tablestacas, de manera que sus cabezas queden alineadas según el perfil definido en los planos. El corte se efectuará con herramienta adecuada para el material de la tablestaca.

Las rutas y áreas de acceso deben vigilarse permanentemente para evitar la presencia de equipos, materiales o desechos que puedan entorpecer el proceso de instalación. Además, existe siempre el peligro de caída de alguna elemento. Deben tomarse todas las precauciones para garantizar la seguridad de los trabajadores.

En el caso del tablestacado para el Muelle A del Puerto de Manzanillo el posicionamiento de los anclajes (para el izaje de los elementos de concreto armado) requirió de la fabricación de un accesorio *ad hoc*. Este accesorio consistió en una serie de collares de izaje.

Para la instalación de los anclajes se utilizó una grúa telescópica, a continuación mediante la grúa se izó cada tablestaca y se colocó dentro de la perforación. A continuación se colocó la plantilla y los anclajes se colgaron de ella para poder moverlos en la perforación.

Se propuso que la colocación de las tablestacas se haga a partir de los extremos del Muelle A hasta encontrarse en el centro del mismo. El motivo por el cual el hincado debe realizarse a partir de los extremos es porque así se controla mejor el posible desvío ocasionado por el hincado. Este proceso se realizara por etapas, y en el orden que se indica en la Figura 10.

Se ha presentado el cálculo estructural de una tablestaca cuya finalidad es mejorar el comportamiento del suelo colindante al muelle de un puerto interno. El modelo utilizado para simular el comportamiento de la tablestaca se basa en suponer un comportamiento mecánico plástico del terreno de forma que se aproxime mejor la realidad física de la interacción entre ambos sistemas. El análisis implica el uso de un método pseudo estático de equilibrio límite en el que deben realizarse una serie de iteraciones hasta obtener la convergencia hacia la solución.

A partir de los resultados del análisis se propone la utilización de tablestacas de concreto reforzado. Esta elección es motivada por el hecho de que las tablestacas de concreto han mostrado deformaciones laterales menos importantes que aquellas construidas de acero. Esto se traduce en un mejor comportamiento del sistema ante la generación potencial de presión de poro durante un evento sísmico (McCullough, 1998). Adicionalmente la existencia de boleo en los diferentes estratos en que se desplantará la estructura justifica la elección de las tablestacas de concreto reforzado.

El diseño propuesto constituye la solución óptima del problema tanto desde el punto de vista estructural como económico y se ajusta a las recomendaciones de diseño establecidas por las normativas española y mexicana. Pese a la dispersión implícita en el comportamiento del suelo y en la variabilidad de los movimientos sísmicos la metodología utilizada proporciona una herramienta adecuada para el cálculo estructural de tablestacas en suelos susceptibles de licuefacción.

El proceso constructivo, es un aspecto importante porque un mal izaje y un hincado defectuoso pueden provocar deformaciones, ranuras, quebraduras y el astillado de las tablestacas.



Figura 10. Disposición de hincado de tablestacas.

6. REFERENCIAS

- Boletín Oficial del Estado R. D. 996/99 (1999), Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), Ministerio de Fomento de España.
- Braja, M. Das (2001), Principios de ingeniería de cimentaciones, Thomson Editores.
- Correa Rodríguez, Eduardo (2003), "Estudio de mecánica de suelos para revisión de estructuras y pisos en la zona del muelle Banda A", Reporte interno, LANCO.
- Cype Ingenieros (2002), "Elementos de contención", Manual de usuario, Cype Ingenieros.
- Gaceta Oficial del D. F. (1995), Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto, Departamento del Distrito Federal.
- Méndez Ramírez, Ce Tochtli (2003), "Elección de la solución más adecuada para el reforzamiento del Muelle Banda A del puerto interno San Pedrito", Reporte interno, MISA.
- McCullough, Nason J. (1998), "The seismic vulnerability of sheet pile walls", Thesis for the degree of Master of Science in Civil Engineering, Oregon State University.



DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DEDICADO AL ESTUDIO Y REPORTE DE ELEMENTOS PARA EL ANÁLISIS GRAFOLÓGICO, ESPECÍFICAMENTE LA INCLINACIÓN DE LAS LETRAS Y EL ESPACIO EN BLANCO EN UN MANUSCRITO

Para realizar estudios grafológicos, se analizan las escrituras de los individuos determinando aspectos como la inclinación, la dimensión o la forma de las letras, entre otros. Para ello los grafólogos se valen de reglas, transportadores, plantillas, etc., lo cual hace lento y tedioso el proceso de análisis de la escritura. Además muchos de los cálculos se realizan de modo visual, utilizando incluso hasta lupas de aumento, de tal forma que la exactitud depende en muchos casos del grado de agudeza visual que posea el analista grafológico. De hecho, algunos cálculos, como el grado de ocupación total de las letras de un manuscrito, no se realizan por la dificultad que existe en calcular exactamente cuánto espacio de la hoja ha utilizado la persona analizada al escribir.

Sería ideal disponer de una herramienta automatizada que realice algunos de estos cálculos de una forma más fácil, rápida y exacta, de tal forma que el manuscrito a analizar sea digitalizado para luego procesarlo y arrojar los resultados correspondientes de modo más rápido.

No se conoce aún en Venezuela una herramienta informática que logre realizar estos cálculos, lo cual lo convierte en un tema de amplio desarrollo y que ofrece múltiples aplicaciones en diferentes campos, ya sea la salud, reconocimiento de firmas, en investigaciones criminalísticas, etc.

Los aspectos que se toman en cuenta para el análisis de la escritura son variados, entre estos figuran la inclinación, el tamaño, el orden, entre otros. Se puede analizar hasta el más mínimo detalle de la

- Yolanda Goncalves
- Iván Stekman
- Gustavo Peña

escritura de un individuo, por lo que se torna complicado y extenso el desarrollo de una herramienta automatizada que logre discernir todas las variantes que pudieran presentarse en un manuscrito, sin embargo, se puede tomar un subconjunto de estos aspectos para su informatización y así, paso a paso, lograr una herramienta final que englobe todo el conjunto, tal como en este caso, en donde se tomaron dos de ellos, la inclinación de las letras y el grado de ocupación de las letras o espacio en blanco dejado en un manuscrito.

La grafología

La grafología es un método de evaluación gráfica que tiene por objeto el estudio del carácter, del temperamento y de la personalidad de un individuo, mediante el análisis e interpretación de los aspectos de movimiento, espacio y forma de la escritura manuscrita (Vels, 1983).

En todo movimiento o gesto gráfico de las letras se pueden observar los diferentes aspectos del mismo, donde, a partir de los módulos establecidos por el grafoanálisis, se puede medir la corriente vital que anima los impulsos psíquicos de una persona. Según Vels, (1983) estos aspectos son ocho y se clasifican como sigue:

- **El orden:** distribución de las letras, palabras y líneas, disposición del texto en la página y proporciones de las letras.
- **La dimensión:** amplitud de los movimientos.
- **La presión:** intensidad o fuerza del impulso gráfico.
- **La forma:** modalidad de estructura de las letras.
- **La rapidez:** vivacidad del impulso gráfico.
- **La dirección:** lugar o plano simbólico hacia donde se dirigen preferentemente los movimientos en el espacio gráfico.
- **La inclinación:** espontaneidad de los movimientos.
- **La continuidad:** constancia, regularidad, estabilidad o perseverancia de la onda gráfica.

La técnica del análisis gráfico

El análisis del manuscrito se realiza generalmente sobre una hoja blanca, procurando que se encuentre libre de sucios o escritos previos, solicitándole a la persona a analizar que redacte algo en aproximadamente 15 o 20 líneas colocando al final su firma autógrafa, ya que ésta también se usa para el análisis. El instrumento de escritura debe ser

preferiblemente un bolígrafo o lo que la persona a analizar use comúnmente para escribir.

Para el estudio de la inclinación de las letras se escogen aquellas letras que posean hampas y jambas como la "l" y la "j" respectivamente trazando una recta que corte el óvalo de la letra. La recta, generalmente, debe pasar aproximadamente por los extremos de la letra. Se escogen como mínimo 10 letras al azar, se calcula la inclinación individual de cada una de ellas y luego se promedian. La inclinación de las letras se mide con respecto a la horizontal que se forma de la dirección del escrito.

En cuanto al cálculo del grado de ocupación de las letras (relación blanco/negro o espacio en blanco/escrito) se realiza de forma visual, es decir, el analista grafológico observa cuánta proporción de la hoja utilizó la persona analizada para escribir. Este cálculo generalmente no se realiza por ser de gran dificultad valorar exactamente el espacio ocupado por las letras en la hoja, razón por la cual los módulos del orden de la grafía se basan en su mayoría en espaciados o longitudes pequeñas que sean más fáciles de calcular mediante algún instrumento de medición o a simple vista.

ASPECTOS DE DESARROLLO

El prototipo fue realizado utilizando la versión empresarial Visual Basic 6.0 ®. La selección de una herramienta como esta, se debe a que su amplia difusión y versatilidad lo hacen ideal para el desarrollo. Para implementar la funcionalidad de base de datos requerida por el prototipo el manejador Microsoft SQL Server 7.0 ® fue el seleccionado.

El prototipo contempla dos de los aspectos tomados en cuenta para los análisis grafológicos, que son la inclinación de las letras y el grado de ocupación de las mismas en el manuscrito. Los manuscritos son escaneados en escala de grises y convertidos en imágenes digitales que luego pueden ser procesadas para calcular lo requerido.

Los manuscritos deben ser realizados en una hoja estandarizada tamaño carta, color blanco, que será proporcionada por el analista grafológico, de tal forma que a 3 cm. del extremo superior de la hoja se encontrará una recta horizontal, debajo de la cual la persona analizada podrá comenzar a escribir. Esta recta horizontal podrá tomarse como referencia para conocer cuál es la verdadera horizontal de la hoja, ya que al escanear el manuscrito se pierde la horizontalidad verdadera, ya sea porque se colocó la

hoja de forma incorrecta o porque al pasar del papel al formato digital, por lo general, se obtienen otras perspectivas. Además de esta recta, el analista grafológico puede trazar, en el espacio que existe entre el extremo superior de la hoja y la horizontal estándar, una horizontal que siga la dirección de la escritura analizada, de esta forma se obtiene mayor precisión en los cálculos de la inclinación de las letras (recuérdese que la inclinación de las letras se calcula usualmente contra la horizontal formada por la dirección de la escritura analizada).

Calculo de la inclinación de las letras

Dado que se toman aquellas letras que poseen hampas y jambas como la "l" y la "j" respectivamente, para el cálculo de la inclinación general del escrito, era necesaria la detección de dichas letras. Ahora bien, la detección totalmente automática de letras manuscritas es un trabajo sumamente difícil, tomando en cuenta que cada persona escribe de una forma muy particular. Aún en la actualidad la detección de letras manuscritas es un trabajo arduo e inconcluso, cuya solución parece estar todavía muy lejos. Por tal razón, se decidió involucrar al usuario en la selección de las letras adecuadas para el cálculo de la inclinación, de tal forma que éste, haciendo uso del ratón, puede trazar una recta que se acople con la letra adecuada y el prototipo automáticamente determina la inclinación de dicha recta con respecto a la horizontal que forma parte del estándar de la hoja escaneada o con respecto a la horizontal trazada por el usuario. Sería más sencillo calcular la inclinación de las letras con respecto a la horizontal del sistema, pero recuérdese que al escanear, muchas veces la hoja no se coloca totalmente derecha, por lo que el resultado de las inclinaciones podría resultar inexacto.

El sistema puede detectar la horizontal de forma automática o puede ser seleccionada por el usuario usando el ratón. Para la detección automática de la horizontal se requiere que sea dibujada en los tres centímetros superiores de la hoja, de tal forma que se facilite la detección de la misma usando la transformada de Hough, la cual usa la ecuación paramétrica de la recta y aprovecha la propiedad de intersección en un mismo punto de todas las curvas sinusoidales que pertenecen a una misma recta.

Luego de la detección de la horizontal, el sistema calcula el ángulo que existe entre la recta que trazó el usuario y la horizontal hallada. La fórmula utilizada para el cálculo del ángulo es la de ángulo entre dos rectas, la cual expresa lo siguiente:

$$\alpha = \arctg \frac{m2 - m1}{1 + m2 * m1}$$

Donde m2 y m1 son las pendientes de las rectas involucradas en el cálculo del ángulo, es decir, la pendiente de la horizontal hallada y la pendiente de la recta trazada por el usuario sobre la letra que desea analizar.

Por lo general, se escogen varias letras para calcular la inclinación total de todo el manuscrito, por lo cual, a medida que el usuario va midiendo cada letra, el sistema va calculando y mostrando la media aritmética, la varianza y la mediana de dichas medidas. Estas fórmulas, a excepción de la varianza, son las que usan los grafólogos usualmente para el cálculo de la inclinación total del escrito. La fórmula de varianza fue agregada para proporcionar más información a los análisis del manuscrito.

Determinación del grado de ocupación de las letras

Para la técnica del grafoanálisis que se encarga de determinar el grado de ocupación de las letras, representado por la relación blanco/negro de un escrito, se planteó que la forma más eficiente de hacer esta tarea de forma automatizada, es la de contar los pixeles que corresponden al escrito y esto será lo que corresponda a la zona negra u oscura mientras que el fondo de la imagen será lo blanco o claro. Para lograr esto se apoyaron los algoritmos en técnicas de umbralización, ya que permiten separar elementos de una imagen como objetos independientes. Si se toma en cuenta el escrito como un objeto y lo que queda de la hoja como fondo la técnica de umbralización ajusta a este propósito.

El problema principal para aplicar la técnica de umbralización es la naturaleza de la imagen que se obtiene al escanear un manuscrito, ya que son imágenes muy brillantes y la mayor información del escrito se encuentra en pixeles que se confunden con el fondo, esto en términos del histograma (ver figura 1 como un ejemplo del histograma típico de un manuscrito escaneado).

En la Universidad Tecnológica de Nanyang, Singapur, se encontró un método para estudiar la imagen digital de un manuscrito de una forma simple y poco costosa en tiempo de cómputo. Yan Solihin y C.G. Leedham (1999) escritores del documento "The

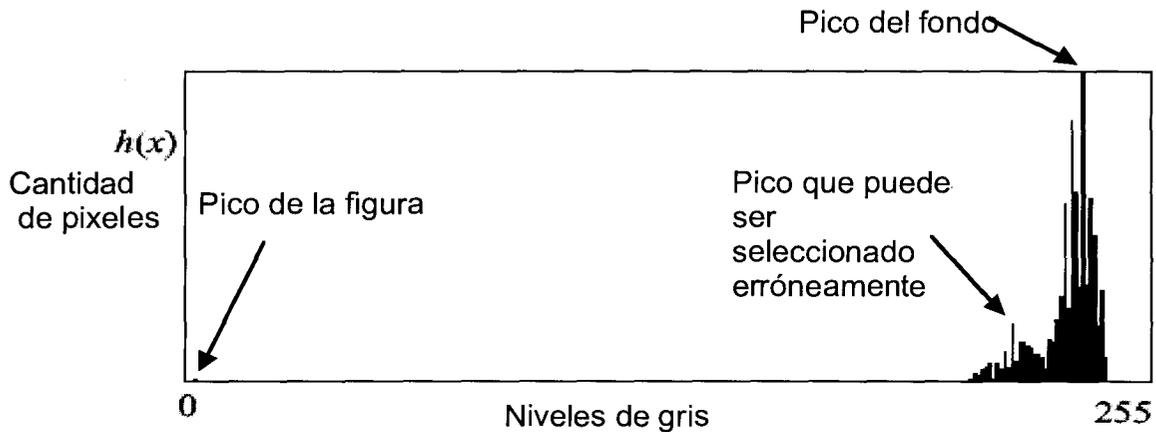


Figura 1. Histograma típico de un manuscrito

Fuente: The Multi-stage Approach to Grey-Scale image Thresholding for Specific Applications; Solihin, Y. y Leedham, C.G.

Multi-stage Approach to Grey-Scale image Thresholding for Specific Applications”, primero plantean una aclaración de cómo deberían seleccionarse los picos en el histograma de un manuscrito escaneado y lo que proponen es que el pico que represente al objeto (el escrito en este caso) debería ser el pico que contenga la intensidad más a la izquierda (en la figura 2 se puede observar cuáles deberían ser los picos que se deben seleccionar).

Como segundo planteamiento exponen una nueva forma de realizar la umbralización, proponen una umbralización por etapas llamada umbralización global multi-etapa, la cual consiste en lo siguiente:

La umbralización global multi-etapa es un algoritmo que realiza la umbralización en n etapas ($n > 1$). En

cada etapa k , se usa el valor de umbral producido por la etapa $k-1$ y además usa información adicional de la imagen, para producir valores de umbral más precisos para cada etapa $k+1$. Este proceso continúa y termina en la etapa n , donde el valor de umbral que se obtenga en este nivel será el valor final de umbral.

En particular, en este trabajo se aplica una técnica basada en la umbralización global multi-etapa denominada razón integral cuadrática, que está pensada específicamente para la extracción de manuscrito, la misma es planteada por Yan Solihin y C.G. Leedham en el mismo documento citado anteriormente.

En el estudio de Yan Solihin y C.G. Leedham (1999) los resultados de esta técnica fueron probados y

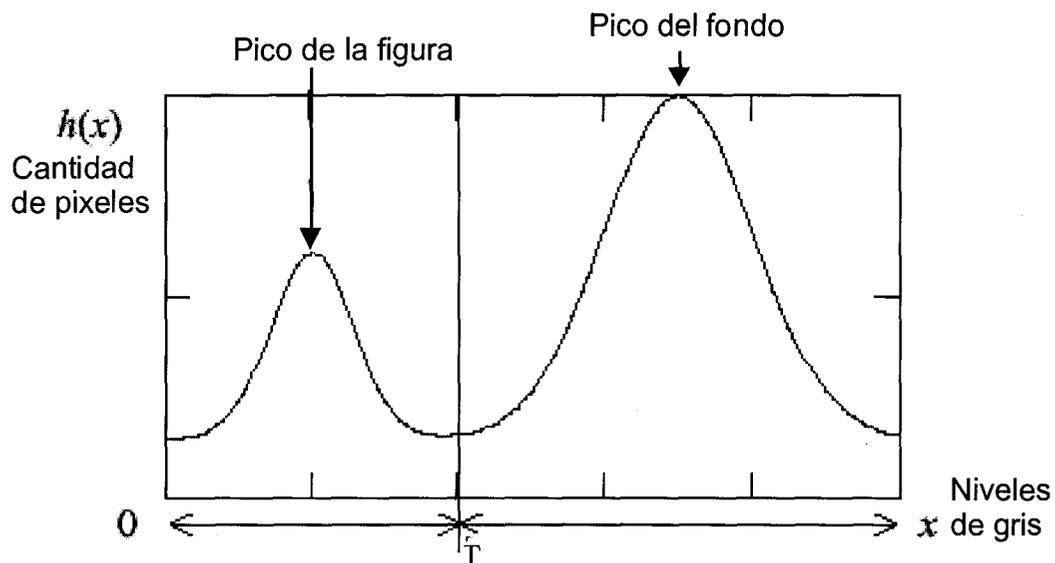


Figura 2. Histograma ideal para umbralización

Fuente: The Multi-stage Approach to Grey-Scale image Thresholding for Specific Applications; Solihin, Y. y Leedham, C.G.

comparados contra todas las técnicas de umbralización global clásicas, resultando superiores en comparación a los resultados de las técnicas tradicionales.

