N° 13 - 2010

tekhné

Revista de la Facultad de Ingeniería

ISNN 1316-3930 • Depósito Legal Pp97-0007 • REVENCYT: RVT004 • LATINDEX: Folio 16784

Universidad Católica Andrés Bello

Caracas, Venezuela

tekhné
Revista de Ingeniería

Rector
Luis Ugalde, s.j.
Vicerrectora Académica
Silvana Campagnaro
Vicerrector Administrativo
Rafael Hernández Sánchez-Ocaña
Decano de la Facultad de Ingeniería
José Ochoa Iturbe
Secretaria
María Isabel Martínez
Director de la Revista
Dr. Wilmer Pereira
Jefe de Redacción
Lic. Neveska Rodríguez

Consejo Editorial
Profesora María Barreiro
Profesor Iñaki Mendizábal
Profesor Henry Gasparin
Profesora Abraham Serruya
Profesor Manuel Gaspar

Producción
Publicaciones UCAB
Diseño y Composición
Publicaciones UCAB
Diagramación
Isabel Valdivieso
Impresión
Editorial Texto

Diseño de Portada
Jhon Bruzual / Alexandra Loginow
Foto de Portada
Rowan Lozada

REVENCYT: RVT004
LATINDEX: FOLIO 16784

Depósito legal
Pp 97-0007
ISSN: 1316-3930

Página web de Tekhne
http://www.ucab.edu.ve/revista-tekhne.html

Revista virtual
http://www.ucab.edu.ve/tekhne.html

Urb. Montalbán-La Vega, UCAB, edif. Laboratorios, PB.
Facultad de Ingeniería. Apartado Postal 27.068.
Caracas-Venezuela. Teléfonos: 0212-4074484 / 4436
tekhne.revista@gmail.com

Publicaciones UCAB
Edificio de Biblioteca, tercer piso
Montalbán - La Vega
Apartado 20.332
Caracas 1020 - Venezuela
Telf: 407.12.08 Fax: 407.13.51

tekhné

Revista de Ingeniería

Universidad Católica Andrés Bello
Facultad de Ingeniería

no. 13

Editorial 3

E S T U D I O S

1. "Algunas ideas sobre formas cuadráticas en la ingeniería estructural, una posible línea de investigación que no requiere de grandes inversiones en infraestructuras y equipos" Ingeniero Mario Paparoni M. 5
2. "Calificación Difusa en Cubos OLAP". MSc. Rosseline Rodríguez / PhD. Leonid Tineo /PhD. Angélica Urrutia 12
3. "Diseño de propuestas para mejorar la productividad en una línea de envasado en una empresa productora de bebidas de consumo masivo" Ingeniero Ana Paula Garzón 31
4. "Evaluación y Propuesta de Mejora de la Eficiencia Energética de un Edificio de Oficinas Ubicado en Caracas, según la Metodología del Centro de Asesoramiento Industrial" Ingeniero María Elena Rangel / Ingeniero Alirio Villanueva 45
5. "Desarrollo de un ambiente de programación paralelo para la ejecución de aplicaciones en C y JAVA" Ingeniero Maricelys Blanco Gutiérrez / Ingeniero Saúl Buitrago 61
6. "Razonamiento Médico Diagnóstico" Ingeniero Ana I. Aguilera / Ingeniero Alberto R. Subero 71
7. "Interpretación de procesos y problemas en ingeniería mediante el eneagrama" Ingeniero Arnaldo Gutiérrez 83

Índices por Área 90

Normas de Publicación 100

Planilla de Evaluación 103

Universidad Católica Andrés Bello
Depto. de Adquisiciones
Caracas

CONSEJO EDITORIAL

Profesora María Barreiro
Profesor Iñaki Mendizábal
Profesor Henry Gasparin
Profesor Abraham Serruya
Profesor Manuel Gaspar

DIRECTOR DE LA REVISTA

Profesor Wilmer Pereira

JEFE DE REDACCIÓN

Profesora Neveska Rodríguez

COMISIÓN DE ARBITRAJE

Profesor Wilmer Pereira
Profesor Carlos Englert
Profesor Hugo Pérez
Profesor Pedro Carrillo
Profesora María Barreiro
Profesor Arnaldo Gutiérrez
Profesor Denis Rodríguez
Profesora Rosaura Paladino
Profesor Nelson Rodríguez
Profesor Henry Gasparin
Profesor Ricardo Casanova
Profesora Carolina Martínez
Profesora Lucia Cardoso
Profesor Luis Gutiérrez
Profesor Guillermo García
Profesora María Esther Vidal
Profesor José Tomás Cadenas
Profesor Alirio Villanueva
Profesor Joao de Gouveia
Profesor Alexander Álvarez
Profesor Gustavo González
Profesor Hernán Díaz
Profesor Ricardo González
Profesor Eduardo Blanco
Profesora Yudith Cardinale
Profesor José Pirrone

REVISTA
TEKHNÉ

EDITORIAL

Al cierre del año 2009, a pesar de las dificultades económicas, hemos logrado montar dos números con artículos en diversas áreas de la ingeniería. Al igual que en el Vol. 12 N. 1, en este segundo número, tenemos una buena cantidad de contribuciones de investigadores no ucabistas, es decir, continúa el proceso de hacernos conocer por los profesores e investigadores a nivel nacional. Uno de nuestros objetivos es situarnos, junto con la Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela y la Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia, como un órgano de difusión que permita a los investigadores avalados por el PPI, publicar sus resultados. Para ello, es necesario pasar todo el procedimiento de revisión que nos permita convertirnos en una revista tipo A. Este aval lo otorga, en Venezuela, el Fonacyt para aquellas revistas con procesos de revisión y puesta en página rigurosos y cuyos artículos sean de calidad y con aporte original.

Por otro lado, durante las discusiones del comité editorial, se aprobó la definición de un comité asesor formado por investigadores de prestigio a nivel nacional quienes nos apoyarán en el trabajo de difusión y revisión de Tekhné. Este comité lo conformarán cuatro especialistas en las áreas de Ingeniería Civil, Industrial, Informática y Telecomunicaciones, las cuales, son áreas del conocimiento que se consideran prioritarias en la Universidad Católica Andrés Bello.

Además del proceso de indixación, que prosigue su curso, tenemos diversos proyectos para la revista como: la publicación de artículos premiados en conferencias nacionales o a nivel latinoamericano. Esto además de apoyar eventos nacionales y regionales, contribuye a divulgar los buenos resultados por diferentes vías. Hemos considerado también la posibilidad de montar un evento científico nacional anual o cada dos años y que el órgano de difusión y divulgación sea la revista Tekhné. Esto depende de fuentes de financiamiento diversas y de un esfuerzo mancomunado no solo de la Facultad de Ingeniería de la UCAB sino de la comunidad científica nacional. Este proyecto es sin duda a largo plazo, en el cual se deben cumplir varias condiciones para que se cristalice, sea exitoso y con persistencia en el tiempo.

Por último, extendemos la invitación a todos los investigadores que deseen difundir sus trabajos de investigación en la revista Tekhné, pues con ello apoyamos nuestros medios de difusión a nivel nacional y asi se consolida una comunidad científica activa y cohesionada.

Prof. Wilmer Pereira

Universidad Católica Andrés Bello
Dpto. de Adquisiciones
Caracas

MISIÓN

La revista Tekhné es un órgano de divulgación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica "Andrés Bello" que con una periodicidad semestral, contribuirá a difundir aportes originales de investigadores propios, así como de otras instituciones, nacionales e internacionales cuyos estudios están referidos a temas de investigación, conocimiento, proyectos comunitarios y otros asuntos vinculados con el ámbito de la Ingeniería.

VISIÓN

La revista Tekhné aspira a ser una referencia de primer orden nacional e internacional como medio de divulgación de las propuestas en materia de investigación, diseño tecnológico y conocimiento especializado que la ingeniería aporta para solucionar problemas complejos, y como mecanismo para facilitar la apropiación social del conocimiento.

OBJETIVOS DE LA REVISTA TEKHNE

Los objetivos de la Revista Tekhné son los siguientes:

- Difundir las investigaciones realizadas por las diferentes unidades o miembros de la Facultad de Ingeniería de la UCAB, tanto en el ámbito nacional, como latinoamericano e internacional.
- Promover el estudio y reflexión sobre el dominio de conocimientos vinculado a la ingeniería en sus diversas especialidades.
- Fortalecer el conocimiento de la realidad venezolana, latinoamericana y mundial por medio de la difusión de investigaciones originales.
- Fomentar la discusión y debate sobre problemas de investigación en el dominio de conocimientos e investigación vinculada a la ingeniería.
- Promover la investigación y evaluación de proyectos comunitarios orientados a buscar soluciones a los problemas que afectan a los sectores sociales más necesitados.
- Promover la inclusión de artículos de investigadores nacionales e internacionales que no formen parte del cuerpo docente y de investigación de la UCAB.

ALGUNAS IDEAS SOBRE FORMAS CUADRÁTICAS EN LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL, UNA POSIBLE LÍNEA DE INVESTIGACIÓN QUE NO REQUIERE DE GRANDES INVERSIONES EN INFRAESTRUCTURAS Y EQUIPOS

Resumen:

Se plantea una proposición genérica de investigaciones relacionadas con el comportamiento de estructuras de edificios, en especial su respuesta sistémica ante solicitaciones cíclicas (fuerzas rotantes) que produzcan efectos traslacionales y torsionales también cíclicos en las estructuras totales o en partes de ellas. Se pretende representar las respuestas globales del sistema y las particulares de sus componentes, a través de diagramas o mapas que permitan visualizar los efectos de esas solicitaciones, sus conductas peculiares y sus funciones de respuesta, todas ellas descriptibles por formas cuadráticas. En última instancia, lo que se busca es plantear reglas de decisión y metodologías de representación que permitan optimizar esas estructuras y revelar también la influencia negativa de configuraciones particulares indeseables, hoy de moda. Algunas de las referencias a investigaciones ya realizadas han logrado ya algunos de los objetivos aquí propuestos. Los procesos de diseño pueden, con los resultados buscados o logrados, ser considerablemente simplificados al utilizar los viejos conceptos de núcleos centrales de respuesta o la Elipse de Culmann, vieja pero no olvidada, de la cual se derivan.

■ Mario Paparoni M.
email: mpapar@cantv.net
Universidad Metropolitana, Venezuela
Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela
Universidad Central de Venezuela

Fecha de Recepción: 20 de septiembre de 2008
Fecha de Aceptación: 7 de abril de 2009

Universidad Católica Andrés Bello
Dpto. de Adquisiciones
MARACAS

Summary:

A Generic Research Proposal related to the systemic and detailed behaviour of structural frames subjected to Rotating Seismic Forces. As a goal, it is expected to obtain both the global and local response of such frames and the particular functions describing such responses, all of them quadratic forms or related to them (Conics, Conicoids, Cardiods, Limaçons). Such functions allow the visual representation of the structural efects of the seismic forces or vertical loads. As a final goal, decision rules and optimization procedures have or can be developed. Some of the references mentioned have already achieved some of these goals. Design processes can also be substantially simplified, by following the results of this endeavour, some of them already known, others ought to be found through this proposed research, employing the old concepts of central response nuclei or their generator, the Culmann ellipse, old but not forgotten

Este artículo trata de expresar algunas ideas sobre una manera de ver la Ingeniería Estructural que no es la que hoy está en boga, trataremos de ligar algo viejo con algo nuevo, ya que de ello se pueden derivar cosas útiles como herramientas de pensamiento.

Históricamente, la ingeniería estructural adquirió una base teórica firme y propia en el último cuarto del Siglo XIX, mayormente por investigadores o ingenieros europeos, algunos de los cuales mencionamos a menudo en nuestras clases, por ejemplo los nombres de Maxwell, Betti, Castigliano, Mohr, Saint-Venant, Navier, Culmann, Müller-Breslau, Cremona, etc., Otros nombres que constantemente manejamos pertenecen a Matemáticos, no a ingenieros, tales como Laplace, Fourier, Sylvester, Hamilton, Klein, Cauchy, etc.

Esa base firme formó parte de la casi totalidad de los Curricula de Ingeniería en los paises europeos, y en parte menor en U.S.A., en donde el espíritu pragmático que los caracteriza hizo predominar totalmente metodologías fundamentalmente instrumentales, es decir la enseñanza de fórmulas, procedimientos y normas que no tenían porque apegarse a teorías generales de tipo geométrico o algebraico de uso totalmente general como lo eran las que fueron desarrolladas en el último cuarto del XIX en Europa.

En algunos países europeos en donde la ingeniería se sigue enseñando todavía sin haber descartado totalmente esa herencia, todavía se enseñan y utilizan en la práctica esas bases.

El Siglo XX para las Estructuras se caracterizó por la creación de una enorme cantidad de métodos Analíticos, es decir los que se ocupaban de los detalles cotidianos referentes a secciones y a miembros, dejando paulatinamente de lado los aspectos sistémicos, lo que equivale a decir que casi no se buscaron más teorías unificadoras o visiones generales de los problemas estructurales.

A mediados del Siglo XX las viejas ideas sufrieron un gran golpe al surgir los computadores y el empleo "ciego" de los Análisis matriciales. Ciego en dos sentidos, el ver a las Matrices como simples operadores algebraicos y el haber creado programas que permiten a cualquier ignoramus creerse ingeniero estructural por el solo hecho de saber analizar estructuras con un programa no suyo, muchas veces sin saber que significa físicamente lo que hace, y cómo ocurren esos análisis en el interior de las Computadoras.

Esto es un hecho curioso, pues para muchas otras disciplinas, justo hacia ese inicio del medio siglo XX final, surgió un movimiento que podemos llamar Sistémico, el cual busca un reduccionismo extremo en la cantidad de parámetros que tenemos que manejar para PENSAR y para SABER ACTUAR.

Quien esto escribe tuvo la suerte de formarse en su bachillerato, en sus pregrados y en su post-grado, con profesores Europeos, posteriormente le tocó la suerte de participar como investigador en el M.I.T. en un trabajo conjunto sobre Modelos Estructurales, y más tarde en la aplicación de los criterios de ambas escuelas, la europea y la norteamericana, en la realización práctica de proyectos estructurales.

También formó parte del Council on Tall Buildings and Urban Habitat , del cual surgió la publicación de una Monografía sobre el diseño de Edificios Altos. Monografía que cubrió mas de 130 aspectos influyentes en su diseño, de una manera Global y Sistémica. Fuí coordinador y coautor de uno de esos capítulos y coautor de otro.

Más tarde, como profesor le ha tocado vivir la era del '"encogimiento" de las enseñanzas ingenieriles para dar paso a otras disciplinas más pragmáticas, más de moda o más creadoras de "Imagen", o simplemente, más rentables en dinero.

Esas influencias lo convencieron de un hecho patente pero difícil de ver, el crecimiento exponencial de conocimientos APARENTEMENTE inconexos, logrando así que las carreras ahora se extienden prácticamente por un decenio o más, antes de que el Profesional

pueda dominar su campo, y además, que lo que enseñamos, con la sola excepción de las materias que se centran en principios básicos, se fosiliza con extrema rapidez, pues las cargas docentes que hay que soportar para hacer económicamente viable nuestra profesión de docentes, no nos dan casi tiempo para "Alcanzar lo que se nos escapa continuamente", con más horas y más alumnos cada vez.

Hace ya varios años, comencé una línea de trabajo que he mantenido desde entonces, buscar el entender LOS POR QUÉ de lo que hacemos, y luego CONDENSAR, esos conocimientos en la MENOR CANTIDAD POSIBLE DE PARÁMETROS NUMÉRICOS.

Las conclusiones que hemos alcanzado se basan en los resultados de los últimos cinco años de trabajo propio sobre el tema del comportamiento estático de los edificios como SISTEMAS. Debo decir, además, que no he encontrado ni en las publicaciones usuales, ni en la internet, trabajos que se asemejen a los ya hechos, por lo tanto la bibliografía que puedo dar contiene más trabajos propios y más referencias a ciencias básicas que lo que posiblemente se espera usualmente de una investigación, en que se remache con más trabajos lo que ya se sabe con firmeza,

En esa investigaciones se han podido comprobar varias cosas 1) Todo problema Estructural de Edificaciones tiene asociada una forma cuadrática (Cónicas, Conicoides)

2) Todo Problema estructural termina siendo una 'transformación de espacios', y esas transformaciones son o AFINES o PROYECTIVAS. 3) La mejor manera de entender el comportamiento sistémico de estructuras es estudiar Álgebra Lineal; Geometría Afin y Geometría Proyectiva. Ellas ya contienen LOS PRINCIPIOS ESTRUCTURALES.

Me limitaré a mencionar los TEG realizados en la UCAB y en la UNIMET por Gleem Miralles; Adriana González; Daniela Chacón; Alicia Aranda y Carolina Medina; Susan Villalobos; Pedro Jiménez; Antonio Osteicoechea; Rafael Nossa; Adriana González; Alejandra Ortiz y Elizabeth Gonçalves, Ali Carmona, Ana Millán, Felipe Velázquez, Isabel Muller, Manuela Sáenz entre otros. Ellos evidencian claramente lo ya dicho. También se ha logrado conectar la misma investigación en las dos universidades (UNIMET Y UCAB) a través de ellos.

A lo largo de esos trabajos se han podido comprobar estas afirmaciones:

1) Todas las metodologías de Cálculo Estructural que se enseñan o se han enseñado hasta ahora son variantes de una misma cosa (Cross, Rotaciones, Trabajos Virtuales, Takabeya, Kani, Métodos Matriciales). (Villalobos)
2) Toda Matriz de Rigidez o de Flexibilidad contiene "embebidas en ellas" formas cuadráticas (Rodríguez, Osteicoechea, Chacón)
3) Los Conceptos de cálculo que manejamos al tratar secciones de vigas y secciones de plantas de Edificios son los mismos, a pesar de las aparentes diferencias. (Gonçalves, Aranda y Medina, Miralles, Carmona, Millán, Velazquez, Ortiz)
4) Hay fenómenos conectados con el uso común del Círculo de Mohr: a) Momentos de Inercia de secciones de vigas, b) Rigideces plantares de Edificios, c) Variación de tensiones en secciones de vigas, d) Envolventes de resistencia para materiales granulares.
5) Autovalores y Autovectores de matrices de uso común en los casos anteriores.
6) Las leyes de las Matrices Matemáticas no aplican necesariamente en las Matrices Físicas (estructurales, etc.,)

Investigaciones propuestas y posibles dentro de esta línea:

A través de Trabajos Especiales de Grado, o bien utilizando el mecanismo de Becas-Trabajo o Ayudantías, demostrar con una serie de Ejemplos Pedagógicos que los siguientes conocimientos son nuevos y aplicables, aunque se deriven de cosas muy viejas

1) La existencia del Concepto de Núcleo Central de resistencia para Solicitaciones Flexo-Torsionales de Edificios, con reglas casi idénticas a las del Clásico núcleo central de la Resistencia de materiales. Núcleos Homotéticos, Núcleos dependientes de Relaciones de Rigideces Generales de un Edificio (Rigideces Traslacionales y Rigideces Torsionales)
2) La aplicación de la Geometría Proyectiva (conceptos de Polos y Polares) y de la Geometría Afin (Transformaciones de

Coordenadas o de Formas) a Problemas estructurales. Comprensión de la naturaleza de las relaciones Fuerzas-Deflexiones-Giros en estructuras de Edificios

3) Reimplantar los conceptos contenidos en la Llamada Elipse de Culmann o Elipse de Elasticidad a los problemas modernos, y uso de la misma para cuantificar irregularidades estructurales de estructuraciones. Generalizar otras elipses derivables de ella y no utilizadas aún en forma general.
4) Plantear la posibilidad de utilizar medios Geométricos Clásicos para el precálculo de Vigas Presforzadas. Variantes de metodologías de Optimización.

Para ello se requiere:

1) Utilizar Programas como el SAP 2000 o el ETABS, los cuales permiten generar poblaciones virtuales de estructuras que pueden ser manejadas como si fuesen reales.