Una vez que se logra obtener un buen valor de umbral mediante la técnica de QIR, se puede proceder a determinar el grado de ocupación de las letras. El proceso para obtener este valor, una vez determinado el umbral, es más simple, ya que se recorre la imagen pixel a pixel y si el pixel en estudio es mayor al umbral, se considera blanco y se contabiliza uno más para el conjunto blanco, en caso contrario, se contabiliza para el conjunto de los negros. Una vez que se recorre la imagen completa se tiene la cantidad de blanco y negro, con esto se puede calcular el porcentaje de negro (lo cual representa el grado de ocupación de las letras), además se puede obtener el porcentaje de blanco y finalmente la relación que guardan estos dos valores lo que corresponde a la relación blanco/negro o claro/oscuro.

Características del prototipo

Una vez culminada la fase de generación de código, se obtuvo como resultado un prototipo totalmente funcional. Este prototipo consta de todas

las funciones que hacen posible el cálculo de la inclinación y del grado de ocupación de las letras de un manuscrito. Además, posee funciones adicionales que agilizan y facilitan el análisis de los manuscritos.

La función de *Brillo/contraste*, la cual se cuenta como una acción de ajuste de la imagen, puede alterar el brillo y el contraste de la imagen al mismo tiempo, ya que al seleccionarlo aparece una pequeña pantalla con dos barras que se pueden desplazar hacia la derecha para aumentar el brillo o el contraste o hacia la izquierda para disminuirlos.

También en el rango de ajustes se encuentra la opción de *Zoom in* y *Zoom out*, las cuales permiten aumentar o disminuir el tamaño de la imagen en un cierto porcentaje, según la selección del usuario. Todo lo que se encuentre sobre la imagen, ya sean líneas o el recuadro de selección, aumentará o disminuirá en la misma proporción que la imagen.

Con la opción *Horizontal*, el usuario puede seleccionar si desea que la detección de la horizontal del manuscrito (horizontal que sigue la dirección de las letras del manuscrito), contra la cual se medirán todos los ángulos de las letras del manuscrito analizado, sea automática o manual. En caso de que seleccione la opción manual, el prototipo se colocará en modo línea, de tal forma que el usuario podrá trazar,

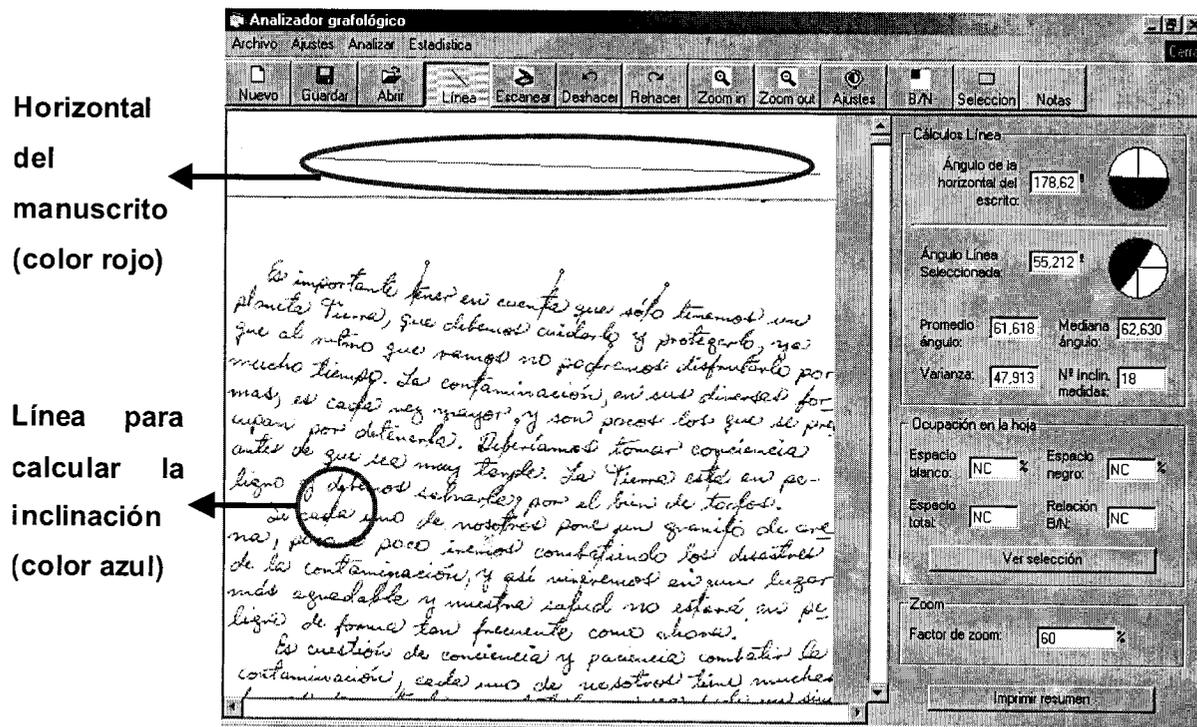


Figura 3. Detección manual de la horizontal
Fuente: Elaboración propia

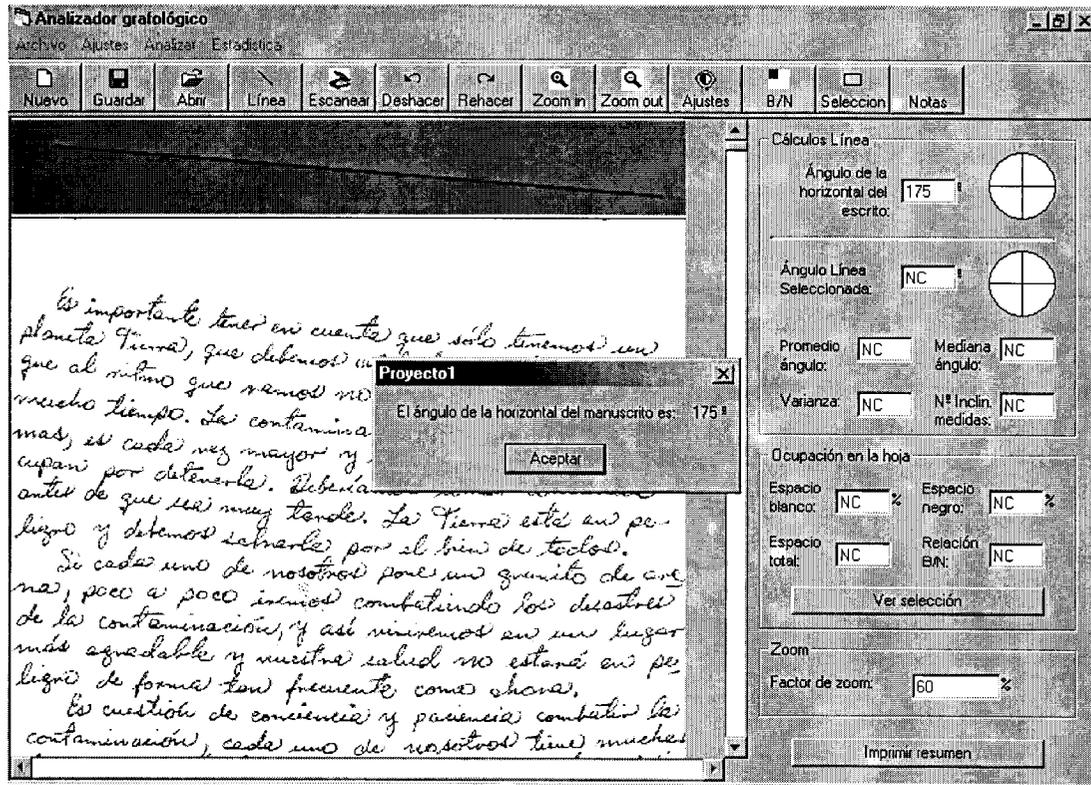


Figura 4. Detección automática de la horizontal
Fuente: Elaboración propia

usando el ratón, la horizontal que más le ajuste al manuscrito, la cual puede ser modificada posteriormente. Esta horizontal se diferencia del resto de las líneas porque se visualiza de color rojo. Una vez que se ha trazado la horizontal, el resto de las líneas que se tracen con el ratón se visualizarán de color azul, expresando que dichas rectas son las que miden el ángulo de las letras del manuscrito (ver figura 3).

Por otra parte, si el usuario selecciona la opción automática, el prototipo buscará automáticamente la horizontal desde el inicio de la imagen hasta 3 cm. de la misma, coloreando de rojo momentáneamente la zona donde está realizando la búsqueda (ver figura 4). El ángulo de esta recta horizontal, el cual se mide contra la horizontal del sistema, podrá visualizarse en la parte derecha de la pantalla principal del prototipo.

La opción *Línea*, permite el trazado de líneas sobre el manuscrito. Si el usuario no ha seleccionado aún la horizontal, cuando se coloca el prototipo en modo línea, la primera línea que se dibuje corresponderá a la horizontal contra la cual se medirán los ángulos de inclinación de las letras y se visualizará de color rojo, mientras que si ya se ha seleccionado una horizontal, ya sea de forma manual o automática, las líneas

corresponderán a los ángulos de las letras medidas, visualizándose de color azul. Para modificar cualquier *línea* se debe quitar el modo línea seleccionando de nuevo esta opción. Cada vez que se trace una línea sobre el manuscrito, se visualizará en la parte derecha de la pantalla principal del prototipo el ángulo correspondiente de forma numérica y gráfica, ya sea el de la horizontal o el de las letras escogidas. El ángulo de las letras es medido contra la horizontal que haya seleccionado el usuario. Cada vez que se tracen líneas para calcular la inclinación de alguna letra, se visualizará en la parte derecha de la pantalla principal el ángulo individual de la letra seleccionada, y los resultados del promedio, la mediana y la varianza de todas las inclinaciones previamente calculadas por el usuario.

Por último, pero no menos importante, se encuentra la opción de B/N (blanco/negro), que permite calcular el grado de ocupación de las letras que se encuentren en la zona seleccionada. Si al escoger esta opción no se ha seleccionado ninguna zona aparece un mensaje notificando que si no se desea realizar la selección de una zona particular, el cálculo se realizará utilizando todo el área de la imagen del manuscrito. La zona

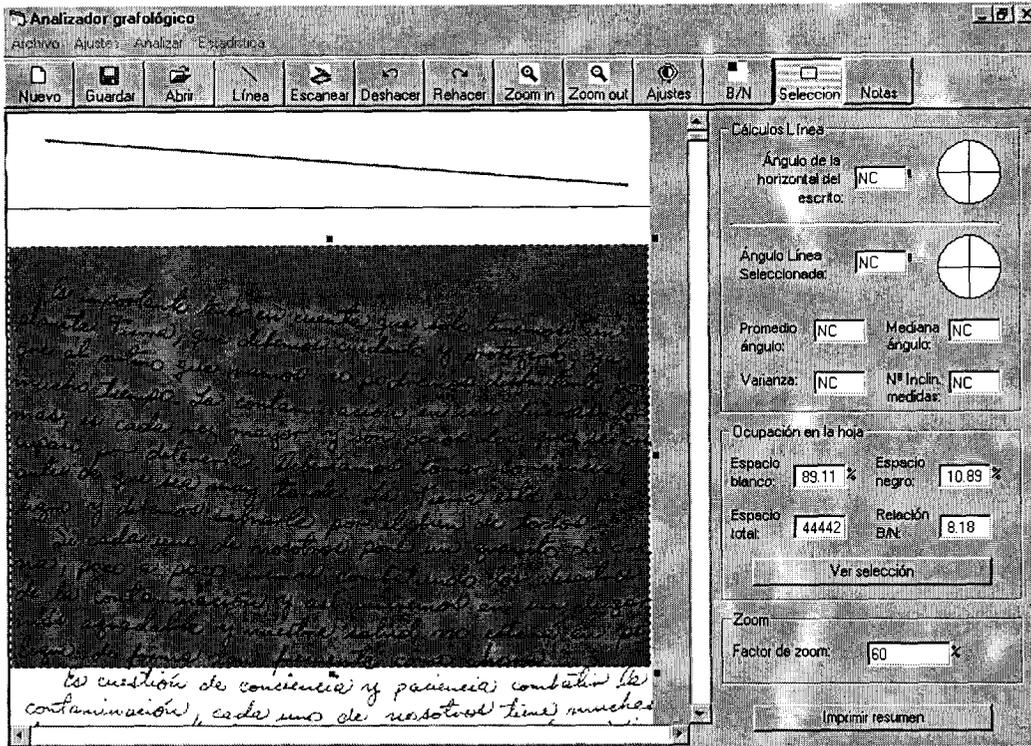


Figura 5. Zona seleccionada para el cálculo blanco/negro (zona roja)

Fuente: Elaboración propia

donde el prototipo realiza el cálculo se colorea de rojo mientras se realiza el análisis (ver figura 5). Los resultados de este cálculo se pueden observar en la parte derecha de la pantalla principal del prototipo.

Conclusiones

- El prototipo obtenido es capaz de calcular la inclinación y el grado de ocupación de las letras de un manuscrito digitalizado, cumpliendo así los objetivos planteados inicialmente.
- Con el procesamiento digital de imágenes es posible manipular los distintos elementos que posee una imagen, permitiendo así el estudio a fondo de cualquier imagen que pueda ser digitalizada, incluyendo manuscritos.
- Para automatizar totalmente el aspecto de inclinación de las letras, de tal forma que el sistema sea capaz de calcular la inclinación sin requerir el trazado de líneas por parte del usuario, se necesitaría que el sistema reconociera las letras manuscritas.
- Es posible automatizar la mayoría de los aspectos de la grafología, mas no todos, ya que varios de ellos dependen en su totalidad de percepciones humanas que una máquina no sería capaz de distinguir aún.
- El prototipo sirve como medio de estudio para verificar que tan útil y exacta sería una herramienta de grafoanálisis automatizada.
- El prototipo explora nuevas formas de analizar los manuscritos, que aplicadas manualmente serían poco prácticas y engorrosas.
- Gracias a las capacidades de ajustar el brillo, el contraste y el tamaño (zoom) de la imagen del manuscrito, se eliminan varias herramientas que causan incomodidad a los especialistas al hacer los análisis grafológicos.
- Con el uso de placas sensibles, es posible automatizar más aspectos de la grafología para obtener una herramienta casi completa que apoye el trabajo de los analistas grafológicos.
- En la actualidad, la utilidad más provechosa de una herramienta grafológica, es realizar investigaciones acerca de la grafología y lo que se puede llegar

con ella, como también probar nuevos métodos de análisis que manualmente no son factibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros

- Cornell, Gary (1999). *Manual de referencia Visual Basic 6* (1era. ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- González, R. y Woods, R. (1996). *Tratamiento Digital de Imágenes*. (Trad. Fernando Davue, Luis Rosso y Sergio Ruiz). Delaware: Addison-Wesley Iberoamericana (original en inglés, 1992).
- Molich R. y Nielsen J. (1990). *Improving A Human Computer Dialog: What Designer Know about. Traditional Interface Design*.
- Llorens Fabregas, J. (2003). *Sistemas de Información - Planificación, Análisis y Diseño* (3ra ed.). Editorial Miró
- Pressman, R. (1997). *Ingeniería de Software: un Enfoque Práctico* (4ta ed.). México: McGraw-Hill.
- Senn, J. (1995). *Análisis y Diseño de Sistemas de Información* (2da ed.). México: McGraw-Hill.
- Vels, Augusto (1983). *Diccionario de Grafología y Términos Psicológicos Afines* (5ta ed.). España: Herder.
- Whitten, J., Bentley, L. y Barlon, V. (1998). *Análisis y Diseño de Sistemas de Información* (3ra ed.). Colombia: McGraw-Hill/Irwing.
- Xandró, Mauricio (1994). *Grafología Elemental*. España: Herder.
- Yourdon, E. y Constantine, L. (1986). *Structured Design - Fundamentals of a Discipline of Computer Program and Systems Design*. Prentice-Hall.

Documentos en línea

- Alonso, Luis Manuel (2001). *Acerca de la construcción de conocimientos matemáticos en las carreras de ingeniería mediante conocimientos computacionales*, [en línea]. Habana: Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". Disponible en: <http://www.utm.mx/temas-docs/nfnotas14R3.pdf> [2003, septiembre].
- Betancur, L., Prieto, F. y Osorio, G. *Adquisición y Preproceso de Imágenes en VHDL*, [en línea]. Manizales: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Disponible en: <http://pci.unalmzle.co/Articulos/>

AdquisicionprocesamientoVHDL.pdf [2003, septiembre].

- Bravo, Antonio J. *Procesamiento Digital de Imágenes*, [en línea]. Disponible en: <http://www.ing.ula.ve/~abravo/document/tutorial/imagenes/indice.html> [2003, septiembre].
- Clipgem for Form Data Entry and Simultaneous Electronic Signature Capture*, [en línea]. Disponible en: www.topazsystems.com/Clip_Gem/ClipGem.pdf [2003, septiembre].
- Definition of Usability (ISO 9241)*, [en línea]. Disponible en: <http://www.tau-web.de/hci/space/i7.html> [2003, julio].
- García de Jalón, J., Rodríguez, J. y Brazález, A. (1999). *Aprenda Visual Basic 6.0 como si estuviera en primero*, [en línea]. San Sebastián: Universidad de Navarra. Disponible en: <http://mat21.etsii.upm.es/ayudainf/aprendainf/VisualBasic6/vbasic60.pdf> [2003, septiembre].
- How Do Touchscreen Monitors Know Where You're Touching?*, [en línea]. Disponible en: <http://www.howstuffworks.com/question716.htm> [2003, septiembre].
- Llamazares, Juan C. *¿Cómo funciona?: Pantallas y ratones táctiles o "touchpad"*, [en línea]. Disponible en: <http://www.ecojoven.com/dos/05/tactil.html> [2003, septiembre].
- Nielsen, Jakob (1997). *Ten Usability Heuristics*, [en línea]. Disponible en: http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html [2003, agosto].
- Pantallas Táctiles*, [en línea]. Disponible en: <http://www.ars-nova.net/Tactiles.htm> [2003, septiembre].
- Solihin, Y. y Leedham C. G. (1999). *The Multi-stage Approach to Grey-Scale Image Thresholding for Specific Applications*, [en línea]. Nanyang: Nanyang Technological University. Disponible en: chooyu.cs.uiuc.edu/~solihin/Paper/MultistageTH.pdf [2003, septiembre].
- Tablet Pcs*, [en línea]. Disponible en: <http://www.arches.uga.edu/~mcockrel/history.htm> [2003, septiembre].

Sitios web

- <http://www.microsoft.com> [2003, septiembre].
- <http://www.officecomputertraining.com/vbtutorial/tutpages/page4.asp#pic> [2003, septiembre].
- <http://www.planet-source-code.com> [2003, octubre].
- <http://tannerhelland.tripod.com/VBStuff.htm> [2003, septiembre].



GESTIÓN DE CONOCIMIENTO TÁCITO EN UNIVERSIDADES JESUITAS DE AMÉRICA LATINA: MODELO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

■ Lourdes Maritza Ortiz Sosa

lortiz@ucab.edu.ve

Universidad Católica Andrés Bello
Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería (CIDI)

Universidad Politécnica de Madrid
Grupo de Investigación Organizativa (GIO)

I. Resumen

La investigación que se presenta se enmarca en el estudio de la Gestión de Conocimiento Tácito en Instituciones Universitarias, tomando como referencia el estudio del tema en la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) de Caracas-Venezuela y su impacto en la Asociación de Universidades Jesuitas de América Latina (AUSJAL). La metodología seguida ha sido compuesta de una fase documental y una fase empírica-cualitativa desarrollada en la UCAB y su contexto nacional. Son hallazgos relevantes de la investigación realizada; el valor del contexto y la cultura como una forma de conocimiento de la organización, el rescate del saber histórico y la vulnerabilidad del conocimiento tácito como objeto de estudio. Son productos importantes de la investigación, la base documental desarrollada en los diversos tópicos asociados al tema, los aportes del estudio empírico realizado como referencia, el modelo de investigación futura propuesto y el posible desarrollo de líneas de investigación. Son conclusiones importantes del estudio, la necesidad de estudios complementarios futuros, las implicaciones metodológicas del estudio del Conocimiento Tácito así como la diversidad de opciones futuras de investigación en el área de Gestión de Conocimiento y Conocimiento Tácito en particular, especialmente en el contexto universitario. La originalidad del estudio se fundamenta en la Gestión de Conocimiento de tipo Tácito en Instituciones Universitarias y la aplicación de Métodos Cualitativos.

Palabras Clave: Conocimiento, Gestión, Tácito, Jesuitas, Universidad

II. Descripción del proyecto planteado

II.1. Planteamiento del problema.

En el mundo de la investigación relativa a la Gestión de Conocimiento, se puede observar un énfasis marcado en lo relativo a la modalidad de Conocimiento Explícito y el ámbito de aplicación de las organizaciones productivas; este sesgo es natural debido a la importancia de la valoración del conocimiento como una forma de capital de la organización y una fuente de competitividad. El proyecto que se presenta a continuación, pretende abarcar aspectos de la Gestión de Conocimiento en la modalidad de Conocimiento Tácito y el ámbito de aplicación de las instituciones universitarias, considerando la importancia de gestionar el saber hacer así como el saber propio de las diversas áreas del conocimiento especializado que se imparte en este tipo de institución.

II.2. Objetivo general

Elaborar un modelo de investigación que facilite el estudio del conocimiento tácito y su gestión en instituciones universitarias jesuita de América Latina.

II.3. Objetivos específicos

- Conocer el estado del arte en Gestión de Conocimiento Tácito.
- Conocer el estado del arte en metodología de la investigación aplicable a la investigación en Gestión de Conocimiento Tácito
- Conocer el estado del arte en Gestión de Conocimiento Tácito en Universidades Jesuitas de América Latina.
- Realizar en estudio de caso de referencia en la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), que permita conocer:
 - La existencia de Conocimiento Tácito en la UCAB, de acuerdo a las tipologías de conocimiento tácito articulable y no articulable, establecidas por Busch y Richards (2001) y contexto como conocimiento tácito, establecida por Brézillon y Pomerol(2001).
 - La existencia de proyectos de gestión de conocimiento tácito en la UCAB, enmarcados en el proceso básico del conocimiento establecido por Davenport y Prusak(1998), como proyectos de generación de conocimiento, codificación y coordinación de conocimiento y transferencia de conocimiento.
 - Describir los responsables y medios de apoyo principalmente involucrados en la gestión de conocimiento tácito en la UCAB.

- Describir las condiciones para el desarrollo de proyectos de Gestión de Conocimiento Tácito en la UCAB, considerando los factores tecnología, cultura, contexto y motivación, de acuerdo a lo sugerido por Lee y Furey(2000), Davenport y Prusak(1998), Boisot (referido por Cortada y Woods(2000)), Wilkesman y Rascher(2002).

- Determinar las características generales de una investigación factible en el área de Gestión de Conocimiento Tácito en universidades jesuitas de América Latina.

II.4. Justificación

La justificación de este proyecto se ha estudiado de acuerdo a su relevancia práctica, su valor teórico, su relevancia social y su importancia metodológica, encontrándose elementos particulares de los cuales algunos se resumen a continuación:

II.4.1. Relevancia práctica del trabajo

La Gestión de Conocimiento es un área que se ha desarrollado notablemente en los últimos años, sin embargo, en el caso de su aplicación a las instituciones educativas, las investigaciones son hasta ahora limitadas, tal como lo expresan Rivas y Bonilla (2002) y Rivera(2002). En la práctica, y de acuerdo a las etapas de cadena de valor del conocimiento(creación, modelización/adaptación, difusión y aplicación) presentadas por Rivera(2002), las universidades son piezas fundamentales en la creación, modelización/adaptación y difusión del conocimiento y cada vez más, llegan a niveles de aplicación de conocimiento, con lo que su aporte es cada vez mayor e indispensable a diferencia de otros agentes (consultoras, medios de comunicación, administración pública, asociaciones y empresas) mencionados por Rivas(2002).

Adicionalmente, las instituciones educativas cada vez están más conscientes de la importancia de la cooperación entre ellas, el grupo AUSJAL (Asociación de Universidades Jesuitas de América Latina) no está ajeno a esta circunstancia y ha establecido estrechas líneas de cooperación y patrones de comportamiento y cultura similares entre sus instituciones.

En cuanto al área de Gestión de Conocimiento Tácito particularmente y solo desde el punto de vista práctico, siendo un tema donde hay tanto que explorar y tan poco camino recorrido; el proyecto que se plantea representa: a) una oportunidad de poner en práctica algunos de los aportes teóricos de investigaciones históricas y recientes, b) una oportunidad para las organizaciones de la muestra para conocer su propio

capital en conocimiento y c) una oportunidad de generar aportes específicos en el contexto de conocimiento tácito en instituciones universitarias.

11.4.2. Valor teórico

En cuanto a la relevancia teórica del proyecto, se considera que el mismo contribuye al desarrollo de la Gestión de conocimiento en el caso de Instituciones educativas, lo que ofrece, como se mencionó anteriormente, características particulares. Existen investigaciones anteriores como la de Rivas y Bonilla(2002) orientadas a un universo de universidades distinto al aquí propuesto y con orientación especial hacia los conocimientos propios de las investigaciones realizadas en las universidades estudiadas. Este proyecto pretende recorrer un mapa de opciones abierto sobre las posibles aplicaciones de la Gestión del Conocimiento en Instituciones educativas, dando lugar a posibles investigaciones futuras basadas en los hallazgos descriptivos y las correlaciones que se pretenden obtener como resultado.

Como proyecto centrado en el estudio del conocimiento tácito y su gestión, se ofrece la posibilidad de generar aportes que sirvan de base para futuras investigaciones, especialmente conscientes, en primer lugar, del impacto que está haciendo el mundo del conocimiento en las organizaciones y sus estratégicas, y en segundo lugar, la necesidad de explorar las profundidades del Iceberg del conocimiento.

El proyecto que se plantea podría ser considerado un metaproyecto dado que está orientado a la definición de un modelo de investigación para un proyecto específico, dicho modelo podría posteriormente generalizarse para convertirse en un modelo de referencia para la investigación en Gestión de Conocimiento Tácito.

11.4.3. Relevancia social

Este aspecto particular de la justificación del proyecto que se plantea, tiene especial importancia, en el universo de universidades que se tratará, en dos sentidos; el primero como instituciones educativas, puesto que tal como lo plantean Kast y Rosenzweig (1993), las universidades tienen básicamente los objetivos de crear y difundir conocimiento además de una labor social; el segundo porque tratándose de universidades confiadas a la Compañía de Jesús, la labor social cobra mayor importancia. Estamos pues ante un posible proyecto, cuya proyección social se extiende de lo educativo al desarrollo sociocultural de los países en los cuales

estaría representado, estableciendo un segundo nivel de extensión social al dar la posibilidad de fortalecer la cooperación para el desarrollo sociocultural de las naciones involucradas, las cuales cubren un amplio territorio de la América.

En el contexto político, económico y social venezolano, manifiesto de forma impactante desde finales de 2002; consecuencia de muchos años de mala trayectoria en la administración de un país, lo cual resulta similar a las experiencias de países vecinos de América Latina; las universidades juegan un papel especial como centros de formación atados a los preceptos legales de cada nación. Ya en el pasado, la UCAB jugó un rol protagónico en la salida de regímenes dictatoriales, esa experiencia forma hoy parte del saber que se encuentra en estado de renacer y que ha formado parte del saber de la organización. Hoy la relación de las universidades AUSJAL establece una red de conocimiento, donde las experiencias asociadas a cada contexto nacional son base para la constitución de un conocimiento de referencia posible de compartir en instituciones de cultura similar, por lo menos en sus principios ideológicos, dictados por la Compañía de Jesús.

11.4.4. Importancia Metodológica

En términos metodológicos y del desarrollo del proyecto, más allá de las técnicas utilizadas, vale destacar; por un lado, el alcance integrador del proyecto al dar la posibilidad de consolidar la visión de los Sistemas de Gestión de Conocimiento Tácito de universidades de 15 países de América; y por otro lado, el alcance en profundidad del proyecto, al contactar con una parte poco explorada y muy compleja de la Gestión del Conocimiento.

Siendo algunos de los objetivos orientados al conocimiento de métodos y la construcción de un método orientado a la investigación en Gestión de Conocimiento Tácito, el proyecto que se plantea ofrece la oportunidad de estudiar, plantear y crear condiciones para probar métodos diversos y combinaciones de ellos, sustentados en estudios de orden metodológico de Pita y Días (2002); Calero (2002); Cabrero y Martínez (2002); Mesquita (2002), Guijt y Engel (2002) Sierra (1999); Hernández, Fernández y Baptista (1998); Martínez (1996) y Denzin y Lincoln (2000).

Los métodos utilizados en el desarrollo del proyecto así como el modelo de investigación de la investigación, podrían resultar novedosos en su área y contribuir al repertorio de métodos de investigación asociados a la investigación en Gestión de Conocimiento Tácito.

II.5. Marco de Referencia

Para la preparación del marco de referencia de este proyecto, se inició con una investigación documental de los aspectos relativos a los temas base del proyecto. La búsqueda de información se llevó a cabo básicamente por cuatro vías (ver Figura 1. Investigación documental); la primera, la búsqueda de libros relacionados con el tema, para ello se revisó la biblioteca de la universidad y se consultó con algunos profesores expertos en el área, de allí se obtuvieron algunos libros que estaban disponibles y se hallaron los datos de otros que luego fueron adquiridos; la segunda vía fue la revisión de artículos varios disponibles en Internet, esta búsqueda se hizo en dos etapas, una antes de decidir el tema específico del proyecto, la cual sirvió para recopilar material y de varios temas de interés y tomar decisiones posteriores, la segunda etapa fue posterior a la decisión del tema y sirvió para complementar el material hallado en la primera etapa; la tercera vía fue la revisión de bancos de datos de investigaciones disponibles en la universidad, se consultaron el sistema de información documental GIO/GIP y las bases de datos ABI/Information y ProQuest Digital Dissertation, de allí se obtuvo material muy valioso y actual, especialmente en materia de tesis doctorales; la cuarta y última vía fue la consulta con expertos, para ello se conversó con varios profesores de los cuales se obtuvo orientaciones que ayudaron a precisar el tema y a seleccionar materiales de consulta.

De la investigación documental se obtuvo un árbol de áreas (ver figura 2: Líneas Básicas del Marco de Referencia) y una tabla de autores básicos encontrados asociados a las áreas señaladas.

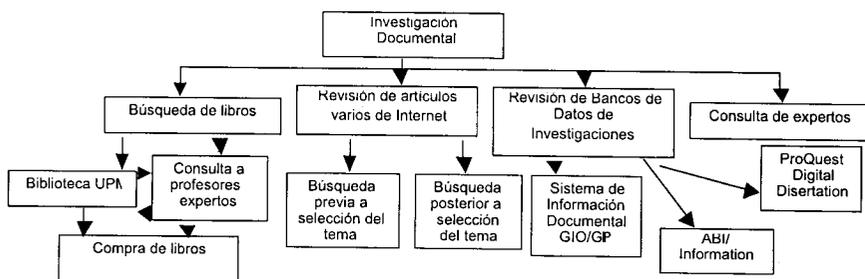


Figura 2. Líneas Básicas del Marco de Referencia
Fuente: Elaboración Propia

III. Desarrollo de la investigación

III.1. Metodología de la Investigación

Por ser esta una investigación que pretende explorar un área temática y contexto para el posible desarrollo de investigaciones futuras; la misma planteó como fase inicial, el desarrollo de una investigación documental en búsqueda de conocer el estado del arte en las áreas temáticas relacionadas al proyecto tal como fue previsto en la fase de planteamiento de la investigación y desarrollado con pequeñas variantes producto de la interacción con la investigación de campo (ver figura 3: Áreas temáticas relacionadas con el proyecto); explorando para ello las fuentes de información mostradas en la figura 4 (Investigación Documental Realizada); el estudio del estado del arte se ve complementado con un estudio de campo basado en investigación acción, dado que la investigadora forma parte actualmente de la organización en la cual se desarrolla la investigación y es parte activa en áreas relacionadas con el proyecto; esta fase de investigación se desarrolla

siguiendo técnicas de estudios cualitativos como la observación y la entrevista, especialmente por tratarse del estudio del conocimiento tácito, con características de creación, acceso y difusión, ajenas a la realización de estudios estadísticos cuantitativos. Finalmente se desarrolla una propuesta de investigación futura integrando los hallazgos de las fases documental y de campo. Los dos grandes módulos de investigación (ver figura 5: Método de investigación Utilizado) se

llevan a cabo en conjunto, suspendiendo el estudio de campo, sólo en los meses de diciembre 2002 y agosto 2003 por ser período vacacional en la UCAB.

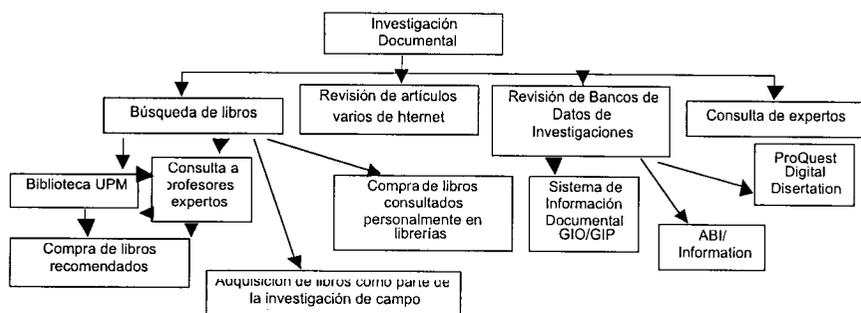


Figura 1. Investigación Documental
Fuente: Elaboración propia

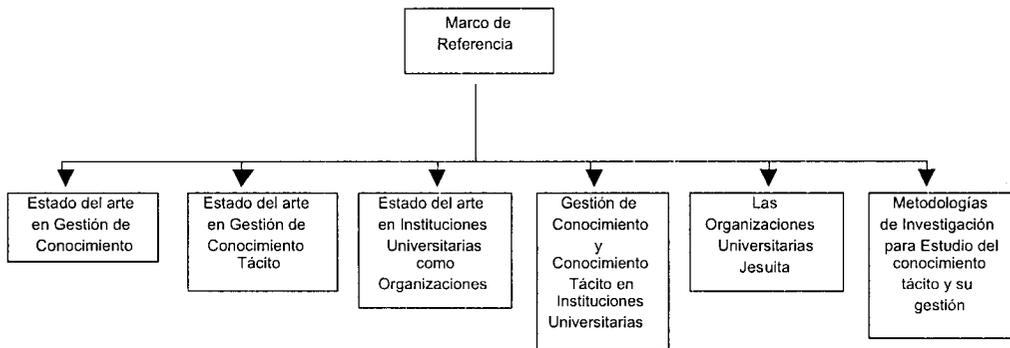


Figura 3: Áreas temáticas relacionadas con el proyecto
Fuente: Elaboración propia