2) Contar o con Tesistas o con Becas-Trabajo para ir recopilando los resultados ya obtenidos y los que que se obtengan en esta investigación. De paso, se ha comprobado que los tesistas adquieren destrezas que no conocían, estimulados por el placer de crear cosas nuevas.

Estas ideas o propuestas son susceptibles de convertirse en programas de investigación, que aunque sean totalmente Teóricos o Virtuales, llevan al desarrollo de muchas Reglas de Decisión Simples y al Manejo de nuevos Parámetros Estructurales Sistémicos, tales que nos permitan Condensar y Simplificar los complejos comportamientos de las estructuras de Edificios y generar métodos para distinguir y calibrar numéricamente distintas configuraciones estructurales.

Este artículo no pretende entrar en detalles sobre lo ya encontrado, es sólo una propuesta para realizar tareas de investigación compartibles entre varias universidades, sin tener que apelar a grandes inversiones en laboratorios, pues se ha demostrado que estos últimos no son rentables para una universidad pero sí lo son si ofrecen servicios de experimentación compartibles entre varios grupos universitarios o industriales.

Su valor docente, también se ha demostrado en la práctica.

No mencionamos bibliografías específicas para estos posibles programas, pero ellas son asequibles tanto en la biblioteca de la UCAB como en la biblioteca de la UNIMET.

MP 2/10/09

I)Bibliografía de respaldo utilizada.

Haremos un Listado de los trabajos anteriores que sirvieron de camino en este tema y libros consultados, mencionando primero algunos de los frutos ya existentes de estas investigaciones, y nos limitaremos a los trabajos más recientes que se han producido, personalmente o bajo nuestra dirección, comentando brevemente sus contenidos

1) 2004: **Quadratic Forms as Functional Representations of Loading Cases for Seismic Design**. 13th World Congress of Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, August 1-4 2004, Paper N° 3053. Publicado en Proceedings del Congreso. M.Paparoni y Daniela Chacón. Trabajo basado en un TEG de la UNIMET.

Este Trabajo muestra cómo unos procedimientos numéricos sumamente laboriosos y difíciles de visualizar, los cuales forman parte de cualquier proyecto moderno de Edificios, pueden ser manejados exclusivamente con Elipses (una forma Cuadrática). De este modo, 130 casos de carga se pueden representar con una sola elipse determinada por sólo 5 de ellos para el caso sísmico más dos vectores que representan las cargas verticales y la Torsión.

2) Formas Cuadráticas en el Análisis Estructural

TEG dirigido por M. Paparoni. Autor: Antonio Osteicoechea, UCAB. Junio del 2006.

Este TEG confirma y perfecciona los resultados obtenidos por un TEG anterior realizado en la UNIMET por Pedro Jiménez, Tutor: M. Paparoni, 2004, titulado Extensión del Método Matricial Simplificado en Tres Dimensiones (Miembros Prismáticos rectilíneos).

En este Trabajo se logró demostrar, a través de procedimientos algebraicos, manejando en forma simbólica y no en forma numérica las matrices, que TODA matriz de Rigidez (y sus inversas, las Matrices de Flexibilidad) contienen embebidas en sus formulaciones

formas cuadráticas cerradas. Específicamente, elipsoides. De acuerdo a comentarios recibidos de colegas italianos en congresos a los cuales he asistido, esta afirmación no parece haber tenido pecedentes, en otras palabras, es ORIGINAL y es ÚTIL, pues cada nodo de una estructura, por compleja que sea tiene una relación Fuerza-desplazamiento representable por un Elipsoide orientado de cierta forma en el espacio. LA ELIPSE DE ELASTICIDAD NO ES SÓLO UNA PROPIEDAD DEL SISTEMA ESTRUCTURAL O DE PARTES DE ÉL, SINO QUE APARECE TAMBIÉN EN CADA NODO.

3) Empleo de Formas Cuadráticas y del Círculo de Mohr para Cuantificar y Comprender los Efectos de la Distribución Irregular de rigideces en Plantas de Edificios. Internet. Asociacion Mexicana del Presfuerzo y la Prefabricación.

Conferencia Magistral dictada por invitación en el 2° Encuentro Latinoamericano de Estructuras Prefabricadas. 1er Congreso Internacional. Veracruz, México, 11 al 13 de Octubre del 2006.

Este trabajo, hasta ahora, parece ser el único que se ha ocupado de este tema y que ha sido publicado en la Internet por la Universidad de Veracruz y por Annipac. He dedicado varias horas a explorar Internet, junto con mis tesistas de la Católica y tal parece que no hay más artículos publicados en la red sobre esto. Se deduce que el tratamiento es ORIGINAL, y no se tomó de trabajos ajenos. Contiene referencias a varios trabajos anteriores nuestros y constituye una prueba de la originalidad de las relaciones encontradas.

4) TEG Volúmenes de Interacción para Secciones Diseñadas con Tensiones admisibles. Aplicación: Estructuras de Acero. TEG de Alejandra Ortiz Guerra (Febrero del 2008). Tutor: Mario Paparoni. UNIMET.

Este TEG generaliza al espacio lo conocido y todavía enseñado en los textos europeos de Resistencia de materiales sobre el concepto de núcleo central de una sección cualquiera (plana) de una viga de material homogéneo, es decir la posibilidad de derivar la forma de dicho núcleo utilizando la elipse de radios de giro y las polares de los vértices salientes del contorno de esa sección, y de allí luego derivar el Volumen de Interacción T ridimensional que nos indique las capacidades admisibles de dicha sección ante solicitaciones Axiales y Momentos orientados según cualquier azimut relativo a la sección. Este proceso permite prescindir de los tediosos cálculos necesarios para determinar esas capacidades en secciones de Acero. También define a los diagramas de interacción como objetos descriptibles por las propiedades geométricas que deben poseer, con independencia de las metodologías de obtención.

5) TEG Flexo-Torsión en Edificios Monoplantares y sus Elipses de Elasticidad.

TEG de la Universidad Metropolitana, Autor: Elizabeth Gonçalves. Tutor: Mario Paparoni. Caracas Julio del 2008.

Este TEG se basó en dos TEG anteriores, el de Alicia Aranda y Carolina Medina UCAB. (2007) y el de Pedro Jiménez, UNIMET (2005), ambos tutoreados por M. Paparoni;

Se logró desarrollar una Teoría y un Procedimieno Práctico para obtener un serie de seis Elipses (formas cuadráticas) caracterizadoras de una planta de Edificios. La Elipse de Deflexiones, La Elipse de Rigidez, La Elipse de Flexibilidad, La Elipse de Radios de Giro al Cuadrado, La Elipse de Radios de Giro (elipse de Culmann) y la Elipse de Torsión. Además quedó claro que el núcleo central de torsión de una planta es una elipse con segmentos periféricos excluídos limitados por las polares del punto de intersección de la recta normal que va del centro de rigidez de la planta a la traza de cada pórtico que sea externo a la elipse de radios de giro. Esto Resuelve de manera general el problema del manejo de la Torsión Sísmica en el diseño de edificios.

6) **TEG: "Estudio de las Orientaciones de las Máximas Fuerzas Axiales de Columnas que se Generan en Edificios al Calcularlos con Fuerzas Horizontales Rotantes"**. Se buscan diagramas polares del tipo dirección de la fuerza horizontal externa vs respuestas de las columnas, (también son formas cuadráticas, círculos u elipses, usando diagramas polares) Isabel Müller y Manuela Sáenz. UNIMET enero 2009.

7) TEG "Estrategias para la Optimización de Estructuras Irregulares en Planta". Alí José Carmona Martínez ; Emma Andrea costa Franco. UCAB. Marzo del 2009.

Este trabajo analiza y perfecciona los TEG antes citados y plantea una metodología sistemática de solución para este tipo de problemas. Encuentra tipologías estructurales particularmente complejas como las plantas curvadas con pórticos radiales convergentes y Pórticos tangenciales concéntricos. También trata un cierto número de plantas "normales" con variantes usuales. Muestra ciertos comportamientos extraños de algunos programas de análisis usuales. Deja abiertas nuevas líneas de investigación sobre las anomalías

identificadas en este trabajo. Perfecciona aspectos que o fueron dudosos o no completamente resueltos en trabajos precedentes.

II) Bibliografía extraída de la internet, relacionada con los conceptos geométricos que han sido manejados en estos trabajos.

Como se trata de temas que utililizan las Geometrías Euclidiana, Proyectiva y Afin como instrumentos de investigación, se presenta una lista de informaciones obtenibles por Internet, suministrando las direcciones de los sitios identificados y visitados.

1) **Riflettendo sulla vita de Karl Culmann.** Umberto Bartisan. Matteo Guardini

http:// www. tecnologos.it/ Articoli/articoli/ numero_001b/CULMANN.asp.

Artículo de tipo histórico que nos describe cómo era la ingeniería estructural en Europa a fines del siglo XIX y cómo se apoyó inicialmente en los métodos geométricos, en lugar de los métodos analíticos. Culmann aparece como el inventor de la Elipse de Elasticidad.

2) http://www.itis meucci.it/html/corradobrogi/VI/ VI-071.htm/

L'elisse d'inerzia pag. 71.Vol 6.. Raggio giratore d'inerzia pág 72. , polarità, polare, poli. Elisse centrale d'inerzia o di Culmann. pàg. 76. Conica fondamentale, Polare, Autopolarità. Il sistema antipolare. *Interesan las páginas de la 71 hasta la 85. Esta información forma parte de los manuscritos docentes del prof. Brogi, del Politécnico de Turín, los cuales contienen una gran cantidad de informaciones atinentes al campo estructural, desde el punto de vista europeo clásico.*

http://www.itismeucci.it/html/corradobrogi/indicep.htm

Existe mucha información en Italiano y en Francés sobre estos temas, incluyendo la Torsión Sísmica. No ha sido posible ubicarla en inglés o en español ni en alemán

III) Libros leídos, consultados o anotados durante la elaboración de estos trabajos.

El listado siguiente no contiene casi libros de Estructuras, sólo material bibliográfico sobre Geometría, Cónicas, Cuádricas, Álgebra Lineal o temas semejantes. No hemos localizado ningún artículo que toque estos temas e la manera en que lo hemos hecho. Las metodologías seguidas son originales, hasta donde sabemos, ciertamente no son copias o adaptaciones de otros trabajos, son evoluciones y nuevos conocimientos derivados de los viejos principios dela Ingeniería.

1) "**Elementary Mathematics from an Advanced Standpoint". GEOMETRY.** Félix Klein. Dover Publications Inc. Mineola. New York. English version 1939. Mac Millan NY.

Texto muy bien escrito y muy claro al hacer ver que todas las operaciones Matriciales que realizamos en Estructuras tienen su paralelo en la Geometría Afin y en la Geometria Proyectiva. Las dos disciplinas comparten muchas cosas.'

2) **"Geometría",** por Sebastià Xambó Descamps. Alfa Omega Ediciones UPC (Catalunya)

(Enero del 2000). *Se Ocupa de los Espacios Métricos, Proyectivos y Afines. Maneja bien Cuádricas y Cónicas,*

3) **"Geometry, a Comprehensive Course",** by Dan Pedoe. Dover Publications Inc. New York, (1970) *Se ocupa igualmente de las distintas geometrías. Da una visión global de la materias.*

4) **"Practical Conic Sections, the Geometric Properties of Ellipses, Parabolas and Hyperbolas".** J.W. Downs., Dover Publications Inc. , Mineola New York. 1993

Excelente descripción de las abundantes aplicaciones de las cónicas en la vida ordinaria.

5) **"Introduction to Linear Algebra",** Gilbert Strang. Wellesley Cambridge Press. Wellesley Massachussetts. USA. 1998.

Excelente tratado que relaciona el álgebra lineal con los Espacios Conceptuales.

6) **"Linear Algebra and its Applications".** David C. Lay, 2nd edition, (2000), Addison Wellesley. Reading. Mass, USA.

Igual que el anterior, enlaza el Álgebra Lineal con la Geometría.

7) **"Taschenbuch, Formeln, Regeln, Merksätze".** Manual para el uso de los estudiantes alemanes de Secundaria. *Una muestra del nivel matemático exigido en Alemania a nivel de Secundaria. 2006*

8) **"Mathemathiques Elementaires".** L'Ecole. *Otra muestra del nivel de la Secundaria en un país desarrollado. Trata Espacios Métricos, Afines y Proyectivos. (1963)*

9) **"Scienza delle Costruzioni, Volume Secondo".** Odone Belluzzi. La Teoría dell'Elisse di Elasticità. Capitolo XVII. Zanichelli, Bologna. Agosto 1942.

Texto clásico, aún utilizado hoy día en Italia en la esnseñanza de las Estructuras, contiene un capitulo entero dedicado ala Elipse de Elasticidad, Sólo se ocupa de Estructuras planas en este aspecto que manejamos. Otros textos Italianos, como el de Colonnetti tienen tratamientos matemáticos más completos pero nunca tan claros como el Belluzzi. También Scienza delle Costruzioni de Luigi Stabilini. Tamburimi. Milano. 1956

10) **"Resistance de Materiaux",** Morgan Laredo. Dunod 1970. La theorie des grandes Charpentes pur B^atiments.

A pesar de ser un enorme y voluminoso libro dedicado al cálculo de Edificios, utiliza la Elipse de Elasticidad para resolver sólo los mismos problemas elementales de los textos más comunes de Resistencia de Materiales. No menciona en absoluto su posible generalización.

11) **"Coordinate Geometry".** Luther Pfahler Eisenhart, 1939. Dover N.Y.

Un excelente texto con el enfoque geométrico clásico de coordenadas, es decir puntos que generan las demás entidades geométricas.

12) **"Matrices and Transformations".** Anthony J. Pettofrezzo. Dover. NY. 1992

Un libro muy corto que reune los principios y conocimientos básicos para las transformaciones de coordenadas utilizando matrices.

13) **"Fundamental Concepts of Geometry".** Bruce E. Meserve. Dover Publications Inc.

New York. (1955 original, 1989 reedición).

Este libro, muy amplio en su temática, tiene los conceptos geométricos generales muy bien expresados y de él se pueden obtener conclusiones tales como esta: La Polaridad es una propiedad geométrica que implica unicidad de soluciones para un dado sistema. El sistema de ecuaciones lineales que describa un comportamiento estructural tiene exactamente las mismas propiedades invariantes que un determinado sistema geométrico. También contiene excelentes indicaciones de cómo manejar las polaridades de una cónica, sea por vía geométrica, sea por vía analítica. Páginas 135 a 144..

IV) PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PROPUESTO:

1) Continuar utilizando los Trabajos Especiales de Grado para desarrollar una metodología de Optimización de Estructuras de Edificios, Valoración Cuantitativa de la Calidad de Estructuras de Edificios, Estimación de los Márgenes de Estabilidad de Estructuras Irregulares. En este momento hay un trabajo de Grado en la UCAB sobre Optimización, se han propuesto y se propondrán otros temas semejantes para TEG de la UNIMET.

2) Recopilar y condensar todas las investigaciones ya realizadas sobre estos temas para convertirlas en un texto docente especializado.

3) Incorporar a la Docencia, a medida que sean producidos, los resutados de estas investigaciones.

Apostilla: Se pueden añadir figuras relacionadas con las cosas mencionadas en este artículo, siempre y cuando se sepa si TEKHNÉ posee los medios para incorporarlas. Aparentemente WORD es incapaz de realizar esta tarea manteniendo una diagramación satisfactoria. M. Paparoni

Calificación Difusa en Cubos OLAP

Fuzzy Qualified OLAP Cube

■ MSc. Rosseline Rodríguez
email: crodrig@ldc.usb.ve
Universidad "Simón Bolívar"

■ PhD. Leonid Tineo
email: leonid@usb.ve
Universidad Simón Bolívar, Venezuela

■ PhD. Angélica Urrutia
email: aurrutia@ucm.cl
Universidad Católica del Maule, Chile.

Fecha de Recepción: 5 de mayo de 2009
Fecha de Aceptación: 23 de septiembre de 2009

Resumen

En la actualidad, las herramientas para manejo de indicadores de gestión proveen de información cuantitativa en términos absolutos que suelen ser incomprensibles al usuario por ser lejanas a su forma de pensar, de manera que requieren un esfuerzo extra en su comprensión y uso en el proceso de toma de decisiones. Para solucionar este problema de rigidez, es conveniente dotar a tales sistemas de la habilidad de dar respuestas en términos del lenguaje natural, para lo cual la teoría de conjuntos difusos resulta adecuada. En este artículo aportamos un nuevo modelo de conjuntos difusos auto-ajustables que permite dar a los términos lingüísticos vagos una semántica acorde al contexto y la percepción del usuario, de manera que sea factible usar estos términos en la calificación del cubo OLAP. Asimismo proponemos una metodología para el desarrollo de Data Warehouse que incorpora este concepto y permite su implementación en un manejador de bases de datos tradicional. Mostramos en detalle el aporte a través de un caso de estudio real.

Palabras Clave — Consultas Difusas, Cubo Difuso, Metodología Data Warehouse, OLAP, Indicadores Gerenciales, Etiquetas Lingüísticas

Abstract

At present time, management indicators analysis tools give quantitative information in absolute numeric representation. The user might have difficulties to understand this information because it is far from human thinking. Thus extra efforts must be done in order to use it in decision making process. In order to solve this rigidity problem, such tools might be able to give answers in natural language terms. Fuzzy sets theory is an adequate for that. In this paper we contribute with a new model for auto-adjustable fuzzy sets. This model provides linguistic vague terms with a context-depend semantics expressing user perception. This semantics enables the use of these terms in OLAP cube qualification. We propose a new methodology for Data Warehouse development that incorporates this concept and allows its implementation in a traditional database management system. We show in detail how does it work throw a real life study case.

Keywords— Fuzzy Querying, Fuzzy Cube, OLAP Data Warehouse Methodology, Management Indicators, Linguistic Labels

1. INTRODUCCIÓN

Las bases de datos se han convertido en un producto estratégico de primer orden, al constituir el fundamento de los sistemas de información, y soportar la gestión y toma de decisiones gerenciales. Los grandes almacenes de datos, conocidos como Data Warehouses (DW) [6] contienen información histórica que permiten a los gerentes tomar decisiones en base al comportamiento de los datos relevantes de sus organizaciones. Este tipo de información es representada conceptualmente mediante el modelo de datos multidimensional, el cual puede ser implementado con una base de datos relacional.

Las bases de datos relacionales multidimensionales son consultadas mediante un tipo de operadores en SQL conocidas como OLAP (Online Analytical Process) [8]. Estas consultas permiten explorar los datos multidimensionales a diversos niveles de agregación, produciendo sumarios de los datos. Sin embargo estos sumarios son valores numéricos cuyo análisis requiere aún de un esfuerzo considerable por el usuario. Por ejemplo si decimos que "el volumen de ingresos de una tienda en el mes de enero para el ramo de los productos conservados fue de 3000 unidades monetarias", esta afirmación es precisa, pudo haber sido calculada mediante una consulta OLAP, pero al usuario le sería más útil si el sistema fuera capaz de decirle "el volumen de ingresos de una tienda en el mes de enero para el ramo de los productos conservados fue bajísimo". La palabra *bajísimo* es un término lingüístico vago. Este tipo de términos puede manejarse computacionalmente a través de la teoría de conjuntos difusos.

Algunas propuestas de extensión de SQL como SQLf [1] y SoftSQL [2] incorporan la teoría de conjuntos difusos para el manejo de preferencias de usuarios en consultas y otras propuestas como FSQL [4] incorporan esta teoría para el manejo de datos imperfectos. Sin embargo, estas propuestas no han considerado la posibilidad de usar términos lingüísticos en lugar de valores clásicos como resultados a las consultas OLAP.

En este artículo proponemos una metodología para Data Warehouse que permite incorporar términos lingüísticos vagos adaptables al contexto de los datos y a las preferencias del usuario para producir cubos OLAP calificados con tales términos. El modelo de conjuntos difusos que permite dar una semántica adecuada a este tipo de términos lingüísticos es un aporte novedoso del presente trabajo. Una virtud de

nuestra propuesta es que es realizable en un sistema gestor de bases de datos relacionales clásico que tenga soporte para operaciones OLAP de acuerdo con el estándar SQL.

El resto de este documento se organiza de la siguiente manera: — en la sección II se resumen los Fundamentos Teóricos de nuestra investigación, aquí se incluye el nuevo concepto de conjuntos difusos auto-ajustables concebidos en este trabajo; — la sección III está dedicada a presentar la Definición de la Metodología para el desarrollo de Data Warehouse que proponemos para incorporar términos lingüísticos vagos e implementar el cubo OLAP calificado; — en la sección IV mostramos la aplicación de nuestra propuesta a través de el Desarrollo de un Caso de Estudio real; finalmente, — la sección V sintetiza las Conclusiones del trabajo realizado.

2. Fundamentos Teóricos

A. Modelo Multidimensional

Un Data Warehouse (DW) [6] es una colección de datos, de ciertas áreas de importancia de una empresa, la cual se organiza, integra y se pone a disposición de los usuarios con el fin de facilitar la toma de decisiones gerenciales. Para diseñar un DW, en general se emplea un modelo multidimensional. Este modelo contiene tres conceptos importantes: cubo, medida y dimensión. Los cuales se ilustran en la Fig. 1.

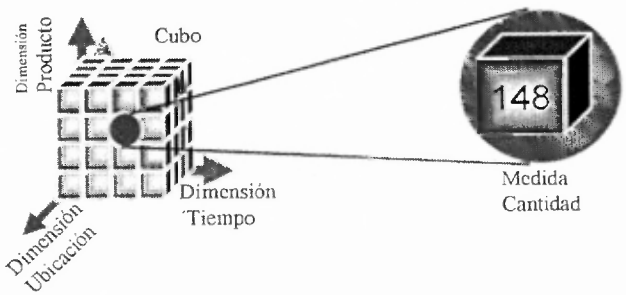

Fig. 1 Data Warehouse con tres dimensiones (Ubicación, Producto, Fecha) y una medida (Cantidad). Se muestra el valor de la medida para un registro.

Para el diseño de Data Warehouse, Carpani [3] propuso un modelo conceptual multidimensional, llamado CMDM por sus siglas en inglés (Conceptual Multi-Dimensional Model). Este modelo se compone de tres vistas: Vista de Niveles (figura 2), Vista de Dimensiones (figura 3) y Vista de Relación Dimensional (figura 4).

En la vista de Niveles se conceptualiza la definición de los niveles dimensionales. Cada nivel representa un conjunto de datos del mismo tipo similar a las clases del modelo objeto. Su representación es mediante cajas que contienen el nombre del nivel y sus atributos. La figura 2 muestra un ejemplo.

La vista de Dimensiones consiste en un diagrama de jerarquías para cada una de las dimensiones del DW. La notación gráfica de una jerarquía utiliza rectángulos para los niveles y flechas que conectan dichos niveles. Los elementos de un nivel de la jerarquía agrupan varios elementos del nivel anterior de la jerarquía. También puede decirse que cada elemento de un nivel tiene un representante en el nivel superior de la jerarquía. Una Vista de Dimensiones compuesta de sólo una dimensión, llamada *Tiempo*, se muestra en la figura 3. Por ejemplo, el dato *<24/12/2007>* sería un elemento del nivel *fecha*, este dato tiene como representante en el nivel *mes* el *<Diciembre, 2007>* el cual a la vez es representado en el nivel *año* por el *2007*. Asimismo, *<24/12/2007>* del nivel "*fecha*", tiene como representante en el nivel *temporada* el *<Invierno, 2007>* el cual a la vez es representado en el nivel *estación* por el *<Invierno>*.

Fig. 2 CMMD: Vista de Niveles de un Data Warehouse.

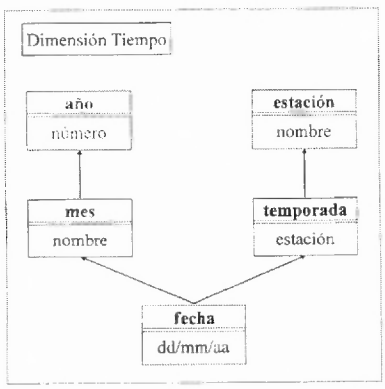

Fig. 3 CMMD: Vista de Dimensiones de un Data Warehouse.

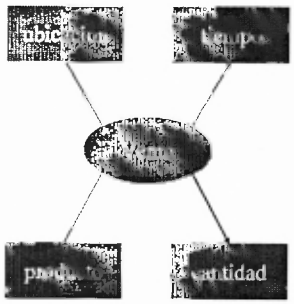

Fig. 4 CMMD: Vista de Relación Dimensional de un DW.

La vista de Relación Dimensional es un diagrama en forma de estrella compuesto por un óvulo central que identifica al cubo al cual se unen cajas periféricas que identifican las dimensiones y medidas, éstas últimas señaladas con una flecha (figura 4). Una relación dimensional representa todos los cubos que se pueden construir a partir de los niveles de un conjunto dado de dimensiones. En cada uno de los cubos que pertenecen a la relación dimensional, cada dimensión debe estar en un nivel determinado.

B. Diseño lógico del DataWarehouse

Usualmente un Data Warehouse se implementa a partir de datos existentes en una o varias bases de datos fuentes provenientes de sistemas transaccionales. En el caso de ser varias bases de datos, éstas son primero integradas para hacer luego el proceso de construcción del DW. A partir de un diseño conceptual del DW en CMDM y una base de datos relacional fuente es posible generar un modelo lógico del DW aplicando un proceso propuesto por Peralta [9]. Este proceso se ilustra en la figura 5. Primero se especifica una correspondencia entre el CMDM y el modelo relacional de la base de datos fuente, la cual consiste en indicar para cada elemento del modelo, dónde se encuentra representado en la base de datos.

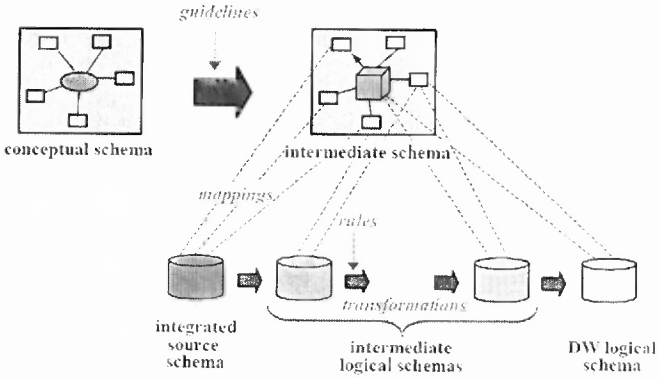

Fig. 5 Proceso de diseño lógico de un DW (Fuente Peralta 2001).

Todos los atributos requeridos se integran en un esquema intermedio. Luego se realiza una serie de transformaciones sobre el esquema integrado para producir el esquema lógico final del DW. Entre estas transformaciones se encuentran: la extracción e integración de atributos de la base de datos fuente del sistema y de otras fuentes externas; el filtrado de los datos para eliminar información innecesaria; la modificación de formatos y valores; la estandarización de las tablas de códigos de los sistemas operacionales y simplificación esquemas de codificación; y la agregación de nuevos campos, a través de cálculos, consolidaciones y derivaciones de datos.

La correspondencia o mapeo (del inglés *mapping*) entre el modelo multidimensional y el diagrama de la base de datos fuente puede hacerse mediante un paralelo de los diagramas en el cuales con flechas continuas se indica cada elemento del modelo multidimensional donde se encuentra en la base de datos fuente. En el caso que el valor para el dato del modelo multidimenional se consiga mediante operaciones sobre el dato de la base de datos, se coloca una línea segmentada para indicar que es calculado y se especifica aparte la forma del cálculo. Algunas medidas podrían ser calculadas directamente a partir de otras en el mismo modelo multidimensional, en este caso se coloca la fórmula en el diagrama de correspondencia usando para ello una plantilla en forma de pentágono. Para ver un ejemplo de esto, refiérase al apartado E de la sección IV (más adelante) donde se muestra el Desarrollo de un Caso de Estudio, allí se muestra y se explica este tipo de diagrama de correspondencia.

El modelo lógico resultante de este proceso está compuesto por tablas de hechos y tablas de dimensiones. Los hechos son los indicadores de gestión. La forma general del modelo sería como la mostrada en la figura 6. Se distinguen dos tipos de diseños lógicos: — Esquema Estrella, en éste cada tabla de dimensión estará relacionada con la tabla de hechos. Las tablas de dimensiones estarán enlazadas a la tabla de hechos mediante una clave foránea. La clave primaria en la tabla de hechos se compone de una relación de las diferentes claves primarias de las tablas de dimensiones. El esquema en estrella consiste de una tabla central de hechos y varias tablas de dimensión no normalizadas. — Esquema Copo de Nieve, en éste las tablas de dimensiones son normalizadas, obteniendo una jerarquía de datos. Con esto se simplifican las operaciones de selección de datos para lograr una

representación de la información sin redundancia. Este esquema representa mejor la semántica de las dimensiones del ambiente de los negocios, ya que tiene un acceso mas directo a los datos, lo cual se traduce en una eficiente recuperación de la información contenida en las tablas. La versión normalizada del esquema en estrella es el esquema copo de nieve.

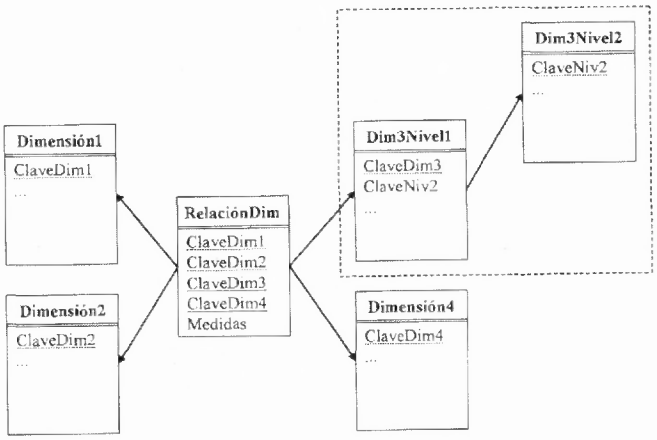

Fig. 6 Diagrama relacional de un Esquema Estrella. La esquina superior derecha muestra en un cómo sería un Esquema Copo de Nieve.

C. El Cubo OLAP de SQL

Una buena definición del término OLAP fue dada por el Concilio OLAP [8] "*'On-line Analytical Processing' es una categoría de tecnología de software que permite a los analistas, gerentes y ejecutivos obtener ventaja de la data a través de acceso interactivo rápido y consistente a una amplia variedad de vistas posibles de información que ha sido transformada a partir de data cruda para reflejar la dimensionalidad real de la empresa ala manera como es entendida por el usuario*".

El SQL estándar [5] provee un operador OLAP conocido como el cubo OLAP cuya forma más sencilla de uso es la en una consulta de la forma **SELECT** $d_1,\ldots,d_k$, $f_1(m_n),\ldots, f_n(m_n)$ **FROM** *r* **GROUP BY CUBE** $(d_1, \ldots, d_k)$, donde: — *r* es una relación en el sentido más amplio del concepto (puede ser una relación básica o una vista o cualquier combinación de éstas incluso con cláusula **WHERE**); — $d_1,\ldots,d_k$ son atributos de *r*, usualmente representando claves dimensionales o atributos de niveles dimensionales; — $f_1(m_n),\ldots,f_n(m_n)$ son funciones de agregación $f_1,\ldots, f_n$ (**COUNT**, **AVG**, **MIN**, **MAX**) aplicadas respectivamente a $m_n,\ldots, m_n$ que son atributos de *r*, usualmente conteniendo las medidas de la relación multidimensional. La semántica de esta consulta es producir una relación con los cálculos de las funciones de agregación $f_1(m_n),\ldots,f_n(m_n)$ para los grupos de filas resultantes de particionar la relación *r* por los valores de los atributos $d_1,\ldots,d_k$ y todas las posibles combinaciones de subconjuntos de ellos. Estas distintas agrupaciones forman un cubo abstracto como el de la figura 7, a ello se debe el nombre del operador.

De acuerdo al estándar SQL pueden hacerse consultas más complejas con el operador cubo OLAP, sin embargo, sin pérdida de generalidad, a efectos de este artículo, nos concentraremos en esta su forma más sencilla del uso del operador, de manera tal que la presentación del aporte sea lo más clara posible.

Vamos a ilustrar esto con un ejemplo sencillo. Consideremos la relación de ventas en la Tabla I. En la figura 7 se presenta un cubo OLAP abstracto que muestra gráficamente la semántica del operador CUBE de SQL con los valores de la Tabla II que es el resultado de la consulta **SELECT** *producto, tienda* **SUM**(*venta*) **FROM** *ventas* **GROUP BY CUBE** (*producto, tienda*).

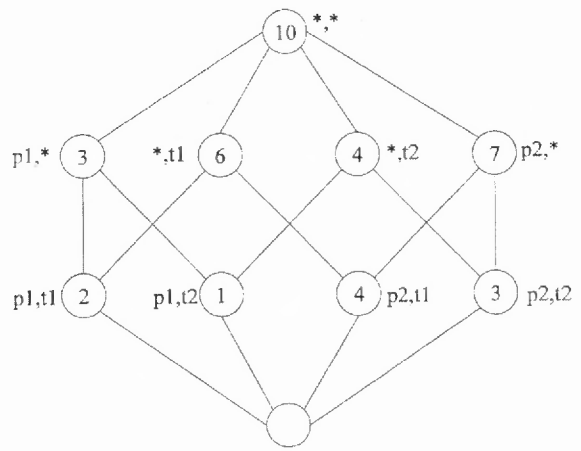

Fig. 7 Cubo abstracto OLAP.

TABLA I

Relación de ventas (en millones) por producto y tienda

Producto	tienda	venta
p1	t1	2
p1	t2	1
p2	t1	4
p2	t2	3

TABLA II

Resultado de consulta con cubo OLAP

producto	tienda	venta
p1	t1	2
p1	t2	1
p1		3
p2	t1	4
p2	t2	3
p2		7
	t1	6
	t2	4
		10

D. Etiquetas Lingüísticas en Particiones Difusas

Los conjuntos difusos fueron propuestos por Zadeh [11] como una forma de representar la imprecisión y la incertidumbre, y su motivación inicial eran las aplicaciones de sistemas de control, pero con el tiempo se comenzaron a usar en predicción y optimización, reconocimiento de patrones y sistemas expertos. En los conjuntos clásicos la pertenencia de un elemento a un conjunto es rígida, definida por una función indicatriz cuyo rango es {0,1}, el 0 representa la exclusión, mientras que el 1 la inclusión. Un conjunto difuso *F* en un universo *X* admite pertenencia gradual definida por una función de membresía μ_F cuyo rango es el intervalo real [0,1], permitiendo no sólo elementos incluidos y excluidos, sino también elementos parcialmente incluidos, aquéllos cuyo grado de membresía está en (0,1). Al conjunto formado por estos elementos de les conoce como el *borde* del conjunto difuso. El conjunto de los elementos completamente incluidos se les llama el *núcleo*. Los elementos que no están completamente excluidos conforman el *soporte*.

La función de membresía de un conjunto difuso puede definirse de distintas formas. En caso que el conjunto difuso sea definido sobre un universo numérico ordenado, la representación más sencilla y usual de la función de membresía es la forma trapezoidal (figura 8), la cual se especifica simplemente con una cuatrupla (x_1,x_2,x_3,x_4) de elementos ordenados del dominio $(x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq x_4)$que definen los vértices del trapecio $\{(x_1,0),(1,x_2),(x_3,1),(x_4,0)\}$.

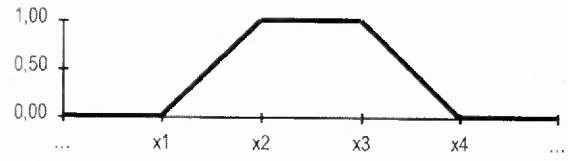

Fig. 8 Modelo de función de membresía trapezoidal

Los conjuntos difusos permiten dar una representación computacional a términos lingüísticos vagos, tales como los adjetivos calificativos *bueno, regular, malo, excelente, deficiente, paupérrimo, bajo, alto*, entre otros.

Un atributo o concepto que puede ser descrito por un conjunto de términos cualitativos se conoce como una variable lingüística [12]. Este tipo de variables son caracterizadas por un conjunto de etiquetas lingüísticas las cuales son representadas mediante conjuntos difusos en el universo del tipo base de la variable.

Un conjunto de etiquetas lingüísticas dotado de un orden total conforma un marco de cognición (Tudorie 2008). Adicionalmente, se dice que este conjunto forma una partición difusa cuando se cumplen dos condiciones: no vacuidad de los conjuntos difusos que definen las etiquetas; y que la unión de todos los conjuntos produce el universo. La unión de conjuntos difusos tiene distintas interpretaciones, en este contexto se interpreta así:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x).$$

La definición de partición difusa generaliza el concepto matemático de partición, relajando la condición de exclusividad. Esto es, la intersección de los conjuntos no tiene que ser vacía, pues en los bordes habrá intersección.

Algunas restricciones se imponen a las particiones difusas para que sean manejables y con una semántica clara [6]: — El número de elementos en un marco de cognición no puede ser muy grande pues dificultaría al usuario su comprensión y manipulación. — El orden total definido entre las etiquetas del marco de cognición debe ser consistente, esto es: si un elemento *a* está en el núcleo del conjunto *A* y otro *b* está en el núcleo del conjunto *B* y $a \leq b$ entonces debe cumplirse también $A \leq B$. — Todos los conjuntos de la partición deben ser normales, esto es, su núcleo no es vacío. — Todo los conjuntos difusos de la partición deben ser convexos, esto es si tenemos tres elementos *a*, *b* y *c* tales que $a \leq b \leq c$ entonces debe cumplirse $\mu_A(c) \geq min(\mu_A(a), \mu_A(b))$.

Una consecuencia directa de estas restricciones y de la definición de una partición difusa la condición de *complementaridad*, que un elemento cualquiera tiene sólo dos opciones: — estar exactamente en un conjunto, en este caso, estaría en el núcleo; o — estar exactamente en dos conjuntos de la partición, en este caso estará en el borde de ambos y el grado de membresía de uno es el complemento a uno del grado de membresía en el otro. Esto se evidencia claramente en el ejemplo de la figura 9.

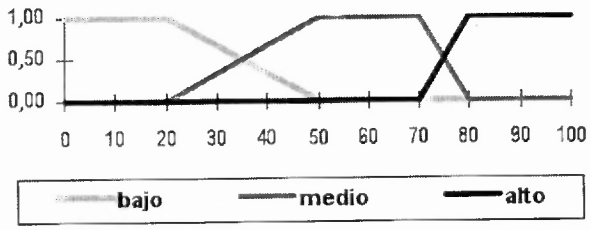

Fig. 9 Partición difusa (consistente) en [0,100]

Una partición difusa que cumpla con las precedentes restricciones diremos que es una *partición consistente* (como la de la figura 9), en caso de no cumplirla, diremos que es *inconsistente*. La figura 10, muestra una partición inconsistente. Por razones de sencillez, de aquí en adelante usaremos el término *partición difusa* para referirnos a una partición difusa consistente.

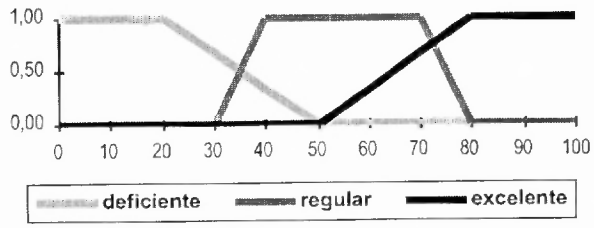

Fig. 10 Conjunto de etiquetas lingüísticas en el universo [0,100] que son inconsistentes como partición difusa. En los intervalos (20,50) y (50,80) no se cumple la condición de complementariedad.