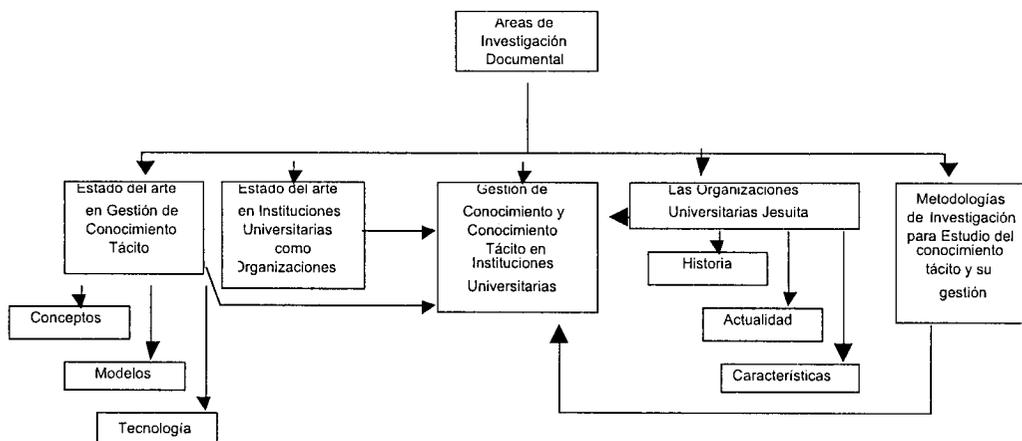


Figura 4: Investigación Documental Realizada
Fuente: Elaboración propia

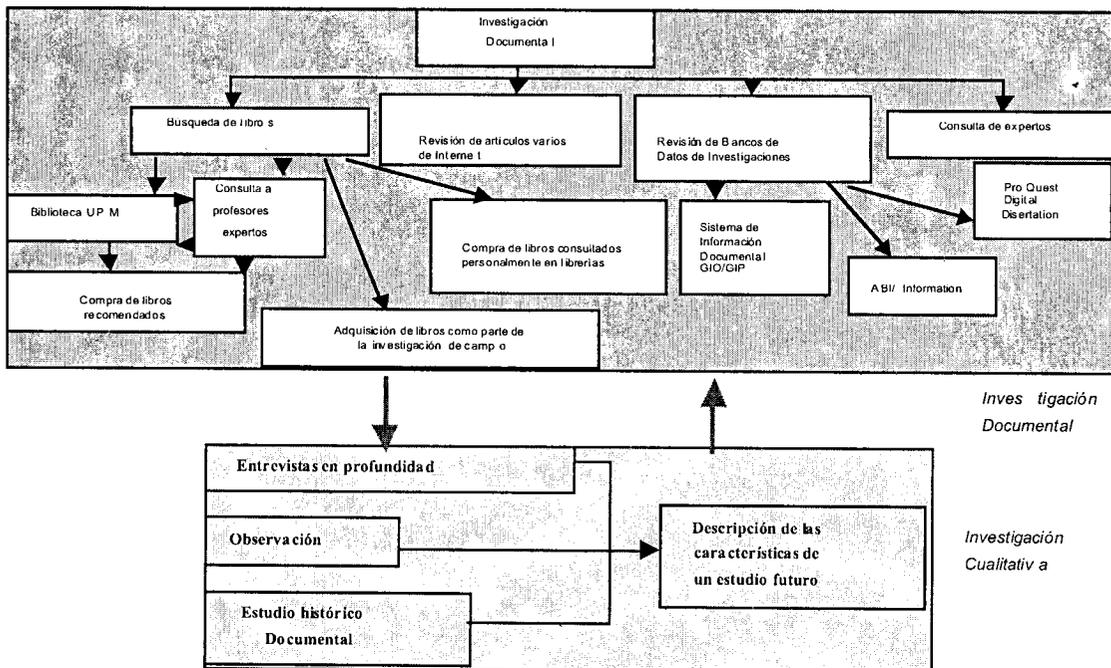


Figura 5: Método de investigación Utilizado
Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que la selección de los informantes clave entrevistados, estuvo basada en su rol como “héroes de la organización” debido a lo destacado de su saber o de su actuación en pro de la difusión del saber. A continuación se presenta una tabla en la cual se muestran las características especiales de los informantes, relevantes para esta investigación; así como los principales aportes de las entrevistas realizadas:

Nombre	Rol en la UCAB o en AUSJAL	Características relevantes	Aportes más relevantes
		Es considerado uno de los expertos en gestión de proyectos de Gestión de Conocimiento en la más grande industria cervecera venezolana. Su experiencia es consultada por otras empresas en procesos de implantación de proyectos de Gestión de Conocimiento.	Se pudo conocer que en Venezuela se vienen adelantando iniciativas formales de Gestión de Conocimiento en empresas muy grandes y universidades, como es el caso de las Empresas Polar (principal cervecera venezolana), Compañía Anónima de Telecomunicaciones de Venezuela (CANTV), Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (PDVSA) y la Universidad Tecnológica del Centro (UNITEC). En el caso de Gestión de Conocimiento Tácito se ha hecho poco o nada. Normalmente se han implantado proyectos con apoyo de empresas consultoras internacionales.
		Es promotor del proyecto que da origen al software KnextBlue en alianza con la Universidad de Valencia-España. Es promotor de la Gestión del Conocimiento como especialidad profesional en Venezuela. Es organizador de la I Jornada de actualización en Gerencia del Conocimiento, realizada en Valencia-Venezuela.	En el caso de UNITEC se ha desarrollado un software que sirve de sistema para la gestión de conocimiento y los esfuerzos han estado dirigidos fundamentalmente a formar consultores en Gestión de Conocimiento tanto a niveles de grado como de postgrado. Se ha experimentado la gestión de conocimiento en la universidad a través del software (KnextBlue) desarrollado con la universidad de Valencia-España. Se quiere llevar el mencionado software a otras universidades y se considera importante el intercambio de experiencias en esta área.
		Es especialista en programas de formación para la implantación de programas de Gerencia del Conocimiento. Participante como ponente en los 4 foros internacionales de Gerencia del Conocimiento realizados por PDVSA-CIED, centro de formación de la Industria Petrolera Venezolana.	Se pudo conocer las experiencias en formación y asesoría dada por consultores venezolanos para la implantación de proyectos de Gestión de Conocimiento. Se dio origen a una relación estrecha universidad-empresa para llevar la gestión de conocimiento a escenarios diversos en Venezuela y América Latina.
		Líder del proyecto de Gestión de Conocimiento de PDVSA. Organizadora de los 4 foros internacionales de Gerencia del Conocimiento, realizados en PDVSA-CIED en Caracas-Venezuela.	Se conocieron detalles del ciclo de desarrollo de la Gestión de Conocimiento en PDVSA, sus dificultades y logros. Se conoció en detalles de los foros internacionales de Gestión de Conocimiento organizados por PDVSA en los últimos cuatro años. Se dio inicio a una relación estrecha universidad-empresa para llevar la gestión de conocimiento a escenarios diversos en Venezuela y América Latina, junto con el entrevistado anterior que dio origen a esta entrevista.
		Es la autoridad máxima tanto en la UCAB como en AUSJAL. Perteneció a la UCAB desde su fundación. Es promotor de la cultura de la Compañía de Jesús en Venezuela.	Como rector de la UCAB y presidente de AUSJAL, fue la primera persona entrevistada. Se consiguió apoyo para hacer el estudio de campo en la UCAB y establecer los nexos necesarios con AUSJAL para la continuidad del proyecto.

Nombre	Rol en la UCAB o en AUSJAL	Características relevantes	Aportes más relevantes
		Es la máxima autoridad en ejecución de proyectos de AUSJAL. Es la fuente de capital relacional con las universidades de AUSJAL. Es informante clave en cuanto a las iniciativas llevadas a cabo entre las universidades de AUSJAL. Está interesada en potenciar el saber hacer de la Compañía de Jesús y de las universidades de AUSJAL.	Se recibió con mucho entusiasmo la idea de hacer un proyecto que contribuyera a que las universidades de AUSJAL pudieran compartir su saber potenciando los mandatos de la Compañía de Jesús y que esta cooperación pudiera establecer vías para facilitar el trabajo en equipo. Se pudo conocer algunos proyectos que sin llamarse Gestión de Conocimiento, vienen a ser avances en esa línea,; es el caso de las redes de expertos homólogos en las universidades, entre otros. Se establecieron compromisos con el proyecto, sugiriéndose contactar al Ingeniero Rafael Hernández como coordinador de la red de homólogos decanos de ingeniería.
		Es promotor de proyectos de transferencia de conocimiento entre homólogos de ingeniería de las universidades de AUSJAL, iniciativa importante en Gestión de Conocimiento tanto explícito como tácito.	Se conoció el estado del desarrollo de la red de homólogos decanos de ingeniería de AUSJAL y los proyectos de desarrollo de otras redes de cooperación de expertos en áreas específicas de la ingeniería en AUSJAL. Dado que la autora labora en esta dependencia de la UCAB, se pudo dar inicio a proyectos asociados al reportado aquí, con intención de desarrollar soportes en Gestión de Conocimiento que potencien el crecimiento de áreas de docencia e investigación.
		Es promotor de la cultura de la UCAB y del impacto de la Compañía de Jesús en la actuación de la UCAB. Actualmente lideriza el proyecto PLANEI que pretende valorar el saber y el hacer de la UCAB a fin de establecer planes de mejoramiento.	Se conocieron aspectos de la cultura de la Compañía de Jesús que son considerados en el plan de evaluación institucional. Estos elementos son parte importante de la cultura de la UCAB traducida en conocimiento.
		Como directora de promoción, está a su cargo el fortalecimiento de la cultura de la UCAB a través de actividades y programas diversos, como la relación con los egresados de la UCAB, entre otros. Actividad clave como forma de Gestión del Conocimiento traducido en la cultura de la UCAB y otras instituciones asociadas como parte de la Compañía de Jesús, como es el caso de ASIA (Asociación de Antiguos Alumnos del Colegio San Ignacio) para el caso de la educación media a cargo de la Compañía de Jesús.	A través de la observación de las actividades llevadas a cabo diariamente en la UCAB, se pudo conocer que la licenciada Rangel participa en la organización de eventos que consolidan la cultura de la Compañía de Jesús y la UCAB, entre los egresados de la propia universidad y de las instituciones de educación media de la Compañía de Jesús en Venezuela y América. Se conoció la importancia de entrevistar a la doctora Myriam López de Valdivieso y María Fernanda Mujica, quienes colaboran en proyectos que impulsan la cultura institucional. Se conoció la realización de eventos de encuentro de alumnos ignacianos de educación media y se pudo asistir a uno de estos eventos como observadora.
		Como coordinadora de ASIA, sus actividades son equivalentes a las de la licenciada Rangel para el caso de la UCAB. Su rol es clave en el fortalecimiento de la cultura de los alumnos de la Compañía de Jesús en Venezuela, forma importante de conocimiento tácito	Como coordinadora de ASIA comentó actividades diversas para el fortalecimiento de la cultura ignaciana entre los exalumnos de las instituciones de la Compañía de Jesús. Se pudo asistir a un evento de ASIA como observadora y allí se presencié la cooperación entre países americanos y la coordinación en la difusión de la cultura de la Compañía de Jesús.

Nombre	Rol en la UCAB o en AUSJAL	Características relevantes	Aportes más relevantes
		Promotora de actividades varias de difusión de la cultura de la Compañía de Jesús en la UCAB. Tutora de tesis doctoral en desarrollo en el área de Pedagogía Ignaciana, saber hacer pedagógico de la Compañía de Jesús, la cual se encuentra implícita y explícita en personas y documentos.	Se conocieron actividades varias dirigidas a la consecución de una visión de la UCAB como institución de la Compañía de Jesús, así como la difusión de la cultura de la UCAB, especialmente dando lugar al fortalecimiento de la Pedagogía Ignaciana. Se consiguió contacto con la red de universidades jesuitas de Norteamérica, homóloga a AUSJAL.
		Responsable principal de dar a conocer las acciones tomadas en la UCAB en pro del desarrollo de la misma, elemento clave en la difusión de conocimiento.	Se pudo conocer que se organiza en libro especial sobre el saber explícito de la UCAB en 50 años de vida. El libro se estimaba publicar en noviembre de 2003 y se ha elaborado con la declaración viva de los fundadores de la UCAB, el archivo fotográfico de la UCAB y otras fuentes que permiten revivir los años pasados y aprender de ellos. En términos de este trabajo de investigación, esto representa un excelente ejemplo de conocimiento tácito y explícito en proceso de difusión.
		Responsable de las actividades de la UCAB dirigidas al rescate de la población necesitada en el contexto de la UCAB, actividad clave en la adquisición y difusión de conocimiento hacia y desde la UCAB.	Se conocieron programas que adelanta la UCAB en su relación con el contexto social, intercambiando saber y hacer.
		Facilitador del acceso a la red universidades jesuitas de Norteamérica, excelente punto de referencia para el saber de AUSJAL como red.	Se estableció contacto con el Dr. James Schall s.j.
		Fuente de diversas experiencias y documentación en relación a la Compañía de Jesús y su cultura educativa. Ha escrito diversos documentos clave y tiene amplia experiencia como hombre formador de la compañía en Norteamérica.	Se realizó un intercambio abierto sobre temas diversos en relación a la Gestión de Conocimiento y la cultura de la Compañía de Jesús, el contacto se hizo por correo electrónico y finalmente, sin haberlo conocido al inicio de la comunicación, se conoció que el entrevistado es un gran productor de documentos serios sobre los temas de la Compañía de Jesús, de interés del proyecto que se reporta en este documento.
		Es especialista en Pedagogía Ignaciana e historia de la creación de la UCAB y la UCAT. Escritor de diversos documentos sobre Pedagogía Ignaciana. Promotor de la cultura de la Compañía de Jesús en Venezuela, no solo en Caracas.	Revisando literatura varia sobre la cultura e historia de la UCAB, se encontraron citas donde se mencionaban aportes específicos de elevado nivel de experticia en cuando a la Pedagogía, dichos aportes, llamó la atención, que eran de un autor que parecía ser el entrevistado; se hicieron las averiguaciones pertinentes, encontrando que efectivamente se trataba del entrevistado, al cual había conocido la autora hacía unos años, sin conocer de su experticia en la Pedagogía Ignaciana. En la entrevista, se pudo conocer la existencia de montones de documentación y poca experiencia llevada a casos, esto es un caso importante donde valdría la pena invertir esfuerzos en la difusión pues

Nombre	Rol en la UCAB o en AUSJAL	Características relevantes	Aportes más relevantes
			ya se han adelantado muchos pasos en la codificación y almacenamiento del conocimiento. En este sentido, se han iniciado nuevos proyectos actualmente en fase de formulación.
		Especialista en historia de la creación de la UCAB y especialmente de los aspectos legales del hacer de la UCAB. Es uno de los principales conocedores del saber hacer histórico de la UCAB en materia de reglamentación. Actualmente ha iniciado un proyecto de transferencia de su saber hacer como parte de un proceso de incorporación de un sustituto en su cargo debido a su jubilación.	En un acto de entrega de Doctorado Honoris Causa al entrevistado, se pudo conocer aspectos importantes sobre su participación en la vida de la UCAB desde su creación. Se entrevistó posteriormente, pudiendo llegar a la conclusión de que actualmente se llevan a cabo acciones importantes en la transmisión de la historia y el saber de la institución.
		Desarrolla actualmente un proyecto de tesis doctoral en el área de pedagogía Ignaciana, conocimiento clave de la Compañía de Jesús. Es miembro del Comité del Plan de Evaluación Institucional de la UCAB (PLANEI).	En actividades de atención a problemas de formación de docentes en la UCAB, se hizo contacto con la licenciada Vasquez, pudiendo conocerse que actualmente desarrolla estudios doctorales cuyo trabajo de investigación se centra en la pedagogía ignaciana. Se entrevistó y con ello se dio inicio a proyectos donde se conjugan la Gestión de Conocimiento, la Pedagogía Ignaciana y el uso de la tecnología de Información y Comunicación como medio de apoyo.
		Es el gestor de las publicaciones de la UCAB y las editoriales venezolanas asociadas. Fuente básica del Conocimiento de la UCAB, AUSJAL y la Compañía de Jesús.	Por actividades propias del trabajo diario de la autora, se debió contactar con el licenciado Píriz, se le solicitó un material bibliográfico para la investigación en proceso y eso dio oportunidad de conocer material y fuentes de distribución de material adicionales. Información clave en cuando al conocimiento explícito y la posible difusión del conocimiento tácito asociado.

Tabla 1: Informantes clave de la investigación
Fuente: Elaboración propia

III.2. Resultados

Como resultado de la investigación desarrollada y considerando las preguntas de investigación, hipótesis y objetivos previamente trazados se llegó a los resultados que se enuncian en el Anexo 2 (Relación Preguntas-Hipótesis-Objetivos-Resultados). En la tabla antes mencionada se han colocado flechas horizontales que identifican la

relación desde la pregunta hasta el resultado que refleja su respuesta, adicionalmente se han identificado con óvalos y flechas angulares, los resultados a nivel general y el resultado específico integrado a modo de reflejar la correspondencia de los mismos, lográndose el objetivo general a través de la integración de resultados específicos. Los resultados obtenidos responden a las preguntas planteadas cumpliendo con los objetivos establecidos y bajo los supuestos implícitos en las hipótesis de la investigación.

En el caso de los resultados encontrados especialmente en el estudio de campo, se consideró conveniente su validación, sin embargo, tal validación formalmente realizada constituye un nuevo proyecto, por esta razón y con intención de no dejar sin validación alguna estos resultados, se procedió a realizar aproximaciones de validaciones internas y externas a la UCAB; la aproximación de validación interna se hizo a través de entrevistas adicionales con algunas de las personas previamente entrevistadas, ello dio origen a nuevas posibilidades de proyectos aún en fase de conceptualización, como fue el caso de la licenciada Hercilia Vásquez con la cual se define actualmente un proyecto conjunto para la valoración del capital humano de la UCAB y su desarrollo como pedagogos de formación ignaciana. La aproximación de validación externa se fundamentó en la presentación de resultados en eventos como conferencias, jornadas, foros, etc, en los cuales se dio la posibilidad de presentar trabajos que fueron admitidos o hubo invitaciones especiales, la relación de estas actividades se refleja en la sección de resultados paralelos del capítulo de desarrollo del documento extendido.

Es importante destacar que tal como señalan Quass, Astrosa, Castillo, Sistemas, Cortés, Morales, Orrego, Pincheira y Rastello(2003), la investigación cualitativa es dinámica, naturalista e interpretativa por lo que sus resultados son susceptibles de la interpretación del investigador y pueden variar antes de ser presentados públicamente.

IV. Modelo propuesto para la investigación futura

IV.1. Características de la investigación futura.

IV.1.1. Preguntas de Investigación.

Tomado como referencia los aportes de la investigación realizada, se proponen para una investigación futura las siguientes preguntas:

- ¿Los tipos de Conocimiento Tácito identificados en la UCAB estarán presentes de manera equivalente en las universidades de AUSJAL?
- ¿Las iniciativas de Gestión de Conocimiento Tácito identificadas en la UCAB estarán presentes de manera equivalente en las universidades de AUSJAL?
- Dado que actualmente se desarrollan redes de homólogos en diversas áreas entre las universidades de AUSJAL ¿Cómo podría ayudar la Gestión de Conocimiento Tácito soportada en Tecnología de Información?