Un conjunto difuso se define sobre un universo o dominio base. Sin embargo, un término lingüístico vago podría tener una interpretación adecuada en distintos dominios o rangos de valores. Por ejemplo, un total alto de ventas diarias de una tienda no es de la misma magnitud que un total de ventas altas de toda la cadena de tiendas para todo un año. Es por esto que Bordogna [2] ha propuesto la noción de predicados lingüísticos adaptables. La idea es que el predicado lingüístico se defina en base a un modelo de conjunto difuso en el universo del intervalo real [0,1], a este modelo se le añade una cota que define el rango del universo del predicado, además un operador de modificación. Luego, al usar el predicado se puede hacer un acercamiento o alejamiento del valor actual (zoom in/out) mediante el operador de modificación.

Veamos un ejemplo de este tipo de predicados. La figura 11 muestra el predicado *costoso* definido con la cota 300 y el modelo trapezoidal (0,25, 1, 1, 1) y el modificador *. El precio 225 tendría 0,66 como grado de membresía al predicado *costoso*. El precio 600 tendría 0,33 como grado de membresía al predicado *costoso* si este se aplica con un *zoom* de *0,25*, pues se toma el valor modificado 600*0,25 y se le aplica la función de membresía.

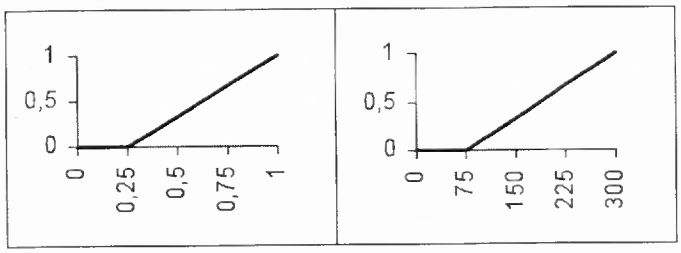

Fig. 11 Predicado adaptable costoso en el intervalo [0,300]. A la izquierda, modelo en el intervalo [0,1], a la derecha, predicado real en [0,300].

La noción de predicados ajustables es deseable para el problema que nos ocupa en este trabajo. Sin embargo, la propuesta de Bordogna [2] tiene una limitante, que el usuario tendría que especificar el parámetro del zoom por cada contexto. Si estamos haciendo una consulta de tipo cubo OLAP con k dimensiones tenemos 2^k contextos, pues cada combinación de dimensiones da un contexto diferente, así el número de contextos es igual al número de subconjuntos del conjunto de k dimensiones. Sin embargo, si los predicados no fueran ajustables el problema sería peor, pues en lugar de tener que dar 2^k parámetros de zoom, serían 2^k particiones difusas por cada medida en el cubo. Esto de cualquier manera requiere mucho de la intervención del usuario experto que tendría que saber a priori cuáles van a ser los rangos de los datos para cada contexto. Sería conveniente hallar una forma en que los predicados puedan ser auto-ajustables al contexto.

Existe una propuesta de definir particiones en las que el sistema puede inferir automáticamente las definiciones de los predicados según el contexto de la consulta [6]. El usuario sólo especifica el marco de cognición y luego al momento de la consulta el sistema calcula percentiles estadísticos de los datos en el contexto y define los predicados. El inconveniente de

esta propuesta es el volumen de trabajo que implica el calcular los percentiles para los 2^k contextos de un cubo OLAP.

Aquí nosotros proponemos una nueva forma de predicados auto-ajustables al contexto. El usuario debe especificar el conjunto de etiquetas que conforman una partición y definir el modelo de cada etiqueta en el intervalo [0,100], así como la partición difusa de la figura 9. El sistema debe ser capaz de ajustarlos automáticamente a cada contexto. Para ello tomaría el valor máximo del contexto como cota del rango que define el universo y el predicado se ajustará proporcionalmente en el contexto en que se usa. De esta manera la adaptación de los predicados resulta computacionalmente aceptable, pues sólo hay que calcular máximos. Así, por ejemplo, con la partición de la figura 9, si en un contexto el máximo valor es 5000, el valor 3750 sería *medio* y *alto* con grado 0,5, mientras que 2000 sería *medio* con grado 0,66 y *bajo* con 0,33.

3. Definición de la Metodología

A partir de una base de datos fuente cómo se puede llegar a hacer consultas de tipo cubo OLAP que den los resultados en términos lingüísticos. Para ello definimos acá una metodología en dos etapas: Construcción de diseño lógico multidimensional para datos precisos y Extensión del diseño lógico relacional multidimensional con etiquetas lingüísticas.

La primera etapa esta compuesta por siete actividades que permiten conocer el caso de estudio, definir indicadores de gestión para el área involucrada, modelar el diseño conceptual de los indicadores, establecer la fuente de información, realizar un mapeo entre los indicadores y la base de datos fuente, y finalmente construir el cubo OLAP.

La segunda etapa desarrolla tres actividades principales: definición de las etiquetas lingüísticas que extenderán el cubo OLAP, el diseño de las consultas imprecisas, y finalmente una comparación y análisis de resultados entre consultas precisas y consultas imprecisas. En la figura 12 se presentan gráficamente esta secuencia de pasos, los cuales se explican en detalle en los apartados siguientes.

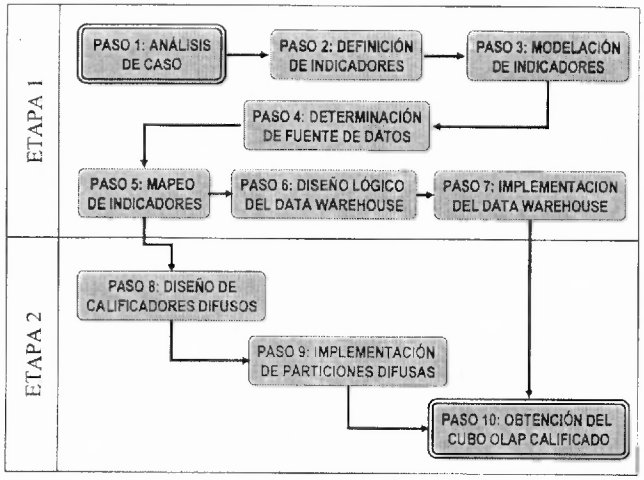

Fig. 12 Diagrama de la Metodología Propuesta

A. Paso 1: Análisis del Caso de Aplicación

Lo primero es tener un conocimiento adecuado de la organización para la cual se desean hacer las consultas OLAP. Hay que buscar documentos que definen a la organización, sus objetivos, misión y visión. Se necesita contactar con el personal gerencial de la organización y conocer sus necesidades de información para los procesos de toma de decisión. También hay que conocer cuáles son los sistemas que tienen o han tenido en operación de los cuales se podrán obtener las fuentes de datos. El resultado de este análisis sería la definición de los requerimientos de información.

B. Paso 2: Definición de Indicadores de Gestión

En esta actividad se definen los indicadores de gestión del caso de aplicación. Estos indicadores nos servirán para medir el cumplimiento de las metas y alcances de la corporación. Corresponden a instrumentos de medición del comportamiento y/o tendencias de las metas para una determinada área estratégica de la empresa. Cada indicador se representa con medidas tangibles que pueden ser de tres tipos: completamente aditivas, pues representan un valor asociado a un período de tiempo y se pueden sumar (por ejemplo, las ventas de tres meses consecutivos pueden sumarse para obtener las ventas totales del trimestre); semi-aditivas, medidas que representan un momento particular en el tiempo y su sumatoria no representaría un valor con sentido (por ejemplo, los inventarios de tres meses consecutivos no se pueden sumar para obtener el inventario "total" del trimestre), sin embargo, la sumatoria puede tener sentido en otra dimensión (por ejemplo, es posible sumar inventarios de ubicaciones diferentes en un momento determinado

para obtener el inventario total); y no aditivas, cuando son medidas que no implican ninguna sumatoria, pero resultan útiles cuando se desea contabilizar ítems (por ejemplo, contar el número de códigos postales diferentes a los que se envío un producto). Al finalizar este paso se tiene la lista de indicadores con sus medidas asociadas.

C. Paso 3: Modelación de Indicadores de Gestión

Una vez identificados los indicadores de gestión, para cada uno de ellos es necesario diseñar un modelo multidimensional. Especificar las medidas, niveles, dimensiones y relación dimensional. Para ello adoptamos el modelo CMDM propuesto por Carpani [3].

D. Paso 4: Determinación de Fuentes de Datos

Esta actividad consiste en determinar la base de datos operacional que será usada como fuente de datos primaria del Data Warehouse. Puede tomarse una o varias de las bases de datos existentes en la organización y otras fuentes de información disponibles que sean relevantes, de acuerdo con los elementos de cada modelo multidimensional realizado en el paso anterior. Si se usa más de una base de datos, éstas deben integrarse al menos a nivel de diseño. Se requiere tener un diagrama lógico de la base de datos integrada, dotado de un diccionario de datos donde se explique bien la semántica y se coloquen restricciones no representadas en el diagrama.

E. Paso 5: Mapeo Fragmentado de Indicadores

Para cada uno de los indicadores de gestión hay que establecer una correspondencia entre su modelo multidimensional y su base de datos fuente determinada. El propósito de este paso es establecer una correspondencia entre la base de datos fuente y los indicadores de gestión determinados en los pasos previos. Esto permitirá definir el futuro cubo de datos. Para cada indicador de gestión, se define un mapeo entre las medidas y dimensiones con uno o más atributos de la base de datos según propone Peralta [9].

F. Paso 6: Diseño Lógico del Data Warehouse

En este paso de nuestra metodología, se completa el proceso propuesto por Peralta [9], para obtener el esquema relacional multidimensional que modela el cubo de datos. Este esquema puede resultar en un modelo estrella y/o copo de nieve según las exigencias de cada indicador. Los requerimientos de usuario, las restricciones de plataforma y de más rasgos del sistema deben ser tomados en cuenta.

G. Paso 7: Implementación del Data Warehouse

En este paso se selecciona un sistema manejador de bases de datos adecuado. Debe tomarse en cuenta las dimensiones de la data con que se va a trabajar. También debe ser un manejador cuya versión de SQL soporte los operadores OLAP. El DW debe ser creado de acuerdo con su modelo lógico y poblado a partir de la base de datos fuente. Hasta este punto lo que hemos hecho es preparar los datos para que puedan ser analizados, aún no hemos integrado los términos lingüísticos, lo cual se hará en los pasos siguientes.

H. Paso 8: Diseño de Calificadores Difusos

Para cada uno de los indicadores debe definirse un conjunto de etiquetas lingüísticas que formarán la partición difusa apropiada al indicador. Se debe hacer el modelo de cada uno de los predicados mediante funciones trapezoidales en el intervalo [0,100]. Los modelos deben cumplir todas las restricciones para ser una partición difusa consistente. Esos modelos se hacen una sola vez por cada indicador, pues haremos que el sistema sea capaz de adaptarlos al contexto de acuerdo con nuestra propuesta presentada más atrás en este artículo, en la sección titulada "Etiquetas Lingüísticas en Particiones Difusas".

I. Paso 9: Implementación de Particiones Difusos

Las particiones difusas deben guardarse en una tabla en la base de datos. En realidad el contenido de esta tabla forma parte de la meta-data del esquema, pues en la tabla se encontrarán las definiciones de predicados que describen a las medidas. El esquema relacional de esta tabla es *fuzzyPartition(measure, label, x1, x2, x3, x4*), donde la columna *measure* contendrá los nombres de las medidas de los indicadores, la columna *label* contendrá por cada medida las etiquetas que conforman la partición y para cada medida y etiqueta *x1, x2, x3, x4* serán los valores que especifican el conjunto difuso que modela a la etiqueta como un predicado auto-ajustable en el intervalo [0,100].

Adicionalmente, hay que almacenar en el manejador de base de datos la función de cálculo del grado de membresía para los predicados auto-ajustables. Tabla III contiene el código en SQL estándar para la implementación de esta función, la cual recibe como parámetros el valor *x* al cual calcular el grado de membresía, límite superior *u* del rango del universo según el contexto y los valores *x1*, *x2*, *x3* y *x4* que definen la función de membresía trapezoidal que modela el predicado difusos en el intervalo [0,100].

TABLA III

Código en sql para el cálculo del grado de membresía en un predicado autoajustable

```
CREATE FUNCTION membership(
        x,u,x1,x2,x3,x4 NUMERIC
) RETURNS NUMERIC AS
BEGIN
        x = (x/u)*100;
        IF x1<x AND x<x2 THEN RETURN (x-x1)/(x2-x1)
        ELSE IF x2<=x AND x<=x3 THEN RETURN (1)
        ELSE IF x3<x AND x<x4 THEN RETURN (x4-x)/(x4-x3)
        ELSE RETURN (0);
END;
```

J. Paso 10: Obtención del Cubo OLAP Calificado

El último paso es generar para cada indicador el cubo OLAP calificado con etiquetas lingüísticas. Esto se hace con el procedimiento definido en la Tabla IV. El bloque de código lo hemos especificado para la forma más sencilla y general del cubo OLAP en el estándar SQL, su adecuación a formas más complejas es directa a partir de estas especificaciones. Preferimos mantenerlo lo más simple posible para facilitar su comprensión.

Primero se obtienen el cubo OLAP tradicional anotando en cada fila a qué contexto pertenece. Este resultado queda en la tabla temporal cubeView. Las anotaciones del contexto en los atributos g1,..,gk de esta tabla que se calculan mediante la operación GROUPING que es una función predefinida en el estándar SQL que retorna 1 cuando se está agrupando por el atributo que se especifica como parámetro y 0 cuando no.

TABLA IV

Pseudo código en sql para la obtención del el cubo olap calificado difuso

```
BEGIN

        CREATE TEMPORAL TABLE cubeView AS
        SELECT keyDim1...,keyDimk, aggFun(mesure) AS aggMes,
        GROUPING(keyDim1) AS g1,... GROUPING(keyDimk) AS
gk
        FROM dataWarehouse
        GROUP BY CUBE (keyDim1,...,keyDimk);

        CREATE TEMPORAL TABLE rangeBound AS
        SELECT g1,..,gk, MAX(aggMes) AS upperBound
        FROM cubeView
        GROUP BY g1,...gk;

        SELECT keyDim1...,keyDimk, aggMes, label,
        membership(v.aggMes,r.upperBound,p.x1,p.x2,p.x3,p.x4) AS
degree
        FROM cubeView AS v,rangeBound AS r,fuzzyPartiction AS
p
        WHERE p.measure = measureName
        AND v.g1 = r.g1 AND .. AND b.gk = r.gk
        AND (v.aggMes/r.upperBound)*100 BETWEEN p.x1 AND
p.x4

END;
```

Veamos en qué consiste la primera instrucción en el bloque de la Tabla IV: Se obtiene el cubo OLAP tradicional anotando en cada fila a qué contexto pertenece. Este resultado queda en la tabla temporal cubeView. Las anotaciones del contexto se colocan en los atributos g1,..,gk de esta tabla que se calculan mediante la función GROUPING predefinida en el estándar SQL que retorna 1 cuando se está agrupando por el atributo que se especifica como parámetro y 0 cuando no. Las variables: — *keyDim1,..,keyDimk* representan los nombres de los atributos que contienen las claves de las dimensiones; —*aggFun* representa la función de agregación que se usa sobre la medida del indicador; —*mesure* representa el nombre del atributo en que se encuentra la medida que se está analizando; — *aggMes* representa el nombre de atributo con que se visualizará el resultado de la medida calculada; — *dataWarehouse* representa la tabla dimensional o el JOIN de ella con las tablas dimensionales al cual se le puede además haber aplicado una operación de cambio de nivel, conocida como ROLL UP.

La segunda instrucción en el procedimiento de la Tabla IV tiene el propósito de obtener el límite superior de los datos en cada uno de los 2^k contextos del cubo OLAP almacenado en la tabla temporal cubeView. Estos límites se registran en una nueva tabla temporal llamada rangeBound que tiene la clave del contexto g1,..gk y el el atributo upperBound que es el límite determinado.

Finalmente, la tercera instrucción en el bloque de la Tabla IV combina el cubo, el contexto y las particiones difusas para producir el cubo OLAP calificado difuso. Éste tendrá la clave dimensional *keyDim1,..,keyDimk*, la medida calculada *aggMes*, la etiqueta difusa correspondiente label y el atributo calculado degree que es el grado de membresía de la medida a al predicado auto-ajustable de la etiqueta, según el contexto. Se verifica en la condición de la consulta que la etiqueta sea definida para la medida, para ello se usa la variable *measureName* que tendrá el nombre de la medida que se está analizando. También se verifica que el valor calculado de la medida caiga en el soporte del predicado ajustado al contexto.

Nótese que una combinación *keyDim1,..,keyDimk*, *aggMes* podría aparecer dos veces en el cubo OLAP calificado difuso. Esto ocurre cuando el valor de *aggMes* cae en el borde de dos conjuntos difusos contiguos de la partición, en este caso los grados de membresía de las dos filas serán complementarios, es decir sumarían 1. De acuerdo a las restricciones impuestas no puede

aparecer más de dos veces y si aparece una vez es porque está en el núcleo de un conjunto difuso, luego su grado de membresía sería 1.

El cubo OLAP es una tabla que frecuentemente resulta muy grande para ser visualizada directamente por el usuario, de manera que puede preferirse aplicar algunos filtros. Si los filtros son precisos, éstos podrían colocarse en la primera instrucción de la Tabla IV simplemente añadiendo una cláusula **WHERE** o una cláusula **HAVING** con su modo de empleo y semántica habitual del estándar SQL.

Algo novedoso es que también podemos establecer filtros difusos basados en los términos lingüísticos. Por ejemplo un usuario podría estar interesado sólo en conocer cuáles son las agrupaciones dimensionales en que el indicador de gestión analizado está arrojando una medida *baja*, siendo *baja* una etiqueta lingüística en la partición definida para esa medida. En casos como estos el filtro se colocaría en la cláusula **WHERE** de la tercera instrucción de la Tabla IV y se haría sobre el atributo *label*.

También al usuario podrían interesarle ciertos niveles de satisfacción aceptable (*threshold*). Por ejemplo, si en una agrupación, la medida se califica con alguna etiqueta con un grado de satisfacción 0.3 y se ha establecido que el *threshold* es estrictamente por encima de 0.5, entonces esa etiqueta no aparecería en el resultado para esta agrupación dimensiona, sino que aparecería la que aplica de forma complementaria cuyo grado sería 0.7. Para este tipo de restricciones el filtro se establece sobre el atributo *degree* en la cláusula WHERE de de la tercera instrucción de la Tabla IV.

4. Desarrollo de un Caso de Estudio

A fin de ilustrar los aportes presentados en este artículo, a continuación desarrollamos un caso de estudio con la metodología propuesta.

A. Paso 1: Análisis del Caso de Aplicación

Se tomó el caso real de una empresa chilena de ventas al mayor y detal, por razones de confidencialidad no damos su identidad y algunos nombres fueron cambiados en los ejemplos a mostrar. Esta empresa tiene una importante pero no masiva participación en el mercado. Sus objetivos actuales están relacionados con porcentajes de crecimiento, expansión demográfica y utilidades netas, por lo que potenciar el uso de nuevas herramientas de gestión y control, representa un desafío importante para la compañía.

La empresa comercializa sus productos a nivel nacional, teniendo mayor fuerza y presencia en la región metropolitana, razón por lo cual se definió este alcance geográfico en la muestra de los datos a trabajar. La empresa posee dos plantas productivas, un centro de distribución y una cadena de cincuenta tiendas, agrupadas en sectores dentro de la región metropolitana. La empresa vende tanto sus productos como los de terceros a supermercados, restaurantes, clientes minoristas, entre otros.

Se quiere apoyar la visión de la gerencia de ventas al detal, la cual depende de la gerencia comercial, cuyo objetivo es administrar y velar por el cumplimiento de las metas de venta de toda la cadena de tienda de la compañía. Esta gerencia es la responsable de la definición, control y seguimiento de los indicadores de gestión que garanticen sus objetivos.

Cada año la gerencia de ventas al detal en conjunto con la gerencia comercial y la gerencia general, debe definir los objetivos, metas, desafíos, proyectos y planes de acción para facilitar la gestión y resultados exitosos de la cadena de tiendas de la compañía. Estas metas deberán determinar la evolución de las ventas acumuladas y el análisis de mercado en diferentes dimensiones (por tienda, por sector, por familia o subfamilia de productos).