IV.1.2. Problema y subproblemas que dan origen a la investigación.

Actualmente se intenta consolidar, cada vez más, las relaciones de cooperación y desarrollo entre las universidades de AUSJAL con el fin de satisfacer de una manera potenciada, las necesidades en las áreas de educación, investigación y extensión en cada país de América Latina. El conocer las experiencias y aprendizajes de cada universidad de la asociación, especialmente considerado el valor del impacto de la cultura de la Compañía de Jesús y la cultura propia de cada país, tan similar en los países Latinoamericanos, resulta fundamental en la solución de problemas del entorno social de las universidades en cada país y en la región en general, poder manejar tan amplio caudal de conocimiento sacando provecho máximo del mismo, favorecería tanto en un acelerado desarrollo regional como en un fortalecimiento de la cultura de la Compañía a través de América Latina.

Lo antes señalado da lugar a objetivos específicos en búsqueda de dar respuesta a las preguntas de investigación antes señaladas. Estos objetivos estarán a su vez asociados a hipótesis que para la fecha se asumen como la afirmación de las dos primeras preguntas y la suposición de que Internet será la tecnología de mayor apoyo para el caso de la tercera pregunta.

IV.1.3. Plan de desarrollo de la investigación.

La investigación que se plantea en búsqueda de respuesta a las preguntas antes señaladas, está en

proceso de planificación ya que se requiere de la aprobación del presupuesto correspondiente, especialmente para el estudio de campo para el cual se prevé la visita a por lo menos 4 países donde hay presencia de AUSJAL, que podrían ser Brasil, Argentina, México y Venezuela debido a su predominante dominio en cuanto al porcentaje de presencia comparado con otros países.

Los métodos a utilizar estarán relacionados con la metodología y paradigma de investigación asociado, de este modo se sugiere el desarrollo de una investigación cualitativa como primera fase para conocer los elementos específicos del estudio a realizar, suponiendo que estos no estén claramente determinados previamente; como siguiente fase se sugiere el desarrollo de una investigación cuantitativa que permita evaluar, medir, llegar a un consenso de los elementos de investigación determinados en la fase previa; finalmente, se sugiere el desarrollo de proyectos de investigación cualitativa a fin de conocer con profundidad aquellos tópicos que así lo requieran en el área de conocimiento que se investiga. La metodología a seguir para el caso del estudio del conocimiento tácito y su gestión, como muchos otros estudios en el área de las Ciencias Sociales, posee características que lo inclinan hacia el uso de metodologías cualitativas, debido principalmente al estudio en sociedades limitadas y personas específicas, lo cual hace imposible el uso de apoyo estadístico cuantitativo exhaustivo, propio de las metodologías cuantitativas.

Siguiendo lineamientos de diseño de la investigación presentados por Swart y Pye (2002), se plantea el siguiente conjunto de métodos a aplicar en el desarrollo de la investigación (ver tabla 2 métodos requeridos para la investigación):

Paradigma de Investigación	Fase de la Investigación	Método	Rol del Investigador	Tiempo requerido
Investigación Cualitativa	Conocer la presencia de Conocimiento Tácito en las universidades de AUSJAL	Observación Entrevistas	Observador Investigador/ explorador	6 meses
	Conocer las iniciativas de Gestión de Conocimiento Tácito en las universidades de AUSJAL	Observación Entrevistas	Observador Investigador/ explorador	6 meses
	Conocer las posibilidades de apoyo de la Gestión de Conocimiento Tácito basado en uso de TIC para el desarrollo de las redes de homólogos de AUSJAL	Cuestionario	Investigador/ Analista	6 meses
Investigación Cuantitativa	Validar los resultados del estudio cualitativo	Encuestas	Investigador/ Analista	6 meses

Tabla 2: Métodos requeridos para la investigación
Fuente: Elaboración propia

IV.1.4. *Carácter circular de la investigación.*

La investigación como generalmente ocurre, tendrá un carácter circular, ya que al involucrarse el investigador en los diversos escenarios geográficos para la realización del estudio, podrían ocurrir cambios progresivos, tal como ocurrió en la UCAB, donde se dio inicio a diversas actividades paralelas al proyecto, las cuales debieron ser consideradas por la relación de los resultados de las mismas con los propios de la investigación en desarrollo.

IV.1.5. *Modelo de la investigación.*

Considerando el modelo de Taylor(2000), se considera que el modelo de esta investigación seguirá una conceptualización, observación y revisión bibliográfica desarrollados básicamente en la investigación reportada en este informe de investigación, siguiendo las características de la investigación antes mencionadas para su desarrollo final.

IV.1.6. *Tipo de Investigación.*

De acuerdo a los tipos de investigación planteados por Sierra(1999), se plantea que el tipo de la investigación futura aquí descrita, en correspondencia a los criterios descritos en la tabla 3 (Tipo de Investigación), será:

Criterio	Tipo de Investigación	Justificación
Amplitud	Panorámica	Incluye más de un escenario y tema
Alcance temporal	Actual	Sólo reconoce el aporte de la historia, haciendo énfasis en el interés de conocer la actualidad
Relación con la práctica	Aplicada	Se trata de una investigación basada en la práctica y sus aportes, fundamentalmente
Naturaleza	Empírica de tipo Observación participante	Hace énfasis en la práctica sin llegar a experimentar con la misma
Carácter	Descriptivo-comparativa	Busca la descripción de una realidad y su comparación entre los casos que estudia
Fuentes	Primarias	Se basa en la búsqueda de información en campo más que en reportes u otras fuentes secundarias.

Tabla 3: Tipo de investigación.
Fuente: Elaboración propia

IV.1.7. *Dificultades para el desarrollo de proyectos en AUSJAL.*

En el contexto de la investigación que se plantea, destacan las siguientes dificultades para el desarrollo de la misma:

1.- No hay fuentes de financiamiento disponibles actualmente, dadas las dificultades actuales de Latinoamérica y en particular de Venezuela, para el caso de la investigadora.

2.- El entorno de investigación es muy inestable y por tanto no se recomienda realizar estudios a largo plazo.

IV.2. Posibilidades de Investigación

Además del proyectos antes enunciado y actualmente en proceso de definición, como consecuencia del proyecto desarrollado, se observa la necesidad de desarrollar una serie de proyectos más que un proyecto único y aislado, por lo que se ha recurrido a la propuesta de crear líneas de investigación futuras y para ello se ha recurrido al soporte de investigadores expertos en este tipo de tarea. En las próximas líneas se presentan los conceptos utilizados como base en esta tarea, su aplicación y resultados específicos.

IV.2.1. Conceptos

Las líneas de investigación ofrecen la posibilidad de agrupar proyectos e investigadores de manera de resolver problemas más complejos a través de la formación de redes, por otra parte, en el ámbito académico y para efectos de las tutorías de proyectos, el ser tutor de una red de investigadores puede incrementar la cantidad de proyectos a cargo y por tanto el trabajo que ello representa, sin embargo, a través de las líneas de investigación se hace posible el trabajo en forma de grupo altamente cohesionado y de alto desempeño, lo cual facilita la planificación de la labor de tutoría.

La creación de líneas de investigación debe considerar factores clave como el entorno, la organización y la propia naturaleza de la línea (Chacín y Briceño, 2001), tal como se muestra en la figura 6 (Factores que afectan la creación de líneas de investigación).

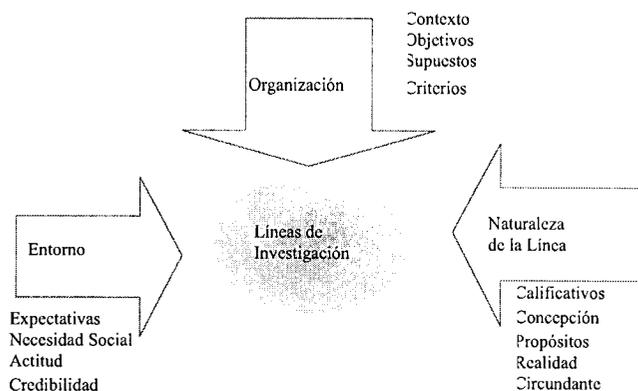


Figura 6. Factores que afectan la creación de líneas de investigación

Fuente. Elaboración propia

IV.2.2. Posibilidades en Líneas de Investigación y Proyectos

Considerando la concepción de la labor investigadora, la importancia de las líneas de investigación y los factores que afectan su creación, y sin pasar por alto, las enseñanzas emergentes de algunos de los problemas heredados de las universidades tradicionales y el contexto de investigación venezolano, se definieron las líneas de investigación y proyectos asociados que se describen en la tabla 4 (Líneas de Investigación y proyectos factibles - septiembre 2003). Dichas líneas y proyectos se enmarcan en los siguientes elementos descriptivos de acuerdo al modelo antes descrito en la figura 6:

Entorno: El entorno en el cual se desarrollan las líneas de investigación, está caracterizado por lo siguiente:

Expectativas: En el contexto de la UCAB y AUSJAL, el desarrollo de estas líneas podría contribuir en el desarrollo de las instituciones involucradas y en consecuencia, generar un impacto positivo en sus respectivos países.

Necesidad Social: Los proyectos que se plantean están enmarcados en el desarrollo de las universidades de AUSJAL lo cual establece un compromiso social natural y satisface necesidades específicas producto de las carencias sociales de los países involucrados en la investigación e interés específico de la Compañía de Jesús.

Actitud: En la actualidad, en la UCAB, no existe una cultura muy arraigada en cuanto a la investigación en la institución, aún cuando esta afirmación no implique que no se realice; en este sentido, el entorno de las líneas descritas está caracterizado por una actitud poco proactiva, por lo que las líneas deben justificarse en cuanto a los beneficios que reportarían a la misma institución, pudiendo lograr el apoyo interno y con ello beneficiando el posible apoyo externo a la UCAB.

Credibilidad: La credibilidad es el punto menos favorable que el entorno reporta actualmente, sin embargo, si se logra un cambio de actitud, la credibilidad podría mejorar rápidamente.

Organización: Resulta inevitable hablar de la organización en la caracterización del entorno antes descrito, en este caso, se destacarán solo elementos particulares, tales como:

Contexto: El contexto de la UCAB, en la actualidad está impactado por la marcada crisis económica y social, por lo que las líneas de investigación que se plantean están conscientes de la posibilidad de

desarrollo con un mínimo de recursos de financiamiento, dejando para el futuro el desarrollo de proyectos que podrían complementar las líneas y ser más costosos por su área de aplicación, en este sentido se ha hecho énfasis en la teórico en la visión general y énfasis en el caso de estudio en ámbitos académicos para el caso práctico.

Objetivos: Los objetivos de la institución están marcados por los objetivos fundamentales de toda universidad, como son, la generación de conocimiento, la difusión de conocimiento y una labor social, estos objetivos han marcado los contenidos de las líneas propuestas.

Supuestos y Criterios: Los supuestos y criterios establecidos por la institución, en este momento son muy abiertos por lo que no han sido parámetros determinantes de las líneas propuestas, destacando solo el énfasis en los criterios éticos propios de toda investigación formal.

Naturaleza de la Línea: La naturaleza de las líneas propuestas está caracterizada por abordar de manera teórica y aplicada un área de conocimiento en pleno desarrollo, en este sentido, la naturaleza propia de las líneas se caracteriza por:

Concepción: Una concepción, basada en las necesidades de conocimiento en el área, tanto para la formalización de teorías como para la documentación de experiencias y la generalización de las mismas.

Propósitos: Los propósitos de las líneas están orientados básicamente a la satisfacción de las necesidades en el área, circunscrita a las instituciones universitarias.

Realidad Circundante: La realidad circundante es tal como ha sido descrita en cuanto al entorno y la organización en la cual se desarrollan las líneas.

Calificativos: Los calificativos de las líneas se medirán de acuerdo a los proyectos que se desarrollen y los productos efectivos obtenidos que se puedan aplicar en actividades académicas (libros, guías, desarrollo de asignaturas, etc.), de desarrollo (consultoría especializada) y de investigación (desarrollo de las mismas líneas a través de nuevos proyectos o creación de líneas asociadas).

	Línea de Investigación	Posibilidad de Investigación	Justificación y características de básicas de la investigación
T E O R I A	Modelos asociados a la Gestión de Conocimiento Tácito en Universidades de AUSJAL	Establecer relaciones formales entre la Teoría de Gestión de Conocimiento y la forma de gestión del sector educativo Jesuita.	Se requiere una valoración adecuada del conocimiento que se produce y circula en las universidades y el caso de las universidades de la Compañía de Jesús ofrece características particulares
		Modelo de Valoración de Conocimiento Tácito	Se requiere definir modelos de valoración especializado para el conocimiento generado en instituciones universitarias
		La Pedagogía ignaciana del siglo XXI, como un modelo o práctica de gestión de conocimiento con miras a la virtualidad e innovación. (Sería un aporte a la educación y a la GC)	La Pedagogía Ignaciana podría ser considerada como un avance en Gestión de Conocimiento en universidades, es importante disponer de un modelo de la misma adaptado a la virtualidad e innovación del siglo XXI
		Modelo de difusión de conocimiento tácito en AUSJAL y otras asociaciones jesuitas.	Basado en un modelo de difusión de conocimiento tácito para instituciones particulares y para la asociación AUSJAL, es posible crear un modelo general que incluya otras asociaciones y universidades de la Compañía de Jesús en el mundo entero.
	Aplicación de la Gestión de Conocimiento Tácito en Universidades de AUSJAL	Dado que un elemento clave de la UCAB es la "Cultura del Diálogo", se podría estudiar la aplicación de la Gestión de Conocimiento Tácito y otros como aporte para la mejora en la transferencia y adquisición de Conocimiento a través del diálogo, todo como clave para la creación de una cultura como institución donde se combina lo religioso y laico. La cultura corporativa se hace poco homogénea y fuerte en las universidades de AUSJAL por dos aspectos, entre otros: 1.- Las universidades están presionadas por cada país, sus leyes y la compañía de Jesús; 2.- Cada universidad está constituida por un alto porcentaje de gente de formación ajena a la Compañía de Jesús y un alto porcentaje con dedicación a tiempo parcial (profesores) y por períodos reducidos hasta lograr el grado académico al que se aspire (pregrado, postgrado).	La creación de una cultura donde domine el conocimiento colectivo y este esté impregnado de los principios de la Compañía de Jesús es fundamental para el logro de las metas de la Compañía en su labor docente de investigación y extensión a la sociedad.
P R A C T I C A	Medición de factores asociados al Conocimiento Tácito en Universidades de AUSJAL	Construcción de un modelo de red virtual AUSJAL donde fluya efectivamente el conocimiento en sus diversos tipos.	La puesta en práctica de un modelo de difusión de conocimiento que aproveche la red de comunicación virtual, es una experiencia que con seguridad aportará gran cantidad de conocimiento y beneficios.

Tabla 4: Líneas de Investigación y proyectos factibles - septiembre 2003
Fuente: Elaboración propia

V. Conclusiones

V.1. Conclusiones en cuanto a los productos obtenidos.

En cuanto al estado del arte en Gestión del Conocimiento Tácito y Metodología de la investigación, elaborados en este trabajo, es importante destacar que a pesar de que han sido elaborados desde los inicios del proceso de investigación, hasta sus últimos pasos, ellos recogen visiones diversas de autores reconocidos en los tópicos tratados, sin por ello poder decir que se presenten todas las visiones de todos los expertos en sus áreas; esto sería una ambición extrema pues el saber experto se desarrolla en múltiples direcciones mientras este proyecto avanza intentando conocer la historia y el continuo desarrollo del saber, con la limitación de ser uno solo conociendo lo que muchos siguen desarrollando. La carrera por llegar a la cabeza de este desarrollo continuo es una meta difícil de alcanzar y esa es la razón fundamental para seguir adelante, conociendo cada día y contribuyendo en algún momento al desarrollo de áreas específicas del saber.

En cuanto al estado del arte en instituciones universitarias y el rol de la Compañía de Jesús, se ha intentado presentar una visión general de los aspectos que caracterizan a las instituciones universitarias en América Latina y especialmente en el caso de las universidades confiadas a la Compañía de Jesús, conscientes de la visión particular del estudio realizado en Venezuela y la dinámica de las universidades reflejada en diversas publicaciones de la UNESCO, entre otras fuentes.

En cuanto a la Gestión de Conocimiento Tácito en la UCAB y en AUSJAL, vale destacar que lo allí presentado debe ser visto como una primera aproximación al estudio de la Gestión del Conocimiento Tácito en las universidades de AUSJAL, tomando como caso de referencia a la UCAB. Los elementos allí presentados son producto de la interpretación cualitativa del estudio empírico realizado.

En cuanto al Modelo de la futura investigación propuesto, como es natural en la investigación y especialmente en el caso de la investigación cualitativa, los hallazgos del proyecto de investigación realizado conducen no sólo a un posible proyecto de investigación sino a un conjunto de proyectos que se podrían agrupar en líneas de investigación.

Como elementos adicionales no relativos a productos específicos pero si a resultados intermedios

de la investigación realizada, se considera importante comentar:

- El Conocimiento Tácito en las organizaciones es uno de los valores más importante pues él se desarrolla diariamente a través del hacer de los miembros de la organización, fusionándose con el contexto y la cultura propia de la organización, para dar origen a un tesoro por descubrir y potenciar a través de la difusión del mismo. Como conocimiento, tiene la virtud de enriquecerse al ser difundido.
- El Conocimiento Tácito como sujeto de investigación requiere de un tratamiento particular ya que al estudiarlo se corre el riesgo de convertirlo en Conocimiento Explícito, con lo cual se cambia radicalmente las características del estudio a realizar.
- La disponibilidad de recursos financieros es clave para que pueda ser factible un proyecto de investigación, ejemplo de ello es la necesidad de acceso a bibliografía especializada, expertos en diversos lugares del mundo e interacción con escenarios reales asociados al objeto de estudio.
- Aún hay mucho que explorar en el estudio del Conocimiento Tácito y su Gestión, haciendo posible nuevos paradigmas en el pensar para la resolución de problemas diversos, tal como ha ocurrido con la Teoría General de los Sistemas desde hace ya años atrás.