Se quiere desarrollar un sistema de apoyo a la gestión que esté orientado a resumir la información sobre las ventas en la región metropolitana, de manera cualitativa y cercana al usuario. La información sobre las ventas puede recuperarse a partir del sistema de puntos de ventas. Cuando decimos que se quiere resultados cualitativos nos referimos, por ejemplo a decir si el volumen de ventas fue "bajo" o "medio" o "alto".

B. Paso 2: Definición de Indicadores de Gestión

Los indicadores fueron obtenidos a partir de las necesidades definidas por los ejecutivos de la empresa. Posteriormente se seleccionará uno sobre el cual se desarrollarán el resto de los pasos de la metodología, ya que considerarlos todos puede ser repetitivo y muy extenso. Todas las medidas obtenidas son aditivas.

1. Ventas y participación porcentual

Este indicador mide para cada punto de venta de la región metropolita, su total de ventas y su participación porcentual, dentro del total de ventas de todas las tiendas o de todo un sector. Las dimensiones para agrupar la información son la ubicación (tienda o sector) y el periodo (mes o año). Se considerarán dos

medidas: venta acumulada y participación porcentual. La participación se calcula como la sumatoria de ventas de una tienda entre el total de ventas de todas las tiendas (o todo un sector), para un período dado.

2. Análisis de Rentabilidad

Este indicador mide la rentabilidad de una tienda y/o sector, para esto se requiere conocer las ventas y costos acumulados. Las dimensiones para agrupar la información son la ubicación (tienda o sector) y el período (mes o año). Se considerarán tres medidas: venta acumulada, total de costos y rentabilidad. La rentabilidad se calcula como el cociente entre la venta acumulada y el costo de venta.

3. Participación de las formas de pago

Aquí se quiere calcular el porcentaje de participación en las diferentes formas de pago registradas en los puntos de venta de una tienda y/o un sector. Estas formas de pago pueden ser efectivo, tarjetas de débito, tarjetas de crédito, cheques y ticket. Las dimensiones para agrupar la información son la ubicación (tienda o sector) y el período (mes o año). Se considerarán tres medidas: ventas acumuladas, ventas por forma de pago y participación en la forma de pago. La participación se calcula como el cociente entre el total de una forma de pago dada, y el total de ventas.

4. Venta y participación de proveedores

El indicador mide las ventas y porcentaje de participación de cada familia de proveedores. En este caso de estudio existen tres familias de proveedores: Frutale, Ensenada y Tercero. Las dimensiones para agrupar la información son la ubicación (tienda o sector) y el período (mes o año). Se considerarán dos medidas: ventas acumuladas y participación del proveedor en las ventas. Las ventas acumuladas se calcularán por tienda, por sector, por proveedor de tienda y por proveedor de sector. La participación se calcula como el cociente entre el total de ventas para una familia de proveedores de una tienda (o sector) entre el total de venta de dicha tienda (o sector).

5. Análisis ventas/metas

Aquí se quiere medir las metas de ventas contra el porcentaje de cumplimiento de ventas. Las dimensiones para agrupar la información son la ubicación (tienda o sector), el período (mes o año), la categoría de productos y los proveedores. Se considerarán tres medidas: ventas acumuladas, metas previstas y cumplimiento de ventas. El cumplimiento de ventas se calcula como el cociente entre la venta acumulada y la meta para ese rubro.

C. Paso 3: Modelación de Indicadores de Gestión

En este paso se obtendrá el diseño conceptual multidimensional que representa cada indicador de gestión. Para efectos de este artículo sólo presentaremos el indicador "Análisis ventas/metas". La figura 13 se muestra el diseño de los niveles correspondientes a las dimensiones: Producto (producto y categoría), Ubicación (tienda y sector), Tiempo (mes y año), Proveedor (proveedor). Los niveles determinados se jerarquizan en cada dimensión de acuerdo al diagrama de la figura 14. Finalmente, el diagrama de la relación multidimensional se muestra en la figura 15. Puede observarse que hay un globo que representa la relación el cual tiene un satélite por cada dimensión y uno por cada medida, éstos últimos identificados por puntas de flecha.

D. Paso 4: Determinación de Fuentes de Datos

La fuente de datos proviene principalmente del sistema de puntos de venta (POS) instalado en la cadena de tiendas, desarrollado con tecnología JAVA, el cual se caracteriza por su portabilidad, parametrización, flexibilidad, y escalabilidad. Esta aplicación, se encarga de registrar localmente cada venta junto con su forma de pago. Cuando el procesador del POS detecta la ausencia de transacciones de ventas envía al servidor central la información acumulada hasta el momento. En este servidor se localiza el repositorio principal desde donde se tomarán los datos necesarios para realizar el análisis de gestión.

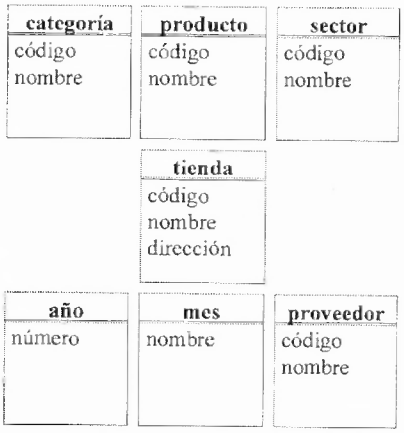

Fig. 13 CMDM: Niveles para el indicador "Análisis ventas/metas"

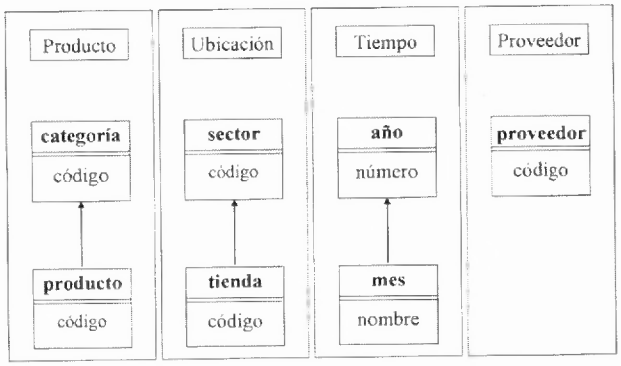

Fig. 14 CMDM: Dimensiones para el indicador "Análisis ventas/metas"

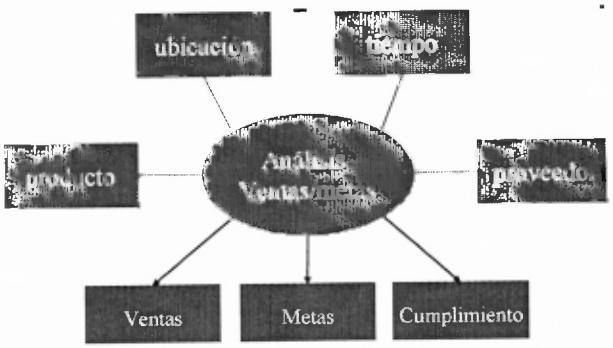

Fig. 15 CMDM: Relación dimensional para "Análisis ventas/metas"

Entre las funcionalidades que realiza el sistema POS se destacan la descripción y parametrización del POS; el manejo de usuarios y privilegios; el manejo de formas de pago, monedas e impuestos; actualización de listas de precios; clasificación de departamentos, clasificación de artículos; códigos de barra; visualización de videos; manejo de tarjetas de débito y crédito, entre otros.

La base de datos relacional del sistema POS es bastante completa y algo compleja. Sin embargo ésta no tiene información sobre algunos datos relevantes para nuestro análisis, como son los proveedores y las metas. Hay un sistema de control de suministro e inventario que sí tiene información de los proveedores, tenemos que tomar esta información de allí. Las metas no se encuentran en un sistema en línea, sino que los gerentes las manejaban como hojas de cálculo personales en su puesto de trabajo, estas requieren ser llevadas a una tabla relacional.

Se hizo la integración de las tres fuentes de datos disponibles. La figura 16 muestra un fragmento representativo del diagrama relacional de la base de datos resultante. Para simplificar su visualización, se han omitido muchos de los atributos y varias de las tablas que conforman la base de datos, sólo se muestran los más relevantes para nuestro propósito.

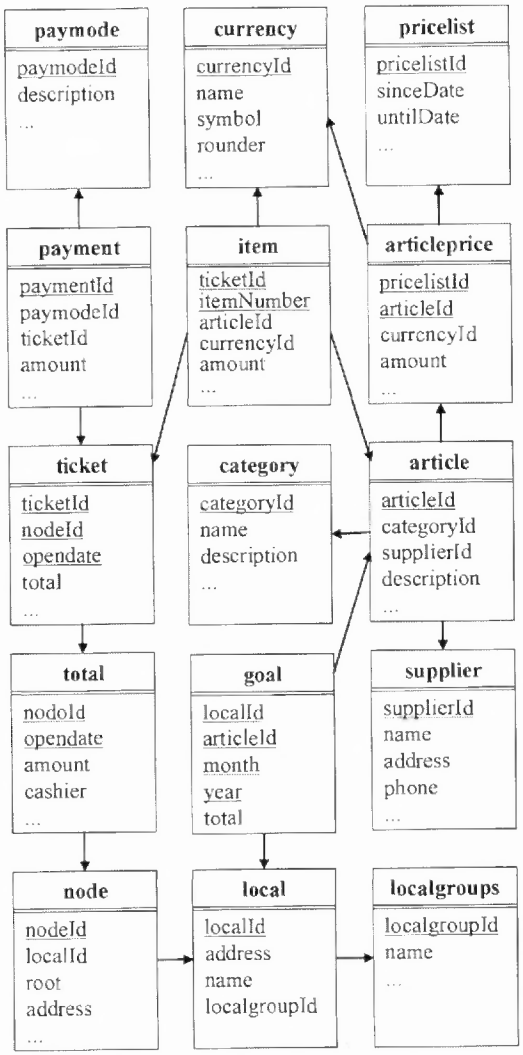

Fig. 16 Esquema relacional integrado de las fuentes de datos

E. Paso 5: Mapeo Fragmentado de Indicadores

En este paso se observa como corresponden los objetos del modelo conceptual definido a través de CMDM para el indicador de gestión seleccionado "Análisis ventas/metas" con la base de datos fuente. Esta correspondencia se muestra en la figura 16 para los niveles dimensionales y para las medidas de la relación dimensional obtenidos en los pasos anteriores.

Para el nivel dimensional *categoría* se buscaron en la base de datos cuáles eran los campos que correspondían con los atributos *código* y *nombre*. Se encontró dicha correspondencia en las columnas *categoryId* y *name* de la tabla *category*. Para el nivel *producto* los atributos *código* y *nombre* corresponden a las columnas *articleId* y *description* de la tabla *article*. Para el caso de los atributos *número* del nivel *año* y *nombre* del nivel *mes*, no existe una correspondencia

directa, sino que se extraen del campo *opendate* de la tabla *ticket*, por esta razón en el modelo aparecen con líneas punteadas. Los atributos *código*, *nombre* y *dirección* del nivel *tienda* corresponden a las columnas *localId*, *name* y *address* de la tabla *local*. Los atributos *código* y *nombre* del nivel *sector* corresponden a las columnas *localgroupId* y *name* de la tabla *localgroups*. Finalmente, los atributos *código* y *nombre* del nivel *proveedor* corresponden a los campos *supplierId* y *name* de la tabla *supplier*. Para todas las correspondencias directas se utilizan líneas continuas. En el caso de las medidas que aparecen en la relación dimensional se realizó una búsqueda similar y se llegó a lo siguiente: — En cuanto a la medida *Cumplimiento*, ésta es una medida no aditiva, es decir, para un nivel jerárquico su valor no se obtiene como la agregación de los valores en el nivel anterior. Ella se obtiene como el cociente de las otras dos medidas, de manera que no se encuentra en la base de datos fuente. Para ella se especifica en el diagrama su fórmula (*Ventas/Metas*). — Para la medida *Ventas*, la especificación es más compleja. En el diagrama se coloca una flecha segmentada hacia campo *amount* de la tabla *item*, indicando así que se calcula en base a este campo. Fijada una tienda, un producto, un proveedor, un mes y un año, la medida *ventas* se calcula mediante la sumatoria de los *amount* de la tabla *item* que correspondan a ese *producto* y que se encuentren en *tickets* de la *tienda* en ese *año* y *mes*. La especificación formal de este cálculo sería un poco compleja, por lo que preferimos dar en la Tabla V una especificación en SQL. — El caso de la medida *Metas* es más sencillo, pues se tiene una correspondencia directa con el campo *total* de la tabla *goal*.

TABLA V

Código en sql para el cálculo de la columnas ventas

```
SELECT SUM(amount) AS Ventas FROM
  item AS i, ticket AS t, node AS n, local AS c,
WHERE
  i.ticketId=t.ticketId AND t.nodeId=n.nodeId AND n.localId=c.localId
GROUP BY
  c.localId, i.articleId, MONTHS(t.opendate), YEAR(t.opendate)
```

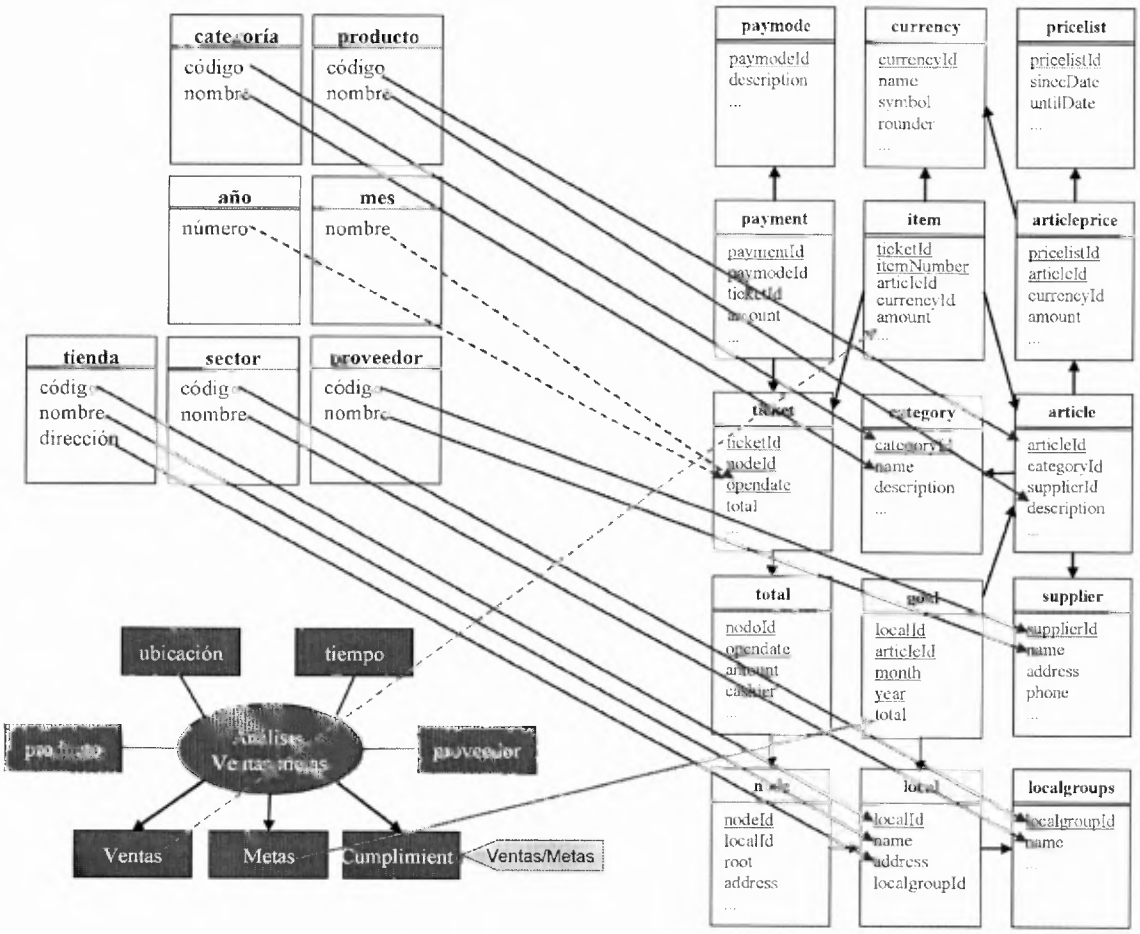

Fig. 17 Mapeo fragmentado del indicador "Análisis ventas/metas"

F. Paso 6: Diseño Lógico del Data Warehouse

A partir del mapeo fragmentado, mediante el proceso de diseño propuesto por Peralta [9], se obtiene el esquema relacional del Data Warehouse, el cual se muestra en la figura 17. Se puede observar que el esquema es una estrella con dos copos de nieve. La dimensión *Proveedor* tiene un solo nivel, por lo que no tiene sentido hacer un copo de nieve para ella. Para la dimensión *Tiempo* es preferible no hacer el copo de nieve pues la tabla para el *mes* necesariamente tiene que incluir el *número* del *año* que es el único atributo de ese nivel. Las dimensiones *Ubicación* y *Producto* se implementan mediante el esquema copo de nieve a fin de evitar redundancia. El esquema estrella representa las cuatro dimensiones *Período*, *Ubicación*, *Producto* y *Proveedor*. La tabla de hechos en el centro de la estrella se construye con las claves primarias cada una de las dimensiones, además de los atributos *ventas* y *metas*, que representan las dos medidas principales del indicador. La medida *cumplimiento* no se incluye por ser un atributo calculado.

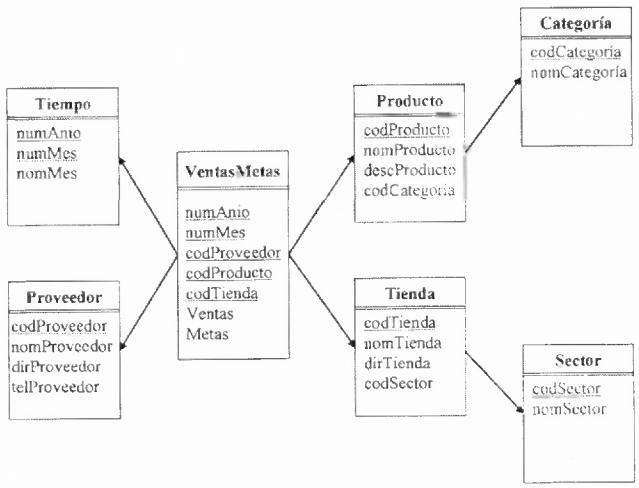

Fig. 18 Modelo de datos del repositorio (DataWarehouse)

G. Paso 7: Implementación del Data Warehouse

Se trabajó en la implementación con SQL Server 2000 por ser el gestor de bases de datos disponible en la organización por la cual se hizo la aplicación. Este manejador implementa los operadores de OLAP de SQL estándar con ciertas variaciones sintácticas. Una virtud de SQL Server es que tiene herramientas que asisten en el análisis de Data Warehouse. Sin embargo, para efectos del artículo preferimos presentar el código en SQL estándar. De acuerdo al esquema y al mapeo, se migró la data de la base de datos fuente al Data Warehouse.

H. Paso 8: Diseño de Calificadores Difusos

Se realizó el diseño de las etiquetas a utilizar en el cubo OLAP calificado. El hecho de especificar los modelos en el intervalo [0,100] resulta muy natural para el usuario habituado a manejar porcentajes. Se determinaron tres etiquetas para cada una de las tres medidas en el análisis ventas/metas. Estas etiquetas expresan la idea de datos que están cercanos a los extremos superior e inferior del rango y datos que están cerca del centro. Sin embargo, los modelos dados para las tres medidas fueron diferentes de acuerdo a las preferencias del usuario. Las etiquetas lingüísticas para *Ventas* serán *bajas*, *medias* y *altas*, sus modelos se muestran en la figura 19. Las etiquetas lingüísticas para *Metas* serán *pesimista*, *conservadora* y *optimista*, sus modelos se muestran en la figura 20. Las etiquetas lingüísticas para *Cumplimiento* serán *deficiente*, *regular* y *excelente*, sus modelos se muestran en la figura 21.

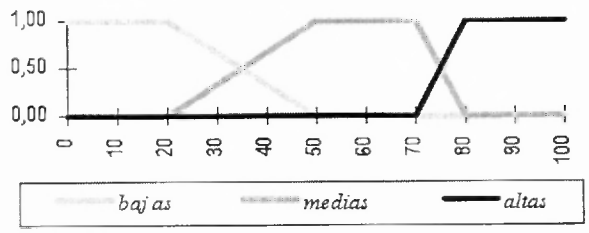

Fig. 19 Modelo de la partición difusa para la medida Ventas

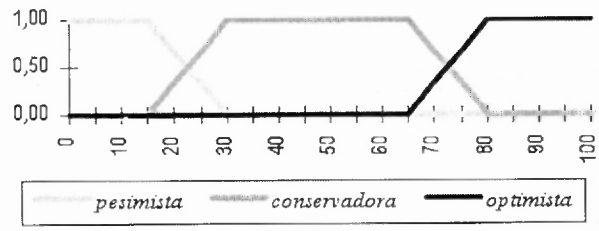

Fig. 20 Modelo de la partición difusa para la medida Metas

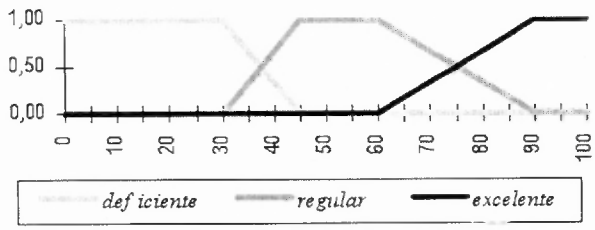

Fig. 21 Modelo de la partición difusa para la medida Cumplimiento

I. Paso 9: Implementación de Particiones Difusas

Creamos la función *membership* según la Tabla III y la tabla *fuzzyPartition* con los datos de la Tabla VI.

TABLA VI

Modelo de las particiones difusas

measure	label	x1	x2	x3	x4
Ventas	bajas	0	0	20	50
Ventas	medias	20	50	70	80
Ventas	altas	70	80	100	100
Metas	pesimista	0	0	15	30
Metas	conservadora	15	30	65	80
Metas	optimista	65	80	100	100
Cumplimiento	deficiente	0	0	30	45
Cumplimiento	regular	30	45	60	90
Cumplimiento	excelente	60	90	100	100

J. Paso 10: Obtención del Cubo OLAP Calificado

Como es habitual para un Data Warehouse, el volumen de datos en el caso de estudio es muy grande, de manera que la combinatoria que daría el hacer el cubo OLAP es imposible de mostrar en este artículo. Se hace necesario restringir los datos sobre los cuales hacer las consultas OLAP.

A efectos del ejemplo a mostrar, nos restringimos a un solo proveedor cuyo nombre es *FRUTALE*, dos tiendas de nombres *ALG* y *MEGA*, dos categorías de productos de nombres *GRANEL* y *PANPITA*, un año, el 2007 y tres meses *julio, agosto* y *septiembre*.

El pseudo código para la obtención del cubo OLAP calificado difuso que se presentó más atrás en la Tabla IV es ahora instanciado de acuerdo con el esquema relacional multidiemensional del indicador que se está analizando (figura 18), asimismo se le añaden los filtros necesarios para la información que desea ver el usuario. En este caso los filtros son clásicos y se colocan en la componente precisa. El código instanciado se presenta en la Tabla VII.

A continuación Tabla VIII se muestra el CubeView que es el resultado de la primera instrucción de la Tabla VII.

TABLA VII

Código en SQL para la obtención del el cubo OLAP calificado difuso

```
BEGIN

        CREATE TEMPORAL TABLE cubeView AS
        SELECT
        nomTienda, nomCategoria, nomMes,
        SUM(v.Ventas) AS totVentas,
        GROUPING(nomTienda) AS g1,
        GROUPING(nomCategoria) AS g2,
        GROUPING(nomMes) AS g3
        FROM
                /* Data Warehouse */
        Tiempo AS t, Proveedor AS p, Tienda AS d,
        Producto AS r, Categoria AS c, VentasMetas AS v
        WHERE
                /* Filtros de selección del Data Warehouse*/
                p.nomProveedor = 'FRUTALE' AND
                d.nomTienda IN {'ALG', 'MEGA'} AND
                c.nomCategoria IN {'GRANEL', 'PANPITA'}
AND
                t.numAnio = 2007 AND t.numMes BETWEEN 7
AND 9 AND
                /* Condiciones de Join del Data Warehouse */
                v.codProveedor = p. codProveedor AND
                v.codTienda = d. codTienda AND
                v.codProducto = r.codProducto AND
                r.codCategoria = c. codCategoria AND
                v.numAnio = t. numAnio AND v.numMes = t.
numMes
        GROUP BY CUBE (
        nomTienda, nomCategoria, nomMes
        );

        CREATE TEMPORAL TABLE rangeBound AS
        SELECT g1,2,g3, MAX(totVentas) AS upperBound
        FROM cubeView
        GROUP BY g1,..,g2;

        SELECT nomTienda, nomCategoria, nomMes, totVentas,
label,
        membership(v.aggMes,r.upperBound,p.x1,p.x2,p.x3,p.x4) AS
degree
        FROM cubeView AS v,rangeBound AS r,fuzzyPartiction AS
p
        WHERE p.measure = 'Ventas'
        AND v.g1 = r.g1 AND v.g2 = r.g2 AND b.g3 = r.g3
        AND (v. totVentas/r.upperBound)*100 BETWEEN p.x1
AND p.x4

END;
```

TABLA VIII

Cubo OLAP preciso, ex

nomTienda	nomCategoria	nomMes	totVentas	g1	g2	g3
ALEG	GRANEL	jul	611.553	1	1	1
ALEG	GRANEL	ago	732.465	1	1	1
ALEG	GRANEL	sep	211.116	1	1	1
ALEG	GRANEL		1.555.134	1	1	0
ALEG	PANPITA	jul	152.760	1	1	1
ALEG	PANPITA	ago	162.850	1	1	1
ALEG	PANPITA	sep	152.130	1	1	1
ALEG	PANPITA		467.740	1	1	0
MEGA	GRANEL	jul	59.900	1	1	1
MEGA	GRANEL	ago	135.730	1	1	1
MEGA	GRANEL	sep	130.460	1	1	1
MEGA	GRANEL		326.090	1	1	0
MEGA	PANPITA	jul	290.950	1	1	1
MEGA	PANPITA	ago	247.930	1	1	1
MEGA	PANPITA	sep	231.150	1	1	1
MEGA	PANPITA		770.030	1	1	0
ALEG		jul	764.313	1	0	1
ALEG		ago	895.315	1	0	1
ALEG		sep	363.246	1	0	1
ALEG			2.022.874	1	0	0
MEGA		jul	350.850	1	0	1
MEGA		ago	383.660	1	0	1
MEGA		sep	361.610	1	0	1
MEGA			1.096.120	1	0	0
	GRANEL	jul	671.453	0	1	1
	GRANEL	ago	868.195	0	1	1
	GRANEL	sep	341.576	0	1	1
	GRANEL		1.881.224	0	1	0
	PANPITA	jul	443.710	0	1	1
	PANPITA	ago	410.780	0	1	1
	PANPITA	sep	383.280	0	1	1
	PANPITA		1.237.770	0	1	0
		jul	1.115.163	0	0	1
		ago	1.278.975	0	0	1
		sep	724.856	0	0	1
			3.118.994	0	0	0

En la Tabla IX se muestra el resultado de la segunda instrucción de la Tabla VII, que es el *rangeBound*.

TABLA IX

Límite superior del rango del universo para cada contexto

g1	g2	g3	UpperBound
1	1	1	732.465
1	1	0	1.555.134
1	0	1	895.315
1	0	0	2.022.874
0	1	1	868.195
0	1	0	1.881.224
0	0	1	1.278.975
0	0	0	3.118.994

Finalmente, en la Tabla X se encuentra el resultado de la tercera instrucción de la Tabla VII, que es el cubo OLAP calificado difuso. Las cinco primeras filas de esta tabla son muy representativas para explicar nuestro aporte.

Lo primero que podemos observar es que hay una columna llamada *label* que contiene etiquetas lingüísticas definidas en la partición difusa para el indicador *Ventas*, a saber *altas*, *medias* y *bajas*, es más claro para el usuario ver estas etiquetas lingüísticas que sólo los valores numéricos.

También hay una columna de nombre *degree* que tiene el grado de satisfacción del valor de la medida al conjunto difusos que define a la etiqueta, estos nos dice cuán cierto afirmar que se cumple esta calificación, el valor 1,0 indica plena certeza, mientras que, si hay incertidumbre, el grado será distinto de 1,0.

En caso de incertidumbre, de acuerdo a la definición de partición difusa, para la misma combinación de dimensiones y medida aparecen dos filas con diferentes etiquetas y con grados complementarios, es lo que ocurre en la tercera y cuarta fila con las etiquetas *bajas* y *medias* y con los grados 0,71 y 0,29, respectivamente.

Podemos notar que la fila primera, segunda y quinta tienen la misma etiqueta *altas* con el grado 1,0; sin embargo la quinta fila tiene el valor de la medida *Metas* un orden de magnitud por encima de las otras dos filas; lo que pasa es que las dos primeras filas pertenecen al mismo contexto, aquél en que aparecen todas las claves dimensionales, mientras que quinta fila pertenece a un contexto diferente, el que resulta de suprimir la dimensión tiempo. Esto nos muestra el hecho que nuestros conjuntos difusos se ajustan al contexto.

Supongamos que el usuario deseara sólo conocer dónde las *ventas* fueron *bajas* con un nivel de satisfacción por encima de 0,5. Para ello simplemente se añade a la cláusula **WHERE** de la última instrucción de la Tabla VII la condición *p.label= 'bajas'* **AND** *degree > 0.5*, esto le permitiría ir de una forma más certera a determinar cuáles son las combinaciones en que las ventas están débiles, lo cual podría ser de mucha ayuda al gerente en su toma de decisiones.

TABLA X

Cubo OLAP calificado difuso

nomTienda	nomCategoria	nomMes	totVentas	Label	Degree
ALEG	GRANEL	jul	611.553	altas	1,00
ALEG	GRANEL	ago	732.465	altas	1,00
ALEG	GRANEL	sep	211.116	bajas	0,71
ALEG	GRANEL	sep	211.116	medias	0,29
ALEG	GRANEL		1.555.134	altas	1,00
ALEG	PANPITA	jul	152.760	medias	0,03
ALEG	PANPITA	jul	152.760	bajas	0,97
ALEG	PANPITA	ago	162.850	medias	0,07
ALEG	PANPITA	ago	162.850	bajas	0,93
ALEG	PANPITA	sep	152.130	medias	0,03
ALEG	PANPITA	sep	152.130	bajas	0,97
ALEG	PANPITA		467.740	medias	0,34
ALEG	PANPITA		467.740	bajas	0,66
MEGA	GRANEL	jul	59.900	bajas	1,00
MEGA	GRANEL	ago	135.730	bajas	1,00
MEGA	GRANEL	sep	130.460	bajas	1,00
MEGA	GRANEL		326.090	medias	0,03
MEGA	GRANEL		326.090	bajas	0,97
MEGA	PANPITA	jul	290.950	medias	0,66
MEGA	PANPITA	jul	290.950	bajas	0,34
MEGA	PANPITA	ago	247.930	medias	0,46
MEGA	PANPITA	ago	247.930	bajas	0,54
MEGA	PANPITA	sep	231.150	medias	0,39
MEGA	PANPITA	sep	231.150	bajas	0,61
MEGA	PANPITA		770.030	medias	0,98
MEGA	PANPITA		770.030	bajas	0,02

nomTienda	nomCategoria	nomMes	totVentas	Label	Degree
ALEG		jul	764.313	altas	1,00
ALEG		ago	895.315	altas	1,00
ALEG		sep	363.246	medias	0,69
ALEG		sep	363.246	bajas	0,31
ALEG			2.022.874	altas	1,00
MEGA		jul	350.850	medias	0,64
MEGA		jul	350.850	bajas	0,36
MEGA		ago	383.660	medias	0,76
MEGA		ago	383.660	bajas	0,24
MEGA		sep	361.610	medias	0,68
MEGA		sep	361.610	bajas	0,32
MEGA			1.096.120	medias	1,00
	GRANEL	jul	671.453	altas	0,73
	GRANEL	jul	671.453	medias	0,27
	GRANEL	ago	868.195	altas	1,00
	GRANEL	sep	341.576	medias	0,64
	GRANEL	sep	341.576	bajas	0,36
	GRANEL		1.881.224	altas	1,00
	PANPITA	jul	443.710	medias	1,00
	PANPITA	ago	410.780	medias	0,91
	PANPITA	ago	410.780	bajas	0,09
	PANPITA	sep	383.280	medias	0,80
	PANPITA	sep	383.280	bajas	0,20
	PANPITA		1.237.770	medias	1,00
		jul	1.115.163	altas	1,00
		ago	1.278.975	altas	1,00
		sep	724.856	medias	1,00
			3.118.994	altas	1,00

5. Conclusiones

El mayor aporte de este trabajo es permitir el análisis de indicadores gerenciales en Data Warehouse haciendo uso de términos cualitativos más cercanos al lenguaje natural y, por lo tanto, a la manera de pensar del ser humano. Para lograr esto hemos propuesto una nueva forma de predicados difusos auto-ajustables que permite de una forma sencilla especificar la semántica de términos lingüísticos que se ajustan automáticamente al contexto de los datos, lo cual es también un aporte novedoso en el área de conjuntos difusos. Así mismo hemos creado una metodología de desarrollo de Data Warehouse con la incorporación de términos lingüísticos que pueden ser procesados por un manejador de bases de datos relacionales convencional que tenga los operadores OLAP del SQL estándar, lo cual resulta muy conveniente pues con este aporte se puede trabajar la calificación difusa sin requerir tener un manejador de bases de datos con soporte para lógica difusa. El cubo OLAP calificado difuso puede ser de gran utilidad al gerente en su proceso de toma de decisiones.

6. Agradecimientos

Queremos dar gracias al MSc. Mauricio País quien contribuyó en la realización de este trabajo, fundamentalmente en el planteamiento inicial de la propuesta, así como en la consecución y análisis del caso de estudio. Este trabajo cuenta con el aporte del FONACIT (Venezuela) a través de la subvención G-200500278. También se reconoce la contribución de la IRISA/ENSSAT (Francia) a través del proyecto Pilgrim. Agradecemos sobre todo a Dios quien nos permite tomar y desarrollar su fruto que ha sido muy importante para la realización de este trabajo, pero también para nuestra subsistencia en estos tiempos difíciles: "Mas el fruto del Espíritu es amor, gozo, paz, paciencia, benignidad, bondad, fe, mansedumbre, templanza; contra tales cosas no hay ley." (Gálatas 5:22-23)

7. Referencias Bibliográficas

Bosc, P., Pivert, O. (1995) "SQLf: A Relational Database Language for Fuzzy Quering", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 3, No. 1.

Bordogna G. Psaila G.. Customizable Flexible Querying for Classical Relational Databases. *Handbook of Research on Fuzzy Information Processing in Databases*. José Galindo. Idea Group Inc (IGI): 191-217. 2008.

Carpani, F. (2001). An Integrity Constraints Language for a Conceptual Multidimensional Data Model. XIII International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering. SEKE'01. Bs. As. Argentina. 2001

Galindo, J. (2005), "New Characteristics in FSQL, a Fuzzy SQL for Fuzzy Databases". WSEAS Transactions on Information Science and Applications 2, Vol. 2, pp. 161-169.

ISO/IEC JTC 1/SC 32 CD 9075-2:2008(E) ISO/IEC JTC 1/SC 32/WG 3 The United States of America (ANSI) Information technology — Database languages — SQL — Part 2: Foundation (SQL/Foundation) Technologies de l'information , 2008.

Jarke, M., Lenzerini, M., Vassiliou, Y., & Vassiliadis, P. (eds.). (2003). Fundamentals of Data Warehouses. Springer-Verlag. 2nd Edition, ISBN 3-540-42089-4

Jiménez, C. (2008) "Razonamiento Aproximado y Adaptable en el Procesamiento de Consultas Vagas", Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2008.

Olap Council, The OLAP glossary, OLAP and OLAP Server definitions, http://www.olapcouncil.org/research/glossary.htm, 1997

Peralta, V. (2003). Data warehouse logical design from multidimensional conceptual schemas. Winner of the 3rd Prize in the X Master Thesis Concourse of CLEI-UNESCO 2003. XXIX Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI'2003). La Paz, BOLIVIA, September 2003.

Tudorie, C. Qualifying Objects in Classical Relational Databases. *Handbook of Research on Fuzzy Information Processing in Databases*. José Galindo. Idea Group Inc (IGI):218-249. 2008.

Zadeh, (1965) Fuzzy Sets. Information Control, 8:338-353.

Zadeh, L. (1975) The concept of linguistic variable and its application to approximate reasoning. Information Science: 8(3)199-249.

DISEÑO DE PROPUESTAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA LÍNEA DE ENVASADO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE BEBIDAS DE CONSUMO MASIVO

■ Ana Paula Garzón
email: garzonanapaula@gmail.com
Ingeniero Industrial.
Universidad Católica Andrés Bello,
Caracas, Venezuela

Fecha de Recepción: 05 de abril de 2009
Fecha de Aceptación: 02 de julio de 2009

Resumen

El Trabajo que se presenta a continuación tiene como finalidad diseñar y evaluar una propuesta de mejora que permita aumentar los niveles de productividad de una línea de envasado de una planta embotelladora de alto consumo, satisfaciendo la demanda actual y aumentando la rentabilidad de la empresa.

En la primera etapa, descripción de la situación actual, se hizo uso de la información histórica de la empresa referente a los registros de los valores de productividad y los reportes de fallas generados por los supervisores de línea, para el análisis de su comportamiento. A partir del análisis de la situación actual, segunda etapa del proyecto, se determinan las causas raíces de los problemas asociados a la línea de envasado para realizar las propuestas de mejora. Luego de analizadas todas las variables influyentes del sistema, se procede a la realización de un modelo de simulación que considera todos los factores que intervienen en el proceso de envasado: los equipos con sus respectivas velocidades, las bandas transportadoras, los procesos de arranque de línea y cambio de producto, y la ocurrencia aleatoria de fallas. En la tercera etapa, se evalúa el impacto de las propuestas de mejora en el proceso, a partir de la modificación de parámetros claves. Se propone aumentar la velocidad de las etiquetadoras de su valor actual a su velocidad máxima, aumentado la velocidad de la línea (cajas/hora) en un 6,8%. Se determina que la incidencia de reducir la ocurrencia de fallas de

la línea en un 30% mediante la implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) es de 12,8%. En la cuarta etapa, se indica la inversión necesaria para la implementación de las mejoras propuestas así como un plan para su ejecución.

Por último se generan conclusiones y recomendaciones dirigidas a control de las velocidades de los equipos etiquetadores, implementar la filosofía de Mantenimiento Productivo Total y reducir los tiempos no productivos de la línea (proceso de cambio de producto).

Palabras Claves: *diseño, evaluación, productividad, procesos, envasado.*

1. INTRODUCCION

Actualmente, la línea seis de envasado de la Empresa, está presentando una productividad promedio en los últimos seis meses de 49%, medida ésta a partir de la eficiencia de la capacidad nominal del equipo llenador de botellas.

Esta condición de baja productividad se evidencia en fallas recurrentes de los equipos que conforman la línea, en las variaciones significativas de los tiempos de montaje y desmontaje de un producto a otro, en la duración del proceso de puesta a punto de la línea y en el desaprovechamiento de los equipos al procesar productos que luego serán descartados.

Es por ello que se desea analizar todas las variables que intervienen en el sistema para realizar y analizar propuestas que mejoren la productividad de éste, identificando el impacto de cada una de ellas en la cantidad de cajas producidas en determinado momento.