Con respecto a las hipótesis planteadas al iniciar esta investigación y los productos que deberían lograrse, se concluye que:

- Si hay necesidades de investigación en el área de Gestión de Conocimiento Tácito, tal como lo demuestra la propuesta de investigación futura y las líneas de investigación planteadas.
- Si hay necesidades de investigación en el área de Gestión de Conocimiento Tácito en las instituciones universitarias, tal como lo demuestra la propuesta de investigación futura y las líneas de investigación planteadas.
- La investigación en Gestión de Conocimiento Tácito se ve favorecida con la inclusión de elementos cualitativos, tal como lo demuestran las características del conocimiento tácito y de los sujetos de estudio de los métodos cualitativos.
- La investigación en Gestión de Conocimiento Tácito en universidades deben incluir factores como tecnología, cultura, contexto y motivación, esto ha sido demostrado a través de la investigación

empírica realizada de donde se obtuvo información relevante sobre el rol de la tecnología, la cultura, el contexto y la motivación de las personas, en las acciones relativas a la Gestión del Conocimiento Tácito.

- La UCAB representa un caso de referencia a partir del cual se puede obtener información en relación la existencia de Conocimiento Tácito, la existencia de proyectos de Gestión de Conocimiento, los responsables y medios de apoyo relacionados con la Gestión de Conocimiento Tácito. Determinado a partir de ello las condiciones necesarias y posibilidades para el desarrollo de proyectos de Gestión de Conocimiento en universidades de AUSJAL, lo cual ha sido comprobado a partir del estudio empírico y el estado del arte en instituciones universidades y el rol de la Compañía de Jesús, de donde se desprenden elementos importantes de Conocimiento Tácito y difusión del mismo en las universidades de la Compañía de Jesús.

En cuanto a las preguntas de investigación y la respuesta hallada a las mismas se pudo observar algunos inconvenientes en la formulación original de algunas de las preguntas, las cuales se perciben muy genéricas, tal es el caso de la primera pregunta (¿Qué se puede investigar en Gestión de Conocimiento Tácito?) y la cuarta pregunta (¿Qué variables puede contemplar una investigación en Gestión de Conocimiento Tácito en instituciones universitarias?), ambas preguntas se buscaba que condujeran a determinar las necesidades de investigación en Gestión de Conocimiento Tácito en las universidades Jesuitas de América Latina a fin de definir una investigación futura factible. Habiendo comprendido esta limitación en la respuesta esperada para ambas preguntas, se puede decir que las respuestas halladas a todas las preguntas de investigación se resumen en la siguiente tabla (Respuestas a las preguntas de investigación).

En resumen y a manera de cierre de esta investigación, se podría decir que la investigación realizada, halló respuestas a las preguntas de investigación originalmente formuladas, consiguiendo el logro de los objetivos trazados y dando posibilidades a investigaciones futuras esbozadas como resultado de esta investigación.

V.2. Conclusiones en cuanto al proceso de investigación.

El relación al proceso de investigación documental, es importante destacar la necesidad de contar con acceso diversas fuentes bibliográficas y expertos en

la materia. En el caso de esta investigación, considerando que la misma se ha realizado principalmente desde Venezuela donde el panorama político ha afectado profundamente las relaciones comerciales, la adquisición de material bibliográfico tanto impreso como digital, se ha visto limitada por las políticas de regulación de cambio monetario, afortunadamente, la fase más fuerte de la investigación documental se había hecho entre los meses de julio y diciembre de 2002. De esto se pudo concluir que una previsión importante de considerar en toda investigación, es el acceso fuentes bibliográficas y al financiamiento mínimo requerido, pues de lo contrario, la investigación se convertirá en la resolución de problemas colaterales más que de problemas propios de la investigación.

Adicionalmente, con respecto a la investigación documental, es importante tener conciencia de la diversidad de publicaciones disponibles, donde el valor de los aportes de diversos autores para la investigación en desarrollo es un aspecto importante de evaluar. Esta valoración de los hallazgos como investigaciones antecedentes, bibliografía, expertos y otras posibles fuentes de documentación, es clave para la selección del material más acertado, pudiendo dedicar tiempo de investigación a lo más valioso y dejando el resto de los hallazgos como fuentes secundarias.

En relación al estudio cualitativo realizado, se podría concluir que la investigación cualitativa requiere mucho tiempo y compromiso de parte los considerados informantes clave que en este caso fueron los llamados héroes de organización por el conocimiento que ellos manejan, este tiempo y compromiso se revierte en tiempo y dedicación de parte del investigador, pudiendo hacer uso de la tecnología electrónica en muy pocos casos y sólo cuando estos estén plenamente justificados, como fue el caso del contacto con personajes clave fuera de Venezuela, lo cual se hizo especialmente complicado, no solo por asuntos de idioma sino porque entrevistar a personas desconocidas, sobre temas no explícitos y con diferencias horarias entre países, hace la tarea más compleja y menos efectiva, aunque extiende los límites geográficos de la investigación, lo cual es una justificación suficientemente importante para las complicaciones que representa.

Otro aspecto importante con respecto al estudio cualitativo es que el mismo resulta fundamental en este caso dado que no se conocía profundamente el sujeto de estudio (característica propia del Conocimiento Tácito) y la población disponible para

Preguntas de Investigación	Respuestas a las preguntas de investigación
¿Qué se puede investigar en Gestión de Conocimiento Tácito?	Existen diversidad de áreas poco exploradas en la Gestión de Conocimiento tácito, desde la múltiple interpretación de su significado, pasando por los difusos límites entre la gestión del conocimiento y la gestión de conocimiento explícito hasta llegar a las diversas formas de aplicación de esta modalidad de gestión de conocimiento. Las posibilidades de investigación varían de acuerdo al tipo de institución en la cual se realiza el estudio, es así como en el caso de las instituciones universitarias se hayan oportunidades especiales asociadas a las misión de este tipo de institución, sea en su compromiso académico, de investigación o su rol social. En las empresas productivas, las necesidades están más orientadas a la producción de recursos financieros o la garantía de los recursos existentes. Los modelos de aplicación de la gestión de conocimiento y en particular del conocimiento tácito, abundan en cantidad, sin embargo, se requiere conocer las ventajas de cada uno de ellos en diferentes contextos, así como la necesidad de crear nuevos modelos, este tipo de estudio constituye en si una forma de gestión de conocimiento. En resumen, hay enormes posibilidades de investigación en Gestión de Conocimiento Tácito, sin embargo, la búsqueda debe acotarse, pues el planteamiento hecho de esta manera, lleva a una respuesta abierta, sin posibilidades de enumeración de las posibilidades de investigación; esta observación lleva a la reformulación de la pregunta de investigación.
¿Qué se puede investigar en Gestión de Conocimiento Tácito en instituciones universitarias?	En el caso de las instituciones universitarias, las posibilidades de investigación en Gestión de Conocimiento Tácito se basan en el énfasis académico, de investigación o de impacto social en el contexto de la institución.
¿Cuál es el método más adecuado para la investigación en Gestión de Conocimiento Tácito en instituciones universitarias?	Los métodos más adecuados para la investigación en Gestión de Conocimiento Tácito dependerán del objeto que se pretenda estudiar, siendo recomendable el uso de métodos cualitativos puros o combinados con métodos cuantitativos, dada la vulnerabilidad del conocimiento tácito a convertirse en explícito como reconocimiento de su existencia durante el proceso de investigación.
¿Qué variables puede contemplar una investigación en Gestión de Conocimiento Tácito en instituciones universitarias?	Las variables de investigación incorporadas a las investigaciones en Gestión de Conocimiento Tácito, dependen del objeto que se estudie, sin embargo, parece recomendable contemplar variables como la cultura, el contexto y la tecnología, dado su impacto directo tanto como forma de conocimiento tácito, como por su necesidad para que la gestión de conocimiento sea posible o más fluida.
Dado el acceso el posible acceso para la Investigación en las Universidades Jesuitas de América Latina (AUSJAL). ¿Qué características debería tener una investigación en dicho grupo de universidades, para ser desarrollada a partir del año siguiente de concluirse esta investigación?	Las características de una investigación futura en Gestión de Conocimiento en las universidades de AUSJAL, son presentadas como conclusión integrada de los resultados obtenidos en cada objetivo de la investigación en respuesta a las preguntas de investigación antes mencionadas.

Tabla 5: Respuestas a las preguntas de investigación
Fuente: Elaboración propia

la realización del estudio es limitada y se desconoce su extensión pues se va obteniendo del proceso de observación y entrevistas realizado, al inicio del estudio se podía prever algunos informantes clave, sin embargo, el grupo se fue desarrollando en el estudio empírico. El estudio cualitativo realizado podría ser validado en una próxima investigación a través de un estudio cuantitativo tomando como universo de estudio a la población de la universidad asociada al conocimiento tácito que se estudie en particular. En general, se podría decir que en la investigación relacionada con el Conocimiento Tácito es importante incluir fases de investigación desarrolladas con métodos cualitativos y fases basadas en estudios cuantitativos o combinaciones cualitativo/cuantitativo.

En cuanto a la metodología planteada para el desarrollo del proyecto desde su inicio hasta la presentación de este documento; para futuros proyectos, se considera importante hacer una planificación más detallada en términos del tiempo requerido para cada una de las fases, conciente del enfoque sistémico del estudio y con ello, del paralelo desarrollo de las fase de investigación documental e investigación cualitativa. Esto contribuiría a una ejecución más controlada y la posible generación de recomendaciones metodológicas para futuros proyectos, en contextos y temáticas similares.

Finalmente, un aprendizaje clave para la investigadora ha sido que no se aprende de metodología de la investigación conociendo teorías sino en la práctica sucesiva, especialmente en el caso de las metodologías cualitativas. Sin embargo, dado que la formación profesional de la autora es del área de la ingeniería y no se ha recibido formación metodológica formal, el dedicar un espacio al estudio formal y la reflexión, en torno a las metodologías de la investigación, paradigmas de investigación, modelos de investigación y otros aspectos propios de la labor investigadora; ha representado una oportunidad de conocer y hacer, lo que ha dejado la certeza de que el camino es largo y aún queda mucho por aprender tanto en la teoría como en la práctica investigadora, especialmente en especialidades cercanas a la ingeniería.

VI. Bibliografía

Libros

- AUSJAL (1996) Desafíos de América Latina y Propuesta educativa. AUSJAL-UCAB: Caracas
- AUSJAL (2001) Plan Estratégico AUSJAL 2001-2005. Publicaciones UCAB: Caracas
- AUSJAL-UCAB (1996) Desafíos de América Latina y Propuesta Educativa. Universidad Católica Andrés Bello: Caracas.
- Barceló, María (2001). Hacia una economía del conocimiento ESIC Editorial-Price Water House Coopers: Barcelona
- Benavides, Carlos A. (1998). Tecnología, innovación y empresa. Ediciones Pirámide s.a.: Madrid
- Bertrán-Quera, Miguel s.j. (1984) La Pedagogía de los Jesuitas en la Ratio Studio. Universidad Católica del Táchira: San Cristóbal.
- Bertréan-Quera, Miguel (1984) La Pedagogía de los jesuitas en la ratio studiorum. Editorial Arte: San Cristóbal-Caracas.
- Birkinshaw, Julian (2001) Making sense of Knowledge Management Ivey business journal. Marzo/Abril 2001. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Bonfadini, John (1999) Educational Research. CD-ROM Tutorial. Prentice Hall, Inc. : New Jersey.
- Buzán, T.(1998) Cómo utilizar su mente con máximo rendimiento.
- Castells, Manuel; Hall, Peter (2001) Tecnópolis del mundo. La formación de los complejos industriales del siglo XXI. Editorial Alianza: Madrid.
- Cerpe (1996) Educación de la compañía de Jesús. Documentos contemporáneos Cerpe: Caracas.
- Cerpe (2000)-1 Cuadernos Ignacianos 1 Universidad Católica Andrés Bello: Caracas
- Cerpe (2000)-2 Cuadernos Ignacianos 2 Universidad Católica Andrés Bello: Caracas
- Chacín, Migdy y Briceño, Magally (2001) Cómo generar Líneas de Investigación. Sugerencias prácticas para profesores y estudiantes. UNESR: Caracas.
- CNU, SEA y OPSU (2002) Tipología de Universidades de Venezuela.
- Compañía de Jesús (2000) Cuadernos Ignacianos 1. Pedagogía Ignaciana: Tres documentos contemporáneos. Universidad Católica Andrés Bello: Caracas.
- Compañía de Jesús (2000)-2 Cuadernos Ignacianos 2. Conferencias sobre Pedagogía Ignaciana. Universidad Católica Andrés Bello: Caracas.
- Compañía de Jesús (2001) Cuadernos Ignacianos 3. Experiencias de Dios y cultura de hoy Universidad Católica Andrés Bello: Caracas
- Compañía de Jesús (2002) Cuadernos Ignacianos 4. El laico Ignaciano Universidad Católica Andrés Bello: Caracas
- Cortada, James; Woods, John (2000) The Knowledge Management Yearbook 2000-2001. Butterworth Heinemann: Boston

- Cross, Rob; Israelit, Sam (2000) Strategic Learning in a Knowledge Economy. Individual, Collective and Organizational Learning Process. Butterworth-Heinemann: Boston
- Davenport, Thomas H.; Prusak, Laurence. (1998). Working Knowledge. How organizations manage what they Know. Harvard Business School Press: Boston
- De Viana, Mikel; Pérez, Moisés; De Diego, Luis (2002) Ser Persona: Cultura, Valores y Religión Universidad Católica Andrés Bello: Caracas.
- Denzin, Norman y Lincoln, Yvonna. (2000) Handbook of Qualitative Research. Sage Publications: London
- Harvard Business Review (2000). Gestión de Conocimiento. Ediciones Deusto: Bilbao
- Hernández, R.; Fernández C.; Baptista, P. (1998) Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill: México
- Honeycutt, Jerry (2001). Así es la Gestión del Conocimiento McGrawHill Interamericana: Madrid
- Kast Fremont E.; Rosenzweig, James (1993) Administración en las organizaciones. Enfoque de sistemas y de contingencias. Mc Graw Hill: México
- Kolvenbach, Petr-Hans. (1998) Opciones y Compromisos Provincia de Venezuela-Compañía de Jesús y Universidad Católica Andrés Bello: Caracas
- Martínez, M. (1996) La investigación cualitativa etnográfica en educación. Manual teórico-práctico. Editorial Trillas: México
- Morin, Edgar (1997) El método. La naturaleza de la naturaleza. Ediciones Cátedra: Madrid
- Morin, Edgar (1999) El método. El conocimiento del conocimiento. Ediciones Cátedra: Madrid
- Morin, Edgar (2001) El método. Las ideas. Ediciones Cátedra: Madrid
- Neumann, Hans (1994) Un punto de vista. Universidad Católica Andrés Bello: Caracas
- Píriz, Emilio (1996) El escudo de la UCAB Universidad Católica Andrés Bello: Caracas.
- Polanyi, Michal (1958) Personal Knowledge. Towards a Post-Critical Philosophy. London Routledge & Kegan Paul: Londres.
- Robbins, Stephen. (1994) Comportamiento Organizacional. Sexta Edición Prentice Hall
- Roos, Johan; Roos, Göran; Dragonetti, Incola; Edvinsson, Leit (2001). Capital Intelectual. El valor intangible de la empresa Piados Empresa: Barcelona
- Sierra, S. (1999). Tesis doctorales y trabajos de investigación científica. Editorial Paraninfo: Madrid.
- Stewart, Thomas (2001). The wealth of knowledge. Intellectual capital and the Twenty-First Century Organization Currency: New York
- Taylor, George (2000) Integrating Quantitative and Qualitative Methods in Research. University Press of America: New Cork.
- Tellechea Idígoras, José Ignacio (1996) Ignacio de Loyola. La aventura de un cristiano. Universidad Católica Andrés Bello: Caracas
- Tellechea Idígoras, José Ignacio (1998) Ignacio de Loyola. La aventura de un cristiano. Universidad Católica Andrés Bello: Caracas
- Tellechea, José (1996) Ignacio de Loyola. La aventura de un cristiano Universidad Católica Andrés Bello: Caracas.
- Tissen, René; Andriessen, Daniel; Lekanne, Frank. (2000) El valor del conocimiento. Para aumentar el rendimiento en las empresas. Prentice Hall: Madrid
- Ugalde, Luis s.j. (1999). Espiritualidad y Educación Ignaciana. Publicaciones de la Compañía de Jesús.
- Ugalde, Luis s.j. (2002) Informe del Rector al Consejo Fundacional Período 2001-2003 Universidad Católica Andrés Bello: Caracas.
- Universidad Católica Andrés Bello (2003)-3 Doctorado Honoris Causa al Padre Gustavo Sucre S.J. Universidad Católica Andrés Bello: Caracas
- Yépez C., Aureo (1994) La Universidad Católica Andrés Bello en el marco Histórico Educativo de los Jesuitas en Venezuela Universidad Católica Andrés Bello: Caracas.
- Zack, Michael (1999) Knowledge and Strategy. Butterworth-Heinemann: Boston
- Zikmund, William (2000) Business Research methods. Sexta edición. The Dryden Press: Fort Worth.
- Revistas y Publicaciones varias
- Anónimo (2000) Sharing Knowledge – and other unnatural acts Knowledge Management. Enero 2000. Pág. 78-80
- Anónimo (2001) Creating a knowledge advantage Knowledge Management. Enero 2001. Pág. 74-75
- Barth, Steve (2000) Creating online communities Knowledge Management. octubre 2000. Pág. 86-87
- Cuthbertson, Bruce (2000) Tacit Solution puts users in charge. Knowledge Management. Enero 2000. Pág. 72-73
- Eisenhart, Mary (2000) Around de virtual Water Cooler. Sustaining communities of practice takes plenty of persistence. Knowledge Management. octubre 2000. Pág. 48-52
- Ferrer G. Julián (2001) Propuesta de Tesis. La Gestión del Conocimiento en el Ámbito Universitario en Análisis Comparativo del Sistema Universitario Mexicano y Español. Material no publicado.
- Fitter, Fawn (1999) The human factor Knowledge Management. Junio 1999. Pág. 54-62
- Gill, Philip (2001) On the trail of knowledge Knowledge Management. Enero 2001. Pág. 42-46
- GIO(2003) Normas para la Elaboración de trabajos de investigación. Programa de doctorado en "Sistemas de Información en la Empresa". E.T.S.I. Telecomunicación.-UPM. Curso 2002/2003. Universidad Politécnica de Madrid.
- Roberts-Witt, Sarah (2001) Knowledge everywhere Knowledge Management. Junio 2001. Pág. 36
- Shand, Dawne (1999) Making Community Knowledge Management. Junio 1999. Pág. 64-70
- Sherman, Lee (2000) Creating useful knowledge structures Knowledge Management. octubre 2000. Pág. 82-83
- Stevens, Larry (2000) Incentives for sharing Knowledge Management. octubre 2000. Pág. 54-60

Yates, JoAnne (1999) Knowledge Sharing Through Meetings Knowledge Management. Junio 1999. Pág. 104.

Tesis Doctorales

Cummings, Jeffrey (2001) Knowledge transfer across R&D Units: An empirical investigation of the factors affecting successful knowledge transfer across intra – and – inter organizational units. George Washington University: Washington. Tomado de la Base de Datos de Tesis Doctorales Digital Dissertations ProQuest en agosto de 2002.

Cummins-Collier, Carol Diane (1998) An eleven-year comparison of academic advising at Catholic colleges and universities The University of Dayton. Tomado de la Base de Datos de Tesis Doctorales Digital Dissertations ProQuest en marzo de 2002.

Espinosa, David (1999) Jesuit higher education in post-revolutionary México: The University (1943-1971). University of California: Santa Bárbara. Tomado de la Base de Datos de Tesis Doctorales Digital Dissertations ProQuest en marzo de 2002.

Johnson, William (2001) Technological innovation and knowledge creation in R&D projects. York University: Canadá. Tomado de la Base de Datos de Tesis Doctorales Digital Dissertations ProQuest en marzo de 2002.

Lannon, Timothy (2000) Catholic identity at Jesuit universities: How do the presidents of Jesuit universities promote the schools Catholic identity? Harvard University: Harvard. Tomado de la Base de Datos de Tesis Doctorales Digital Dissertations ProQuest en marzo de 2002.

Traviss, Mary Peter (2001) The mission and culture of jesuit higher education: A comparison of strategies with the Walt Disney Company University of San Francisco: San Francisco. Tomado de la Base de Datos de Tesis Doctorales Digital Dissertations ProQuest en marzo de 2002.

Referencias electrónicas

Aaltio-Marjosola, Iris y Virolainen, Vell-Matti (2002) The Role of Leadership in Partnering Networks Supply Chain Management. Tomado de la dirección electrónica <http://www.dauphine.fr/imri/Valorisation/WP2001/WP05.pdf> en diciembre de 2002.

Abdullah, Mohd; Benest, Ian; Evans, Andy y Kimble, Chris (2002) Knowledge Modelling Techniques for Developing Knowledge Management Systems Department of Computer Science. University of York. Tomado de la dirección electrónica <http://www.cs.york.ac.uk/mis/docs/ECKM2002.pdf> en diciembre de 2002.

Abdullah, Rahman (2002) What is knowledge management? Tomado de la dirección electrónica <http://lirc.sbu.ac.uk/library/knowledgeMgt.pdf> en abril de 2002.

Addis, T.R. (2002) Knowledge science: A pragmatic approach to research in expert systems. Computer Science Department, University of Reading. Tomado de la dirección electrónica <http://www.tech.port.ac.uk/staffweb/addist/Knowledge%20Science.pdf> en noviembre de 2002.

An, Louiza; Restrepo, Luis G. (2002) Una universidad hacia la sociedad del conocimiento Tomado de la dirección electrónica: <http://luisguillermo.com/Univsc.pdf> en febrero de 2002

Anónimo (2002) Eight Lesson for Knowledge Management Success. Tomado de la dirección electrónica aifbhermes.aifb.uni-karlsruhe.de/AAAI2000/CameraReady/DOleary2ndpaper.pdf en agosto de 2002.

Anónimo (2002) Knowledge Management: A state of the art guide Director. Enero 2002. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.

Anónimo (2002) Topic 7. Knowledge Management Tomado de la dirección electrónica <http://www.is.nuigalway.ie/jbrown/BIS/FILES/Topic%2007%20Knowledge%20Mgmt.pdf> en noviembre de 2002.

Arapé, Jesús E. (1999) La medición del conocimiento ¿Fantasía o Realidad? CIED: Caracas. Tomado de la dirección electrónica: <http://www.visiongc.com/Documentos/cied%20medicion%20del%20conocimiento.pdf> en febrero de 2002.

AUSJAL (2002) Objetivos, líneas de acción comunes y listado de universidades miembros de la Asociación de Universidades Jesuitas de América Latina. Tomado de la dirección electrónica <http://www.ausjal.org> en marzo de 2002-03-25

Birkinshaw, Julian (2001) Making sense of Knowledge Management Ivey business journal. Marzo/Abril 2001. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.

Braf, Ewa (2000) A Language actino perspective on Knowledge Management LAP2000:Germany. Tomado de la dirección electrónica <http://www.ihh.hj.se/eng/research/publications/wp/2001-8.pdf> en diciembre de 2002.

Brézillon, Patrick; Pomerol, Jean-Charles. (2001) Is context a kind of collective tacit knowledge? Universidad de Paris. Tomado de la dirección electrónica www.poleia.lip6.fr/~brezil/Pages2/Publications/CSCW-2001.pdf en abril de 2002.

Busch, Peter; Richards, Debbie (2001) Visual mapping of articulable tacit knowledge Diciembre 2001. Australian Symposium on information visualisation: Sydney. Tomado de la dirección electrónica www.jrpit.flinders.edu.au/confpapers/CRPITV9Busch.pdf en abril de 2002

Cabrero, Julio y Richart, Miguel. (2002) El debate investigación cualitativa frente a investigación cuantitativa. Departamento de Enfermería. Universidad de Alicante. Tomado de la dirección electrónica http://www.fisterra.com/material/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali.htm#Bibliografía en Octubre de 2002.

Calero, Jorge Luis (2002) Investigación cualitativa y cuantitativa. Problemas no resueltos en los debates actuales. Instituto Nacional de Endocrinología. Tomado de la dirección electrónica http://www.fisterra.com/material/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali.htm#Bibliografía en octubre de 2002.

- Chan, Roy (2002) Knowledge Management for implementing ERP in SMES. Institute of Higher Learning Forum: Brisbane. Tomado de la dirección electrónica www.fit.qut.edu.au/InfoSys/ism/Papers/RCh99-1.pdf en septiembre de 2002.
- Cifuentes, Jairo (2003) Relectura De Las Conclusiones Y Reflexiones Finales Del Seminario Internacional Sobre La Ratio Studiorum Tomado de la dirección electrónica <http://eduignaciana.tripod.com/docum/relectura.rtf> en Junio de 2003.
- Clapperton, Guy (2002) Practical magic Director. Febrero 2002. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Compañía de Jesús (2003) Decretos de la Congregación General 34 relativos a Educación: 13 (colaboración con los laicos en la misión); 16 (dimensión intelectual del apostolado de la Compañía); 17 (la Compañía y la vida universitaria) y 18 (educación secundaria, primaria y popular) Tomado de la dirección electrónica <http://eduignaciana.tripod.com/docum/cg34.pdf> en Junio de 2003.
- Compañía de Jesús(2003)-2. La Pedagogía Ignaciana hoy. Introducción histórica y Pedagógica. Tomado de la dirección electrónica <http://eduignaciana.tripod.com/docs.htm> en marzo de 2003.
- Coulter, Candis (2002) The Importance of voice and its Implications for Organizations. Sonoma State University. Tomado de la dirección electrónica <https://www.sonoma.edu/users/s/smithh/odlibrary/coulterc.pdf> en noviembre de 2002
- Creech, Heather (2001) Strategic Intentions: Principles for Sustainable Development Knowledge Networks International Institute for Sustainable Development: Canadá. Tomado de la dirección electrónica iisd1.iisd.ca/pdf/2001/networks_operating_principles.pdf en Abril de 2002.
- Davidson, Carl (2002) Zen and the Art of Knowledge Management No Doubt Research:Albany. Tomado de la dirección electrónica http://www.nodoubt.co.nz/articles/zen_km.pdf en diciembre de 2002.
- DestinationKM.com(2002)-1 Knowledge Management-A State Of The Art Tomado de la dirección electrónica <http://www.destinationkm.com/articles/> en agosto de 2002.
- DestinationKM.com(2002)-2 KM Horror Stories. Tomado de la dirección electrónica <http://www.destinationkm.com/articles/> en agosto de 2002.
- DestinationKM.com(2002)-3 War for Talent. Tomado de la dirección electrónica <http://www.destinationkm.com/articles/> en agosto de 2002.
- DestinationKM.com(2002)-4 Five mistakes CKO Tomado de la dirección electrónica <http://www.destinationkm.com/articles/default.asp?ArticleID=960> en agosto de 2002.
- DestinationKM.com(2002)-5 Defining KM Tomado de la dirección electrónica <http://www.destinationkm.com/articles/default.asp?ArticleID=949> en agosto de 2002.
- DestinationKM.com(2002)-6 Five reason people don't tell what they know Tomado de la dirección electrónica <http://www.destinationkm.com/articles/default.asp?ArticleID=950> en agosto de 2002.
- Eichorn, John (2001) KMWorld 2001 conference. Information Today. Diciembre 2001. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002 en diciembre de 2002.
- Enkel, Ellen; Gibbert, Michael; Makarevitch, Alexei y Vassiliadis, Stefanos (2002) Innovation / Knowledge Creation, Customer Integration and Entering New Ventures. Tomado de la dirección electrónica [http://www.ifb.unisg.ch/org/IfB/ifbweb.nsf/SysWebResources/beitrag44/\\$FILE/DB44.pdf](http://www.ifb.unisg.ch/org/IfB/ifbweb.nsf/SysWebResources/beitrag44/$FILE/DB44.pdf) en noviembre de 2002.
- Even-Shoshan, Moshe (2002) What you don't know can hurt you World Trade. Marzo 2002. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Fernández, Pita y Díaz, Pértegas (2002) Investigación cuantitativa y cualitativa. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña (España). Tomado de la dirección electrónica http://www.fisterra.com/material/investigacion_cuantitativa_cualitativa.htm#Bibliografía en Octubre de 2002.
- Ferrer G. Julián (2001) Propuesta de Tesis. La Gestión del Conocimiento en el Ámbito Universitario en Análisis Comparativo del Sistema Universitario Mexicano y Español. Material no publicado.
- Firestone, Joseph (2000) Enterprise Knowledge Portals: What they are What they do Knowledge Management consortium international, inc. Volumen 1, número 1, octubre 15, 2000. Tomado de la dirección electrónica www.dkms.com/EKPwtawtdK111.pdf en Abril de 2002.
- Foley, Kathleen (2001) Knowledge management key to collaboration. Informationweek. Octubre 2001. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Fuchs-Kittowski, Klaus y Fuchs.Kittowski, Frank (2002) Quality of working life, knowledge-intensive work processes and creative learning organizations: Information processing paradigm versus self organization theory. University of Applied Sciences Berlin, Germany. Tomado de la dirección electrónica <http://www.isst.fhg.de/~ffuchs/WCC2002/WCC2002-Fuchs-Kittowski-SelfOrg.pdf> en noviembre de 2002.
- Futani, Andre; Dalla, Luiz y Possamai, Osmar (2002) A Model of knowledge Management to improve the quality of the product. Tomado de la dirección electrónica <http://www.ctc.ufsc.br/produto/Produto2/pdfs/Possamai%20.pdf> en diciembre de 2002.
- García, Fidel (1998) La Universidad del siglo XXI como un modelo de industria de la Información y el Conocimiento. División de Productos Informativos Electrónicos. Universidad de Camagüey: Cuba. Tomado de la dirección electrónica: http://www.gestiondelconocimiento.com/documentos2/fidel_garcia/resumen_modelo.htm en marzo de 2002
- Gertler, Meric. (2001) Tacit knowledge and the Economic Geography of context or The undefinable tacitness of being (there) Centre for International Studies. Universidad de Toronto. Tomado de la dirección electrónica www.chass.utoronto.ca/~trefler/workshop/Gertler.pdf en abril de 2002.

- Goncalves, Luis s.j. (2003) Autobiografía de San Ignacio de Loyola. Tomado de la dirección electrónica <http://www.jesuitas.es/autobiog.htm> en Junio de 2003.
- Gordon, John (2000) Creating Knowledge Maps by Exploiting Dependent Relationship ES99 Conference-Applied Knowledge Research Institute: Lancashire. Tomado de la dirección electrónica <http://www.akri.org/papers/pdf/es99a.pdf> en diciembre de 2002.
- Gordon, Lansing Alexander (2002) Cybercentrism: A teleology of knowledge management dynamics for the virtually-extended enterprise Tomado de la dirección electrónica www.zaplet.com/special/pdfs/R1.0%20Postmodern%20KM%209-7.pdf en abril de 2002
- Guenther, Kim; Braun, Ellen (2001) Knowledge Management, benefits of intranets Online Mayo/Junio 2001. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Guijt, Irene y Engel, Paul 'Hard' Or 'Soft' ... Or A Bit Of Both? Methodological Complementarity in the EU concerted Action Project. Tomado de la dirección electrónica <http://www.rimisp.cl/proyectos/96/europ/mem2.html> en octubre de 2002.
- Hales, Steve (2001) Dimensions of knowledge and its management Insighting: Cheshire-UK. Tomado de la dirección electrónica www.hyltonassoc.com/sitecontent/articles/steve-hales-dimensions-of-knowledge.pdf en abril de 2002
- Handzic, Meliha (2002) The Knowledge Management Journey Tomado de la dirección electrónica <http://www.kmrg.unsw.edu.au/teaching/KMrevision.pdf> en diciembre de 2002.
- Hoopes, Barbara (2002) DSS design and implementation KPMG and Anderson Consulting. Tomado de la dirección electrónica www.nvvc.vt.edu/bhoopes/5495/lecture9.pdf en abril de 2002
- Hortal, Jesús (2003) La Compañía de Jesús y la educación superior en América Latina y el Caribe. UNESCO. Tomado de la dirección electrónica <http://www.iesalc.unesco.org/ve/pruebaobservatorio/documentos%20pdf/3.pdf> en Junio de 2003.
- Institute for the future (1998) From information to knowledge: Harnessing the Talent of the 21 st Century Workforce. Institute for the future. Tomado de la dirección electrónica <http://www.iftf.org/html/iftflibrary/humanresources/infotoknowledge.pdf> en diciembre de 2002.
- Kaplan, Soren (2002) Strategies for Collaborative Learning. Building e-Learning and Blended Learning Communities iCohe: Cambridge. Tomado de la dirección electrónica <http://www.kmcluster.com/Articles/LearningCommunities.pdf> en diciembre de 2002.
- Kennedy, Carol (2002) Choice of the month: The Wealth of knowledge. Director. Febrero 2002. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Kessels, Joseph (2001) Learning in organizations: a Corporate curriculum for the knowledge economy Elsevier Science Ltd.: The Netherlands. Tomado de la dirección electrónica: http://www.kessels-smit.nl/Futures_Learning_in_organisations.pdf En diciembre de 2002.
- Knowledge Management (2002)-1. Executive Brief Tomado de la dirección electrónica www.info-edge.com/samples/EM-2001free.pdf en agosto de 2002.
- Knowledge Management (2002)-2 Enabling knowledge Management in retail Tomado de la dirección electrónica [houns54.clearlake.ibm.com/solutions/retail/repub.nsf/Files/know/\\$File/know.pdf](http://houns54.clearlake.ibm.com/solutions/retail/repub.nsf/Files/know/$File/know.pdf) en agosto de 2002
- Knowledge Management (2002)-3 Knowledge Management for implementing ERP in SMES. Tomado de la dirección electrónica www.fit.qut.edu.au/InfoSys/ism/Papers/RCh99-1.pdf en agosto de 2002.
- Knowledge Management (2002)-4 Knowledge Management in research and technology organizations. Tomado de la dirección electrónica www.netapp.com/tco/ftp/federal_tco_input.pdf en agosto de 2002.
- Kolvenbach (2002). Decreto jesuítico sobre las parroquias jesuíticas. Tomado de la dirección electrónica <http://www.jesuitas.es/parroquias/decretoparroquiasjesuita.html> en agosto de 2002.
- Koskinen, Kaj (2001) Tacit Knowledge as a Promoter in Technology Firms 34th Hawaii International Conference on System Sciences. Tomado de la dirección electrónica <http://computer.org/proceedings/hicss/0981/volume%204/09814015.pdf> en Julio de 2003.
- KPMG Consulting (2000) Knowledge Management Report Research 2000 KMPG Consulting. Tomado de la dirección electrónica <http://users.belgacom.net/bemas/Images/BMD2001/kmreportfinal.pdf> en agosto de 2002.
- KPMG(1999) Knowledge Management Report Research 1999 Tomado de la dirección electrónica www.kpmg.com en agosto de 2002.
- Lambe, Patrick (1999) A-Z of knowledge management The business times: Singapore. Tomado de la dirección electrónica greenchameleon.com/thoughtpieces/azofkm.pdf en abril de 2002
- Lee, Victor; Furey, Deborah (2000) Implementing knowledge management. A diagnostic approach Perspective. Issue 1. 2000. Tomado de la dirección electrónica [www.pwcglobal.com/extweb/pwcpublishations.nsf/4bd5f76b48e282738525662b00739e22/92f014728e1030bf852568a3006b19c0/\\$FILE/implementation.pdf](http://www.pwcglobal.com/extweb/pwcpublishations.nsf/4bd5f76b48e282738525662b00739e22/92f014728e1030bf852568a3006b19c0/$FILE/implementation.pdf) en abril de 2002
- Leitch, John; Rosen, Philip (2001) Knowledge Management, CKO and CKM: The keys to competitive advantage The Manchester Review. Double Issue 2001. Volumen 6. Números 2 y 3. Tomado de la dirección electrónica www.kmadvantage.com/docs/KM/KM_CKO_CKM-Keys_to_CompAdvantage.pdf en Abril de 2002
- Lesser, Eric; Prusak, Laurence (2001) Preserving knowledge in an uncertain world. Mit Sloan Management Review. Otoño 2001. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Malhotra, Yogesh (2002) Knowledge Management and Business Model Innovation. DestinationKM.com Tomado de la dirección electrónica <http://www.destinationkm.com/articles/> en agosto de 2002.