2. ANTECEDENTES

[LECUE, XABIER. 2007] DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA INCREMENTAR LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE PRENSAS EXCÉNTRICAS DE UNA FÁBRICA PRODUCTORA DE INSUMOS ELÉCTRICOS Y DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN CARACAS. El siguiente trabajo, tuvo como finalidad diseñar y evaluar una propuesta de mejora que permita aumentar los niveles de productividad de la línea de prensas excéntricas de Industrias FERREINOX C.A. con el fin de satisfacer la demanda actual de la empresa y optimizar los recursos que dispone la compañía, mientras aumenta la rentabilidad del negocio. Entre sus resultados exponen la propuesta 1 de mejora la cual es capaz de incrementar la capacidad instalada de la planta en un 33%, lo cual permitiría cubrir la demanda. Por otra parte, en caso de un futuro aumento de la demanda, la implementación de la propuesta 2 podría incrementar la capacidad instalada de producción en un 61%.

[ESPINOZA LEÓN, VANESSA; GUINAND SALAS, ANDREINA. 2007] ANÁLISIS DE LOS PROCESOS EN EL ÁREA DE ENVASADO, DESTINADO A REDUCIR LAS MERMAS DE LOS CUERPOS DE LATAS Y TAPAS DE LATAS EN UNA EMPRESA NACIONAL DE CONSUMO MASIVO. Este trabajo tuvo como finalidad analizar una línea de envasado para reducir la merma de cuerpos y tapas de latas. A partir de la realización de un modelo

de simulación, se logró determinar el impacto de las mejoras propuestas obteniendo un reducción de las mermas con un beneficio total de BsF. 261.413

3. METODOLOGÍA

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1.1 Análisis de productividad de la línea de envasado seis

La empresa determina la productividad de sus líneas de envasado a partir de la medición de la eficiencia de sus equipos. Ésta se calcula a partir de los valores correspondientes a la cantidad de cajas producidas durante el tiempo operativo en relación con la cantidad nominal/teórica de cajas que se debieron haber producido en dicho tiempo. La cantidad de cajas que debieron haber sido elaboradas, se calcula a partir de la velocidad establecida de la línea, la cual está regida por las llenadoras. A partir del comportamiento de los valores de productividad del año 2008 que se presentan en la Figura 10, se puede establecer que la línea tiene una productividad con un promedio de 50,76%.

Tabla 1: Productividad de la Línea

Mes	Productividad
Enero	52,60%
Febrero	54,40%
Marzo	54,80%
Abril	50,00%
Mayo	45,20%
Junio	43,00%
Julio	48,70%
Agosto	53,80%
Septiembre	54,40%

Nota: Elaboración Propia.

3.1.2 Identificación y descripción de las causas que afectan la productividad.

Para la identificación de las causas que afectan la productividad, se realiza una entrevista semiestructurada a un grupo de 11 personas relacionadas con la línea (analistas de mejora continua, supervisores de producción, mecánicos, operarios, entre otros) a fin de obtener ideas generales de la problemática existente.

Con la información recolectada, se elabora el Diagrama de la Figura 1, en donde se representan las causas que afectan la productividad de la línea seis. Estas causas se agrupan en categorías según las etapas de cambio de producto, arranque y puesta a punto y el funcionamiento de los equipos en su etapa de producción.

Seguidamente se da una breve explicación de los resultados obtenidos.

- En cuanto a los equipos.

Desgaste de la maquinaria: Los equipos se ven afectados por la calidad del trabajo de los mecánicos debido a la falta de precisión en los ajustes, tanto en el cambio de producto, como en la reparación de fallas.

Fallas: Durante el arranque se presentan fallas en los equipos que atrasan el inicio de la producción y durante el funcionamiento se presentan fallas que ocasionan tiempos perdidos o disminuyen el rendimiento de los equipos.

- En cuanto a los métodos y procedimientos.

Secuencia de actividades: No se sigue una misma secuencia de actividades durante el cambio operativo y mecánico. No existe un procedimiento formal actualizado.

Mantenimiento de equipos: Se presentan fallas en la planificación del mantenimiento del fin de semana dado que no hay control en la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

Fallas en Logística: Existe deficiencia en la coordinación de las actividades y ubicación de las piezas y herramientas en el momento del cambio y en las reparaciones de fallas, así como en la disponibilidad de insumos y en el manejo de la información de los trabajos de mantenimiento realizados y por realizar

- En cuanto a los trabajadores

Adiestramiento: Existe un déficit en el adiestramiento por rotación del personal, ausentismo, etc.

Influencia del Sindicato: Actualmente el sindicato tiene mucha influencia en la actitud que toma el trabajador ante el empleador, lo cual afecta la calidad de su trabajo.

Fallas de Supervisión: Existen fallas en el control, por parte del supervisor del área, de los trabajos realizados, tanto operativos como de mantenimiento, que no garantizan la calidad de los mismos.

- En cuanto a los materiales.

Problemas de Calidad: Problemas con la calidad de las botellas, así como la pega utilizada en el etiquetado y en ocasiones el suministro del líquido de llenado debido a una dosificación incorrecta de CO_2 u otros insumos.

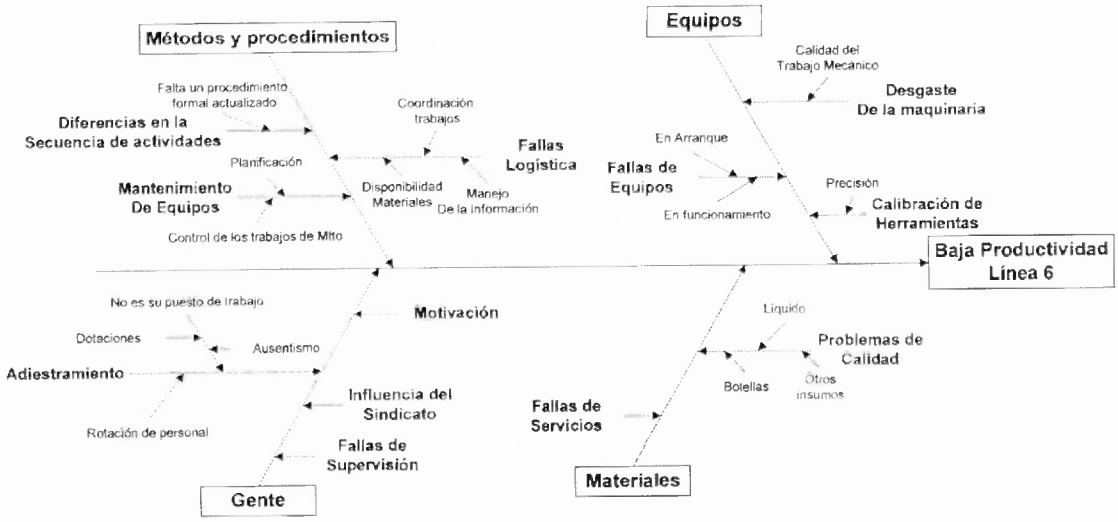

Figura 1. Causas que afectan la productividad de la línea seis. Fuente: Elaboración Propia.

Falla en los Servicios: Fallas eventuales en cuanto a la disponibilidad de los servicios de CO_2, agua, electricidad, amoníaco, entre otros, necesarios para el funcionamiento de la línea.

La productividad de la línea se ve afectada por una gran cantidad de causas que se evidencian en la falta de control y supervisión de los trabajos tanto de mantenimiento como de cambio de producto, es por ello que se analizará la problemática de las fallas y el tiempo de cambio.

3.1.3 Comportamiento de fallas por equipo

Se analiza la información contenida en el sistema computarizado para los últimos 20 meses, sobre los registros de tiempos de falla ocurridos durante la producción (Avisos P2 realizados por el supervisor de turno).

Se comienza el análisis tomando la información completa de los equipos de la Línea seis para determinar cuáles de ellos ocasionan más tiempo perdido por falla en el periodo en estudio y poder seleccionar los equipos para realizar un análisis más exhaustivo.

En la Tabla 2 y en la Figura 2, se observa que el 81,35% de los tiempos de falla se puede relacionar con el 42,85% de los equipos que intervienen en el proceso de envasado de la línea seis (6 de 14 equipos).

Tabla 2. Datos de Comportamiento de tiempos de falla en los equipos

Equipo	Tiempo (min)	Tiempo %	Acum %
Llenadora	21775	18,54	18,54
Despaletizador	19742	16,81	35,36
Etiquetadora	15978	13,61	48,96
Kister	15696	13,37	62,33
Vías de Cajas	11233	9,57	71,89
Paletizador	11108	9,46	81,35
Vías de Botellas	6281	5,35	86,70
Agrupador (MEAD)	3843	3,27	89,98
Inspectores	3463	2,95	92,92
Rinser	3174	2,70	95,63
Pasteurizador	2764	2,35	97,98
Video Jet	1536	1,31	99,29
Envolvedora	655	0,56	99,85
Cip	180	0,15	100,00
TOTAL	117428	100,00%	

Nota: Elaboración Propia.

3.1.4 Análisis del proceso general del cambio de producto

Entre los cambios de producto que se realizan, el que representa mayor cantidad de tiempo invertido es la secuencia del cambio del producto 1 al Producto 2, ya que se realiza el ciclo de limpieza del sistema de llenado con el mayor tiempo invertido.

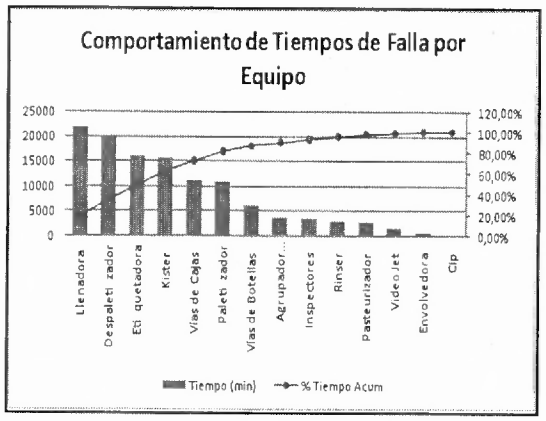

Figura 2. Comportamiento de fallas de equipos de la línea seis. Fuente: Elaboración Propia.

En la empresa no se lleva una estadística de los valores del tiempo invertido en el cambio de producto. Sin embargo, a través del manejo de la información existente, se calculan 9 valores de tiempo en la secuencia Cerveza-Malta realizados en el año 2008, para poder evaluar su comportamiento. Dicha información se representa en la Tabla 3 y la Figura 3.

Se observa que existe una alta variabilidad en el tiempo de cambio de producto, presentando un valor promedio de 5 horas 23 min, con un mínimo de 3 horas 57 min y un máximo de 7 horas 2min y una desviación estándar de 59,67 min.

Las causas raíces que afectan la productividad para la línea de envasado número seis se identifican en el siguiente enunciado.

Tabla 3. Tiempos de Cambio Cerveza-Malta

#	Tiempo (hh:mm)	Tiempo (min)
1	05:39	339
2	05:39	339
3	04:28	268
4	05:12	312
5	03:57	237
6	07:02	422
7	05:08	308
8	04:51	291
9	06:43	403

3.2 Análisis de la situación actual

3.2.1 Determinación de las causas raíces.

- Comportamiento de fallas por equipo.

Sistema de Llenado

Para el análisis del sistema de llenado se consideran las fallas reportadas para la llenadora 601, la llenadora 602 y las fallas conjuntas que detienen ambas llenadoras.

Se determina que el 80,75% del tiempo reportado por falla abarca el 33,33% de las categorías y corresponde a fallas resportadas por mantenimiento, elaboración y servicios.

Despaletizador Bulk

Se realiza el análisis a partir de las categorías de fallas contenidas en los reportes, y se observa que el 86,01% del tiempo de fallas corresponde al 40% de los tipos de falla reportados, las cuales se engloban en el marco de fallas por mantenimiento y fallas por logística de calidad de los insumos que son introducidos en el equipo.

Sistema de Etiquetado

Para el análisis del sistema de etiquetado se consideran las fallas reportadas que detienen la etiquetadora 601 y las que detienen la etiquetadora 602; así como las fallas conjuntas que detienen ambas etiquetadoras.

Se realiza el análisis a partir de las categorías de fallas contenidas en los reportes los cuales indican que el 88,90% del tiempo por falla corresponde al 30% de los tipos de fallas reportadas.

Predominan las fallas atendidas por los mecánicos, referidas a ajustes varios por mal etiquetado, cambio de las esponjas del cilindro de transferencia y ajustes en el magazín de etiquetas, entre otros.

Sistema de empacado

Para el análisis del sistema de empacado se consideran las fallas reportadas que detienen el empacador kister 601, las fallas que detienen el empacador kister 602 y las fallas conjuntas que detienen ambos empacadores.

Se realiza el análisis a partir de las categorías de fallas contenidas en donde se observa la existencia de fallas recurrentes respecto al sistema de inyección de pega, ajustes en el sistema de manejo de botellas y cambio de cuchillas de corte. Esto debido al desgaste y deterioro de las piezas.

- Identificación y descripción de las causas que afectan el cambio de producto.

En la Figura 3, se presenta un diagrama que representa las posibles causas de la variación de tiempo de cambio de producto. Seguidamente una breve explicación del mismo.

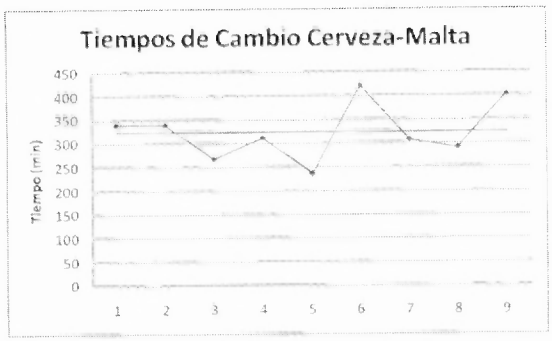

Figura 3. Comportamiento de los tiempos de cambio Cerveza-Malta. Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a los equipos:

Falta de mantenimiento preventivo: las fallas en los equipos que están procesando el último lote de botellas de la orden, prolonga el tiempo de cambio ya que requiere del uso del mecánico en la reparación de la falla correspondiente para luego continuar con las actividades del cambio de producto.

Ajustes de arranque innecesarios: no se hacen pruebas una vez terminado el cambio en cada una de las máquinas, a fin de garantizar su correcto funcionamiento por lo que se pierde tiempo haciendo ajustes cuando se va a comenzar la producción de la nueva orden.

En cuanto al personal:

Existe una marcada diferencia entre las actividades que realizan los distintos trabajadores: operarios, electricistas y mecánicos, los cuales se limitan a realizar únicamente su trabajo, si no les corresponde atender a una falla determinada esperan a que esté disponible el responsable de atenderla, aun cuando la pudieron haber reparado ellos mismos.

Fallas de comunicación: no siempre se notifican todas las irregularidades durante los cambios de turno, lo que puede ocasionar re-trabajos por falta de información previa.

Falta de Supervisión: existen fallas en el seguimiento por parte del supervisor del estado del cambio de producto en el tiempo, es decir, no sabe cuánto ha sido ejecutado en un momento dado y los posibles problemas que se han presentado durante su ejecución. Éste debe garantizar la presencia del personal en sus puestos de trabajo, así como también la realización de las distintas actividades según la secuencia correspondiente.

En cuanto al procedimiento

Falla por falta de inspección de los elementos de cambio: No se inspeccionan los elementos de cambio antes del cambio de producto, es decir, no se verifica si se cuenta con todas las piezas necesarias y que éstas se encuentren en condiciones para ser utilizadas por lo que se pierde tiempo ubicando piezas.

Falta de elementos de referencia: falta identificación de las piezas y referencias en las máquinas que faciliten el proceso de cambio.

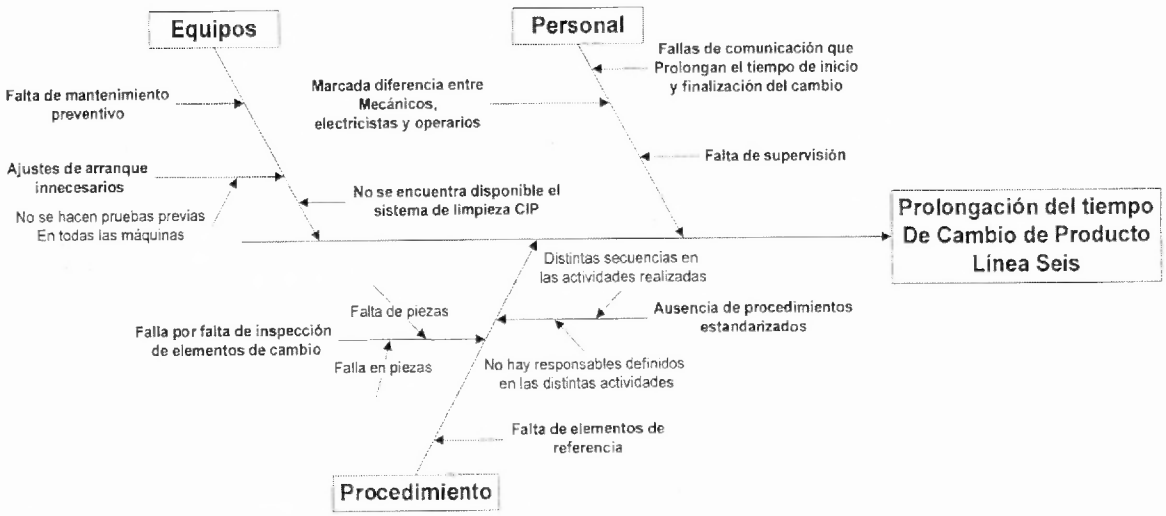

Figura 4.Causas que afectan la prolongación del cambio de producto de la línea seis. Fuente: Elaboración Propia.

Ausencia de procedimientos estandarizados: las actividades se realizan en distintas secuencias que no facilitan el control de las mismas, debido a que no hay responsables definidos para las actividades y se improvisa en cada caso.

3.3. Propuestas de mejora

3.3.1 Descripción funcional del modelo de simulación

El objeto de la realización de un modelo de simulación de la línea seis, es el de poder identificar las causas que afectan la productividad de la línea y poder evaluar distintos escenarios del proceso productivo de envasado de malta y cerveza para mejorarla. A continuación se explicarán las entradas del modelo y su funcionamiento a partir del flujo de proceso de las operaciones de envasado.

- Tiempo de simulación

Se toman 21 semanas de producción de la línea número seis. El tiempo de trabajo de las mismas es de 5 días (de lunes a viernes) de los cuales en promedio se trabaja 4 días por semana, dado que se comparten los operadores con otras líneas de envasado de la fábrica, en función de la planificación de la producción de la empresa (según las estadísticas de la empresa).

- Órdenes de envasado

Durante las 21 semanas estudiadas, se generaron 92 órdenes de los distintos productos elaborados en la línea, identificadas con la siguiente información:

Semana: indica la semana en la cual se lleva a cabo la producción de la orden.

Producto: indica el código del producto que será envasado.

Cantidad Orden: indica la cantidad estimada de producto que se planificó producir. Tiempo plan: indica el tiempo disponible para la producción de la orden planificada, este considera tiempos de arranque, cambio de producto y rutinas de limpieza según sea el producto.

Código previo: este indica la actividad de ajuste de la línea que se realiza previo al envasado de la orden.

- Los equipos

Las velocidades de los equipos que componen la línea seis se presentan en la Tabla 4. Dichas velocidades fueron tomadas en campo, en distintos momentos durante el envasado de los productos.

Tabla 4. Velocidades de los equipos línea seis.

Equipo	Velocidad (cajas/ hora)	Equipo	Velocidad (cajas/ hora)
Bulk	4000	Etiquetadora 1	1490
Rinser 1	1800	Etiquetadora 2	1430
Rinser 2	1800	Mead	2430
Llenadora 1	1715	Kister 1	2430
Llenadora 2	1715	Kister 2	2430
Paster (Malta)	4170	Paletizador 1	2450
Paster (Solera)	3791	Paletizador 2	2450
Paster (Ice/ Pilsen)	3412		

- Mantenimiento correctivo

A partir de los tiempos de falla por equipo reportados por los supervisores y utilizando un programa para el análisis estadístico de datos (Input Analyzer), se calculan las distribuciones de probabilidad del tiempo de falla de los mismos, según se indica en la Tabla 5. Adicional a esto, se calcula la cantidad de fallas por día, relacionando la cantidad de fallas ocurridas con los días hábiles trabajados durante el periodo en estudio.