- McInerney, Claire (2002) Hot Topics: Knowledge management – a practice still defining itself. American Society for Information Science. Bulletin of the American Society for Information Science. Febrero/Marzo 2002. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Melymuka, Kathleen (2002) What have you done for me lately?: Paul Mckeon Computeworld. Marzo 2002. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Mesquita, Luis. (2002) Unifying Quantitative and Qualitative analyses in Management and Organization Research. Tomado de la dirección electrónica <http://www.iae.edu.ar/web2002/investigacion/DT03-2002.pdf> en octubre de 2002.
- Mind Tree Consulting (2002) Knowledge Management: Making it happen Mind Tree Consulting. Tomado de la dirección electrónica [http://www.softwaredioxide.com/Channels/events/Knowledge corporation/bangalore/MindTree km-MakingItHappen.pdf](http://www.softwaredioxide.com/Channels/events/Knowledge%20corporation/bangalore/MindTree%20km-MakingItHappen.pdf) en diciembre de 2002.
- Moody, Daniel (1999) Using knowledge management and the internet to support evidence based practice: a medical case study. Department of Information Systems. University of Melbourne. Tomado de la dirección electrónica <http://www2.vuw.ac.nz/acis99/Papers/PaperMoody-184.pdf> en diciembre de 2002.
- Murray, Peter (2002) Knowledge management as a sustained competitive advantage. Ivey Business Journal. Marzo/Abril 2002. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Myers, Mark (2001) Knowledge Management: How do you know what you know? Storage Application Services. Computer Technology Review. Abril 2001. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Newman, Amy (2002) Cultivating Communities of Practice. T+D. Febrero 2002. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Newman, Brian; Conrad, Kurt (1999) A framework for characterizing Knowledge Management. Methods, Practices and Technologies The Knowledge Management Forum. Primavera 1999. Tomado de la dirección electrónica www.km-forum.org/KM-Characterization-Framework.pdf en Abril de 2002
- Ortiz, Marta (2000) La teoría del conocimiento y la gestión del conocimiento. Estado de la cuestión Tomado de la dirección electrónica <http://www.gestiondelconocimiento.com/> en marzo de 2002
- Palacios M. Margarito. (2000). Aprendizaje Organizacional. Conceptos, Procesos y Estrategias. Hitos de la ciencias económico administrativas. Año 6, Número 15. Villahermosa. Tomado de la dirección electrónica: www.ujat.mx/publicaciones/hitos/15/aprendizaje.pdf
- Papmehl, Anne (2002) Employee development in a changing organization CMA management. Febrero 2002. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Parise, Salvatore (2002) Leveraging knowledge management across strategic alliances. Ivey Business Journal. Marzo/Abril 2002. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Portillo, Ruby; Cambar, Bertha (2000) De la gerencia de la información a la gerencia del conocimiento: un nuevo reto. Documents in Information Science. Tomado de la dirección electrónica: <http://www.ucongres.edu.ar/carreras/la/2001/Control%20de%20Gesti%F3n/textoc11.html> en febrero de 2002.
- Quass, Cecilia; Astrosa, Paula; Castillo, Ximena; Sistemas, Hellen; Cortés, María Soledad; Morales, Jessica; Orrego, Pablo; Pincheira, Paz y Rastello, Laurence (2003) Una experiencia didáctica: Descubriendo el proceso de la investigación cualitativa. Tomado de la dirección electrónica <http://rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/enfoques/05/articulo5.htm> en julio de 2003.
- Riedl, Reinhard (2002) Some Critical Remarks in favour of IT-Based Knowledge Management Tomado de la dirección electrónica www.ifi.unizh.ch/~riedl/riedl-4.pdf en abril de 2002
- Rivas T. Luis A.; Bonilla C., Juan C. (2002) La gestión del conocimiento de la investigación en Universidades: El caso de la Escuela de Superior de Comercio y Administración del Instituto Politécnico Nacional. Tomado de la dirección electrónica <http://www.gestiondelconocimiento.com/> en marzo de 2002
- Rivera, Olga (2002) La gestión de conocimiento en el mundo académico: ¿cómo es la universidad de la era del conocimiento?. Tomado de la dirección electrónica <http://www.gestiondelconocimiento.com/> en marzo de 2002
- Rotella, Mark (2002) Cultivating communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge. Publishers Weekly. Febrero 2002. Tomado de la base de datos de investigaciones ABI/Info en marzo de 2002.
- Sasaki, Kaoru (2002) The Next Generation Knowledge Management Department of Policy Studies. Chuo University. Tomado de la dirección electrónica <http://www.artandlanguage.org/sasaki/Dissertation.pdf> en diciembre de 2002.
- Scarbrough, Harry (2002) Knowledge Sharing. Aligning Knowledge Management with Behavior Warwick Business School: United Kingdom. Tomado de la dirección electrónica <http://www.ifslearning.com/events/fwsem/fwsem02/22-5-02/PresentationScarbrough.pdf> en diciembre de 2002.
- Sismondo, Sergio (2002). Sharing Embedded Knowledge: Positivism, Humanism or Pragmatism?. Queens University: Kingston. Tomado de la dirección electrónica http://business.queensu.ca/kbe/docs/fp_02-13.pdf en Noviembre de 2002.
- Smith, Wally y Dowell, John (1999) Travels in "I-Space": The Difusión of Disaster Management Knowledge School of Management Information Systems. Edith Cowan University: Australia. Tomado de la dirección electrónica <http://www2.vuw.ac.nz/acis99/Papers/PaperSmith-144.pdf> en diciembre de 2002.
- Sohmen, Victor (2002) Knowledge Management of Transnational Projects for Sustainable Competitive Advantage of the MNE Umea School of Business and Economics: Sweden. Tomado de la dirección <http://cm.nsysu.edu.tw/~iccm/previous/pdf/2A-3.PDF> en diciembre de 2002.

- Spender, J. (2002) Exploring uncertainty and emotion in the knowledge-based theory of the firm Open University Business School. Tomado de la dirección electrónica <http://www.isce.edu/site/Spender.pdf> en diciembre de 2002.
- Stenmark, Dick (2000) Turning Tacit Knowledge Tangible 33rd Hawaii International Conference on System Sciences. Tomado de la dirección electrónica <http://computer.org/proceedings/hicss/0493/04933/04933020.pdf?SMSESSION=NO> en Julio de 2003.
- Stenmark, Dick (2002) Information vs. Knowledge: The role of intranets in knowledge management 35th Hawaii International Conference on Systems Sciences – 2002. Tomado de la dirección electrónica http://www.viktoria.se/results/result_files/183.pdf en abril de 2002
- Svahn, Senja (2002) Review of Dynamic Capabilities: A Network Perspective Helsinki School of Economics: Helsinki. Tomado de la dirección electrónica <http://www.shh.fi/depts/marketin/centres/cers/tutorials/papers/svahnsenja.pdf> en diciembre de 2002.
- Sveiby (2002) Michael Polanyi 1891-1976. Tomado de la dirección electrónica <http://www.sveiby.com/articles/Polanyi.html> en agosto de 2002.
- Sveiby, Karl (1997) Tacit Knowledge Sveiby Knowledge Associates. Tomado de la dirección electrónica <http://www.sveiby.com/articles/Polanyi.html> en agosto de 2002.
- Swart, Juani y Pye, Annie (2002) Conceptualising organizational knowledge as collective tacit knowledge: a model of redescription Third European Conference on Organizational Knowledge. Learning and Capabilities: Atenas. Tomado de la dirección electrónica <http://www.btinternet.com/~juanimar/TacitKnowing/ID315.pdf> en noviembre de 2002.
- Ten Have, Paul (2002) The notion of member is the heart of the matter: On the role of membership knowledge in ethnomethodological inquiry. Forum: Qualitative Social Research. Volumen 3. No. 3. Septiembre 2002. Tomado de la dirección electrónica <http://www.qualitative-research.net/fgs-texte/3-02/3-02tenhave-e.pdf> en noviembre de 2002.
- Tidd, Joe; Hull, Frank (2002) Organizing for service Innovation: Best Practice or Configurations?. Science and Technology Policy Research. University of Sussex. Tomado de la dirección electrónica www.sussex.ac.uk/spru/publications/imprint/sewps/sewp77/sewp77.pdf en abril de 2002
- UNESCO (2003) Reformas e innovaciones en la educación superior en algunos países de América Latina y el Caribe. Entre los años 1998 y 2003 UNESCO: Laguna. Tomado de la dirección electrónica <http://www.iesalc.unesco.org.ve/programas/reformas/alatina/Reformas%20en%20ALatina.pdf> en Junio de 2003.
- UNESCO (2003)-2 Relevamiento de experiencias de reformas universitarias en Venezuela. Informe Final. UNESCO: Caracas. Tomado de la dirección electrónica <http://www.iesalc.unesco.org.ve/programas/reformas/Informe%20Reformas%20Venezuela%20-%20Final.pdf> en Junio de 2003.
- Universidad de Toronto (2002) Types of Organizational Knowledge Material no publicado. Tomado de la dirección electrónica choo.fis.utoronto.ca/mgt/MGT1272kc.pdf en abril de 2002
- UPM(2000)-1 Herramientas de Software de Gestión del Conocimiento. Tomado del Sistema de Gestión documental GIO/GIP. Identificado como UPM-doc_22_1
- UPM(2000)-10 Designing a knowledge management performance framework Tomado del Sistema de Gestión documental GIO/GIP. Identificado como UPM-mas_5_52_1
- UPM(2000)-11 El conocimiento tácito: lo que los ordenadores aún no pueden gestionar Tomado del Sistema de Gestión documental GIO/GIP.
- UPM(2000)-2 Tools for knowledge warehouse Tomado del Sistema de Gestión documental GIO/GIP. Identificado como UPM-mas_5_9_1
- UPM(2000)-3 Management in a global context: Prospects for the 21st century Tomado del Sistema de Gestión documental GIO/GIP. Identificado como UPM-mas_5_93_1
- UPM(2000)-4 Knowledge Management is a person to person enterprise Tomado del Sistema de Gestión documental GIO/GIP. Identificado como UPM-mas_5_11_1
- UPM(2000)-5 Sistemas de información integrados para la gestión de conocimiento Tomado del Sistema de Gestión documental GIO/GIP. Identificado como UPM-mas_5_88_1
- UPM(2000)-6 Knowledge Management in the virtual organization. Competences Management Tomado del Sistema de Gestión documental GIO/GIP. Identificado como UPM-mas_5_92_1
- UPM(2000)-7 e-learning instrumento para transferir conocimiento. Creación de conocimiento en la mediana y pequeña empresa (PYME) Tomado del Sistema de Gestión documental GIO/GIP. Identificado como UPM-mas_5_77_1
- UPM(2000)-8 Creating a Knowledge culture Tomado del Sistema de Gestión documental GIO/GIP. Identificado como UPM-mas_5_51_1
- UPM(2000)-9 Developing a culture and infrastructure to support related activity in further education institutions: a knowledge based organization perspective Tomado del Sistema de Gestión documental GIO/GIP. Identificado como UPM-mas_5_50_1
- USB(2001)-1 Organizational Knowledge Sharing And Erp: An Exploratory Assessment
- USB(2001)-2 Knowledge Creation In An Erp Project Team : The Unexpected Debilitating Impact Of Social Capital
- USB(2001)-3 A Knowledge -Based Decision Support System For Costing Job Orders
- Van der Vegte, Wilfred (2002) From data management to knowledge management. Delft University of Technology: The Netherlands. Tomado de la dirección electrónica <http://www.io.tudelft.nl/education/ide441/College%2002020918/From%20data%20management%20to%20knowledge%20management.pdf> en diciembre de 2002.

Van der Velden, Maja (2002) Knowledge facts, knowledge fiction John Wiley & Sons Ltd. Tomado de la dirección electrónica <http://www.xs4all.nl/~maja/docs/maja/jid2002.pdf> en diciembre de 2002.

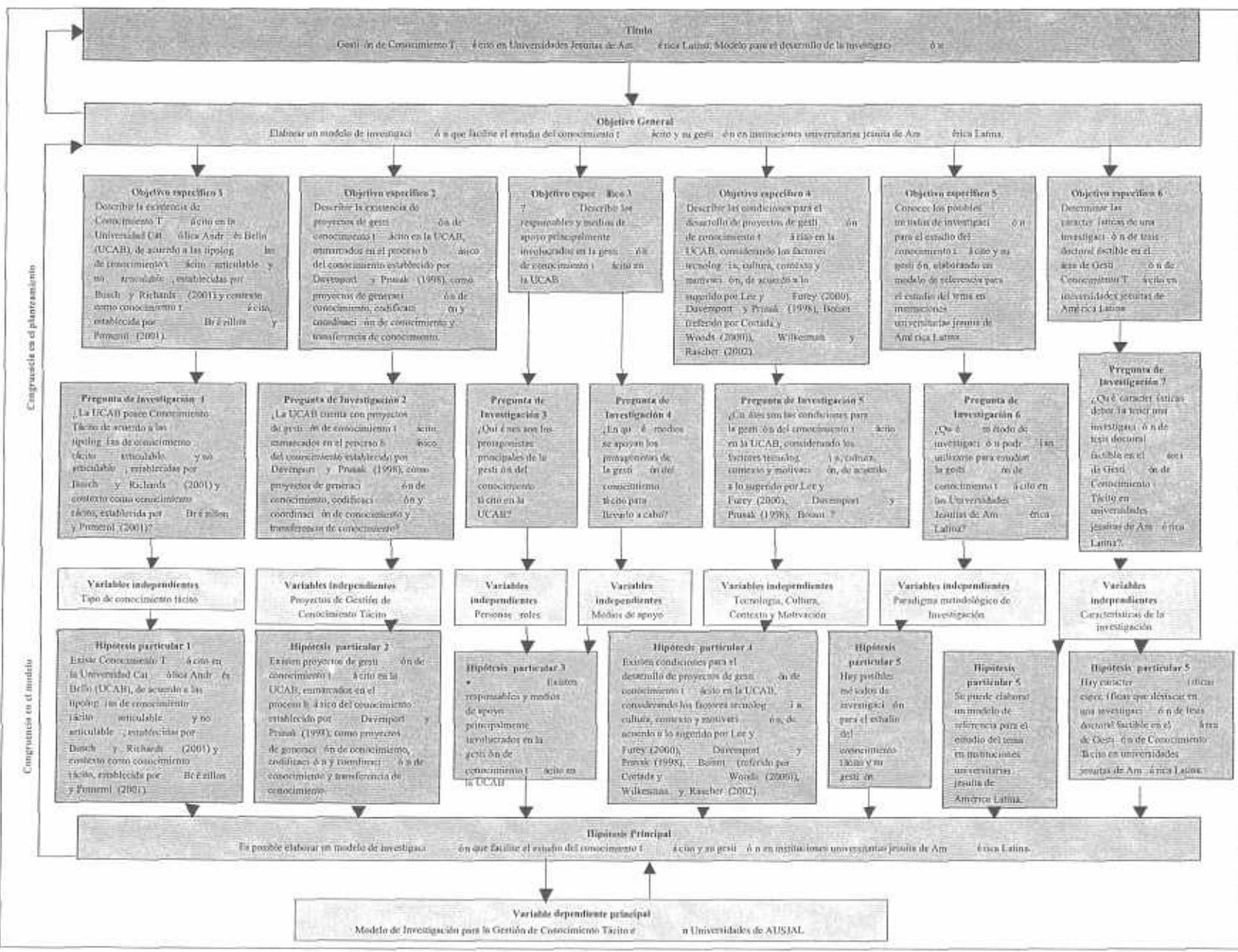
Venice International University (2001) Knowledge Management. Lecture 11. ICT for Community Management. Otoño 2001. Tomado de la dirección electrónica <http://www.viu.unive.it/courses/ict2002/documents/class11.pdf> en diciembre de 2002.

Venugopalan, Mahesh (2002) The faces of knowledge management Knowledge management group- Infosys Technologies Limited: Bangalore. Tomado de la dirección electrónica www.infy.com/knowledge_capital/thought-papers/KM_DeveloperIQ_KMFaces_final.pdf en abril de 2002

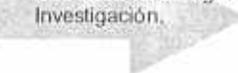
Wengenroth, Ulrich (1999) From "Science versus Art" to "Science and Art" Reflexive Modernization in Engineering Munich Center for the history of science and technology. Tomado de la dirección electrónica http://www.mzwtg.mwn.de/arbeitspapiere/we_science-art.pdf en diciembre de 2002.

Wilkesmann, Uwe; Rascher, Ingolf (2002) Motivational and structural prerequisites of knowledge management. XV congreso mundial de sociología: Brisbane. Tomado de la dirección electrónica www.ruhr-uni-bochum.de/km/WorldCongress.pdf en abril de 2002.

Anexo 1. Matriz Metodológica. Matriz de Congruencia de Planteamiento y Modelo



Anexo 2: Relación Preguntas-Hipótesis-Objetivos-Resultados

	Preguntas	Hipótesis	Objetivos	Resultados
A nivel General	<ul style="list-style-type: none"> • • • 	<ul style="list-style-type: none"> • Hay necesidades específicas de investigación en Gestión de Conocimiento Tácito en instituciones universitarias, las cuales deben ser abordadas a través de metodologías específicas que incluyan elementos cualitativos y consideren los factores tecnología, cultura, contexto y motivación, entre otros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un modelo de investigación que facilite el estudio del conocimiento tácito y su gestión en instituciones universitarias jesuita de América Latina. 	<ul style="list-style-type: none"> • • • • Definición de línea de investigación y proyectos relacionados
	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué se puede investigar en Gestión de Conocimiento Tácito? 	<ul style="list-style-type: none"> • Hay necesidades específicas de investigación en Gestión de Conocimiento Tácito. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer el estado del arte en Gestión de Conocimiento Tácito. 	<ul style="list-style-type: none"> •  • • • Un capítulo de Estado del arte en Gestión de Conocimiento Tácito.
	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué se puede investigar en Gestión de Conocimiento Tácito en instituciones universitarias? 	<ul style="list-style-type: none"> • Hay necesidades específicas de investigación en Gestión de Conocimiento Tácito en instituciones universitarias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer el estado del arte en Gestión de Conocimiento Tácito. 	<ul style="list-style-type: none"> •  • Un capítulo de Estado del arte en Gestión de Conocimiento Tácito.
	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el método más adecuado para la investigación en Gestión de Conocimiento Tácito en instituciones universitarias? 	<ul style="list-style-type: none"> • La Investigación en Gestión de Conocimiento Tácito requiere métodos específicos que deben incluir elementos cualitativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer el estado del arte en metodología de la investigación aplicable a la investigación en Gestión de Conocimiento Tácito. 	<ul style="list-style-type: none"> •  • Un capítulo de Estado del arte en Metodología de la Investigación.