Tabla 5. Tiempos y frecuencia de fallas por equipo.

Equipo	Distribución tiempo de falla (min)	Fallas/ Día
Bulk	LOGN(41.8, 46)	1,14
Rinser 1	10 + EXPO(41)	0,09
Rinser 2	10 + WEIB(32, 0.509)	0,17
Rinser 1 y 2	7.5 + LOGN(13.6, 23.4)	0,09
Llenadora 1	10 + WEIB(42.3, 0.826)	0,51
Llenadora 2	10 + WEIB(40.3, 0.72)	0,63
Llenadora 1 y 2	5 + 355 * BETA(0.384, 2.75)	0,6
Paster	5 + WEIB(28.8, 1.01)	0,23
Etiquetadora 1	10 + WEIB(63.1, 0.702)	0,31
Etiquetadora 2	10 + WEIB(60, 0.853)	0,43
Etiquetadora 1 y 2	10 + WEIB(10.9, 0.342)	0,41
Mead	5 + WEIB(38.5, 0.802)	0,23
Kister 1	10 + LOGN(118, 420)	0,56
Kister 2	10 + WEIB(51.7, 0.983)	0,52
Kister 1 y 2	10 + WEIB(23.6, 0.561)	0,2
Paletizador 1	7 + WEIB(21.7, 0.917)	0,26
Paletizador 2	LOGN(58.3, 108)	0,37
Paletizador 1 y 2	10 + WEIB(28.7, 0.637)	0,17
Vías botell vacías	LOGN(44.2, 79.7)	0,38
Vías botell llenas	5 + WEIB(14.4, 0.613)	0,19
Vías de cajas	5 + WEIB(31.9, 0.862)	0,81

- Verificación y validación del modelo de simulación

La verificación del modelo se realiza mediante un seguimiento de las actividades de arranque, cambio

de producto y envasado de botellas no retornables de cerveza y malta, asegurando que la lógica del modelo representa el flujo de los procesos reales en los mismos, dónde por flujo de procesos se refiere a la secuencia lógica de operaciones necesarias para el envasado del producto, e incluye las fallas de los equipos y las características propias del sistema.

Como parámetro de validación del modelo de la situación actual se utiliza el indicador creado por la empresa para medir la productividad de sus líneas: cajas envasadas por hora (cajas/ hora), dicha validación se realiza utilizando el método de Barras de control, en donde se contrastan los datos históricos suministrados por Cervecería Polar Los Cortijos y los arrojados por la simulación durante ese mismo período. Se ha establecido como un intervalo de control adecuado para este tipo de proceso una variación equivalente a tres (3) veces el valor de la desviación estándar en incremento y disminución del obtenido en la media de las observaciones estudiadas.

Validación con procesamiento de cerveza.

Antes de proceder a la validación del modelo se necesita conocer cuántas replicaciones del experimento se deben hacer para obtener un estimador con un nivel de confianza y error deseado. Se calcula el número de replicaciones necesarias para obtener el estimador de la siguiente variable: cantidad de cajas envasadas por hora en la línea seis de envasado de Cervecería Polar Los Cortijos.

Se realizan cuarenta y seis (46) replicaciones de prueba para calcular el número de replicaciones necesarias y obtener un estimador a un nivel de confianza del 95% y un error no mayor al 10%. Al utilizar la fórmula para el cálculo del número de replicaciones se obtienen los resultados indicados en la Tabla 6.

Tabla 6. Calculo del tamaño de muestra para las replicaciones de cerveza.

k	S	e	n
1,96	188,55	139,08	7,44

A partir de los resultados arrojados por el programa de simulación, en la Figura 15 se puede observar que todos los valores correspondientes al comportamiento del modelo cuando se envasa cerveza en cualquiera de sus presentaciones, cumple con el comportamiento del sistema real debido a que todos los valores se encuentran dentro del intervalo de control, quedando validado el modelo.

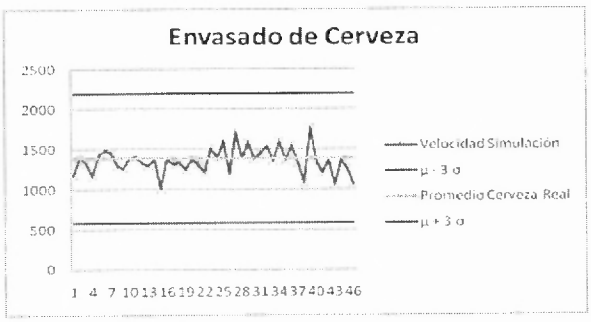

Figura 5. Validación del modelo de simulación con envasado de cerveza. Fuente: Elaboración Propia.

Se realiza el cálculo del intervalo de confianza para la prueba de hipótesis para la diferencia entre medias de la velocidad promedio real de la línea de envasado y la arrojada por el modelo de simulación para cerveza (ver Tabla 7).

Tabla 7. Prueba de hipótesis para la diferencia entre medias

$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	n_1	n_2	$S_{c_1}^2$	$S_{c_2}^2$
1354,88	1385,62	46,00	46,00	72290,51	24954,15

Intervalo de confianza obtenido:

(- 30.34 ±90,12) → (-120,86; 59.38)

Dado que el intervalo de confianza contiene el valor cero (0), se acepta la hipótesis nula, la cual establece que la media de los datos históricos es igual a la media obtenida a través de la simulación.

Validación con procesamiento de malta.

Para este caso, se realizaron veinticinco (25) replicaciones de prueba para calcular el número de replicaciones necesarias y obtener un estimador a un nivel de confianza del 95% y un error no mayor al 10%. Al utilizar la fórmula para el cálculo del número de replicaciones se obtienen los resultados indicados en la tabla 8.

Tabla 8. Calculo del tamaño de muestra para las replicaciones de malta (six pack).

k	S	e	n
1,96	98,42	74,88	7,64

En la Figura 16, se puede observar que al no haber valores fuera del intervalo de control (media ± 3±) de velocidad de envasado para malta con formato de formato six pack, para la línea número seis, se considera validado el modelo.

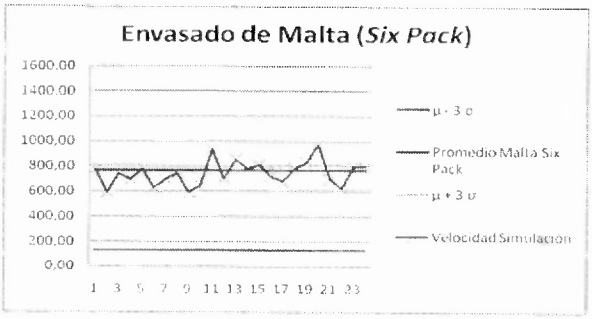

Figura 6. Validación modelo de simulación con envasado malta (six pack). Fuente: Elaboración Propia.

Se realiza el cálculo del intervalo de confianza para la prueba de hipótesis para la diferencia entre medias de la velocidad promedio real de la línea de envasado y la arrojada por el modelo de simulación para el caso de malta (*six pack*) (ver tabla 16).

Tabla 9. Prueba de hipótesis para la diferencia entre medias

$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	n_1	n_2	$S_{c_1}^2$	$S_{c_2}^2$
767,45	748,12	25,00	25,00	44684,76	9685,62

Intervalo de confianza obtenido:

(- 19,33 ± 91,40) →(- 110,73; 72,04)

Dado que el intervalo de confianza contiene el valor cero (0), se acepta la hipótesis nula, la cual establece que la media de los datos históricos es igual a la media obtenida a través de la simulación.

Debido a que las órdenes de malta con empaques granel se pueden producir por ambas mangas, como ocurre en el caso del envasado de cerveza, y por una sola manga, como ocurre cuando se produce en paralelo con órdenes de *six pack*, y el modelo para cada uno de esos casos ya se encuentra validado, se considera que también lo está para el caso de producción de malta granel.

Tabla 10. Sensibilidad de la velocidad del sistema ante la velocidad de las etiquetadoras

	Velocidad Etiquetadora 601		**Velocidad Etiquetadora 602**		**Velocidad Sistema**		
	Cerveza	Malta	Cerveza	Malta	Cerveza	Malta (Granel)	Malta (*Six Pack*)
Velocidad Mayor	1860	2070	1875	2083	1447	940	770
Velocidad Actual	1490	1757	1430	1686	1354	947	766
Velocidad Menor	1120	1444	985	1289	1051	788	643

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de sensibilidad

Se realizan modificaciones en variables que se encuentran directamente relacionadas con el funcionamiento de la línea de envasado seis y a través del modelo de simulación, y se determina el grado de mejora que se puede lograr luego de realizadas las modificaciones del mismo.

- Parámetros a modificar:

Las variables que se consideran para la realización del análisis del sistema, se mencionan a continuación:

Mantenibilidad: Puede ser asociada de manera inversa con el tiempo que se toma en lograr acometer las acciones de mantenimiento, en relación con la obtención del comportamiento deseable del sistema. En el modelo de simulación validado, se modifica la frecuencia de ocurrencia de mantenimiento correctivo.

Velocidad de las Etiquetadoras: se refiere a la modificación de las velocidades de las etiquetadoras 601 y 602. Las etiquetadoras son los únicos equipos a los que se les puede modificar la velocidad de procesamiento de botellas en el sistema.

- Modificación de la velocidad de las etiquetadoras

En el caso de la velocidad de las etiquetadoras se consideran 2 velocidades adicionales a la velocidad de procesamiento actual. Una primera velocidad que se encuentra por encima del valor actual que es el valor nominal del equipo, es decir, el valor recomendado por el fabricante, y un segundo valor que se encuentra por debajo del valor actual, en la misma proporción respecto a la velocidad del fabricante. Los escenarios se pueden observar en la Tabla 10.

Se observa que en el caso de aumento de la velocidad de las etiquetadoras, la velocidad del sistema aumenta en un 6,8% respecto al valor actual; mientras que cuando se reduce la velocidad en la misma proporción, la diferencia respecto al valor actual es de una reducción del 28%.

Se observa que en el caso de aumento de la velocidad de las etiquetadoras, la velocidad del sistema aumenta en un 6,8% respecto al valor actual; mientras que cuando se reduce la velocidad en la misma proporción, la diferencia respecto al valor actual es de una reducción del 28%.

Como se puede observar en la Tabla 10, el sistema es sensible a la modificación de la velocidad de las etiquetadoras, por lo que se fijan valores máximos para la etiquetadora 602 en el caso de cerveza de 1875 cajas/hora, y para el caso de malta de 2.083 cajas/hora; y para la etiquetadora 601 en el caso de cerveza de 1870 cajas/hora, y para el caso de malta de 2.070 cajas/hora

Es importante acotar que se considera la evaluación de un escenario de velocidad por debajo de la velocidad actual para verificar el impacto de la reducción de la velocidad en dichos equipos.

- Mejora en el mantenimiento de la línea:

En el caso de la mantenibilidad, se plantea la aplicación de un sistema de mantenimiento productivo total TPM, que permita llevar un control más estructurado del mantenimiento de los equipos y del sistema en general. Según James A. Leflar (2001), al aplicar TPM se pueden lograr reducciones de hasta un 83% en el número de fallas de un sistema productivo, por lo tanto se toman valores referenciales de 30 y 60% de reducción de fallas para el análisis de la línea de envasado como se indica en la Tabla 11.

Tabla 11. Sensibilidad de la velocidad del sistema ante la ocurrencia de fallas

	Velocidad Sistema		
Escenarios de Mantenibilidad	Cerveza	Malta (Granel)	Malta (Six Pack)
Actual	1354	947	766
Reducción ocurrencia fallas en 30%	1390	916	703
Reducción de ocurrencia de fallas en 60%	1380	897	705

Con los valores reportados en la Tabla 12, se observa que el incremento de la producción en la línea de envasado respecto al valor actual, representado en cajas por hora, aumenta en un 12,8% y en un 13,9%, cuando se reduce la ocurrencia de fallas en un 30% y un 60% respectivamente y las etiquetadoras se encuentran a su máxima velocidad.

Adicional a esto, la mejora que se percibe al hacer una disminución de la ocurrencia de fallas cuando las etiquetadoras funcionan en sus valores nominales, es de 5,58% y de 6,67%, cuando se reducen en 30% y 60% respectivamente.

Tabla 12. Sensibilidad de la velocidad del sistema ante la ocurrencia de fallas y etiquetadoras a la velocidad nominal

	Velocidad Sistema		
Escenarios de Mantenibilidad	Cerveza	Malta (Granel)	Malta (Six Pack)
Actual	1354	947	766
Reducción de ocurrencia de fallas en 30%	1528	1006	792
Reducción de ocurrencia de fallas en 60%	1544	1052	837

Por otra parte, cuando todos los equipos funcionan a las velocidades nominales, siendo el cuello de botella del sistema los equipos llenadores de botellas y no ocurren fallas, considerado un sistema ideal, la velocidad del sistema en el caso de cerveza de acuerdo al modelo de simulación es en promedio de 1595 cajas/hora, con valor máximo de 2094 cajas/hora y mínimo de 1096 cajas/hora. De acuerdo a dichos valores, el valor que podría considerarse tope para el sistema es de 2094 cajas/hora para el caso de cerveza, debido a todas las interacciones entre equipos y bandas que conforman el sistema de envasado de botellas no retornables. En el caso de envasado de malta, la velocidad por manga

cuando se produce granel y *six pack* es en promedio de 1109 cajas/hora y 869 cajas/hora, respectivamente.

4.2 Validación estadística de los resultados

Para verificar que los resultados arrojados por el análisis de sensibilidad no son causados por la aleatoriedad del modelo de simulación, se realiza el cálculo del intervalo de confianza para la prueba de hipótesis de diferencia entre medias de la velocidad promedio del modelo de simulación validado (actual) de la línea de envasado y la velocidad promedio arrojada por el modelo de simulación para cada uno de los escenarios (ver Tabla 13).

En la Tabla 13 se observa que al modificar las velocidades de las etiquetadoras el sistema refleja cambios significativos, debido a que los intervalos de confianza obtenidos no contienen el valor cero (0), rechazando la hipótesis nula.

Además, también se observa que en el caso de modificar solo los valores de ocurrencia de fallas, dejando fijos los valores actuales de velocidad de las etiquetadoras, la variación de los resultados no es significativa, aceptando la hipótesis nula que establece que la velocidad media de los valores históricos es igual a la velocidad media de los valores arrojados mediante el modelo de simulación (reducir el mantenimiento, sin modificar las velocidades de las etiquetadoras, no afecta la velocidad de la línea de envasado).

Por otra parte, debido a que los valores reportados en los casos de reducción de 30% y 60% de las fallas, cuando las etiquetadoras funcionan a las velocidades nominales, se encuentran cercanos, se hace una prueba de hipótesis de diferencia entre medias para identificar si existe igualdad estadística de datos que manifieste que no existe una variación significativa de los resultados en cuanto a la velocidad del sistema (Ver Tabla 14).

Tabla 14. Prueba de hipótesis para la diferencia entre medias para reducción de fallas en 30% y 60%

$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	n_1	n_2	$S_{c_1}^2$	$S_{c_2}^2$
1528,47	1544,32	46,00	46,00	62553,54	37304,47

Intervalo de confianza obtenido:

(- 15,85 ±91,32) →(-107,17; 75,47)

Dado que el intervalo de confianza obtenido contiene el valor cero (0), se acepta la hipótesis nula, la cual establece que la media de los datos arrojados por la simulación en el caso de reducción de fallas en un 30% con la velocidad de las etiquetadoras al valor nominal, es igual a la media obtenida a través de la simulación en el caso de reducción de fallas en un 60% con la velocidad de las etiquetadoras al valor nominal (reducir la ocurrencia de fallas en más de un 30%, con la velocidad nominal de las etiquetadoras, no afecta la velocidad de la línea de envasado).

Tabla 13. Sensibilidad de la velocidad del sistema ante la ocurrencia de fallas

Prueba		Intervalo de Confianza	Hipótesis Nula (Ho)
Etiquetadoras	Fallas		
Lenta	Igual	(303,53 ± 56,02) →(247,51; 359,55)	Se rechaza
Rápida	Igual	(-92,77 ± 71,80) →(-164,57; -20,97)	Se rechaza
Actual	Reducción 30%	(-35,41 ± 68,48) →(-103,89; 33,07)	Se Acepta
Actual	Reducción 60%	(-25,93 ± 52,25) →(-78,18; 26,32)	Se Acepta
Rápida	Reducción 30%	(-173,59 ± 85,49) →(-259,08; -88,10)	Se rechaza
Rápida	Reducción 60%	(-189,44 ± 72,11) →(-261,55; -117,33)	Se rechaza

4.3 Análisis económico de las propuestas

A continuación se presentan los costos referentes a las propuestas planteadas.

Modificación de las velocidades de las etiquetadoras

Se recomienda fijar los valores de velocidades de las etiquetadoras en valores aceptables, que se modifiquen mediante controladores de acuerdo al afluente de botellas que posean las bandas transportadoras previas a los equipos, de forma tal que los operadores no tengan la posibilidad de modificar los valores de velocidad y las etiquetadoras puedan trabajar a una velocidad más estable, reportando mejores resultados al final de la jornada.

Esta propuesta no tiene costo alguno para la empresa debido a que la línea ya posee sensores que indican a los equipos etiquetadores el afluente de botellas previo. Solo habría que bloquear el acceso a la modificación de las velocidades, de forma que la modificación de la misma se haga únicamente en casos

especiales y sea necesaria la presencia del supervisor de línea o encargado.

- Mejora de la mantenibilidad

Se plantea la evaluación del manejo del mantenimiento llevado en la empresa a partir de una auditoría a ser realizada por un ente externo a la misma, que sea especializado en metodologías y administración de mantenimiento que diagnostique el estado de la empresa en el tema.

De igual forma, se plantea el adiestramiento de los integrantes del departamento de mantenimiento con técnicas y herramientas utilizadas en la filosofía TPM para gestionar un mejor control de las actividades del mismo que permitan llevar un registro de data confiable para en un futuro diseñar un sistema de control de mantenimiento basado en confiabilidad.

De acuerdo a un presupuesto solicitado a la empresa de servicios de consultoría nacional, respecto a la evaluación de gestión de mantenimiento, la *Consultoría de evaluación de la gestión de mantenimiento en la planta de Envasado de Cervecería Polar*, caracterizado por efectuar el diagnostico del departamento de mantenimiento en tres partes:

1. Mantenimiento Preventivo
2. Mantenimiento Predictivo
3. Mantenimiento Correctivo e Indicadores de Gestión

Tiene un costo Costo por hora de Bs.F. 180,00 más 3 visitas de 6 horas cada una por Bs.F. 3.240,00

Por otra parte, el costo de la realización de un curso instructivo de técnicas y herramientas de control de mantenimiento tiene un costo de: Bsf. 1.800 por participante, con una duración de 80 horas. Dado que el personal que conforma la línea, entre personal de mantenimiento y operativo, es de 15 personas, se estima un costo total para el adiestramiento del personal en TPM, tiene un costo total de Bsf. 27.000.

4.4 Mejora en el proceso de cambio de producto

Dado que el cambio de producto representa un proceso crítico previo al envasado de las botellas, se hace un análisis con la finalidad de disminuir el los tiempos de sus actividades, permitiendo mayor disponibilidad de la línea para la producción.

- Formato de Control de Cambio de Producto

Se propone un formato de control de cambio de producto con un estimado del tiempo de las actividades generales de cambio en los diferentes equipos de la línea, a fin de generar un esquema que le permita al supervisor llevar mejor control en cuanto a las actividades y el uso de los recursos humanos y técnicos. El formato se realiza sobre los puntos clave del recorrido de las últimas botellas del producto anterior para la secuencia Cerveza-Malta, por ser el cambio de producto de mayor duración, según se muestra en la figura:

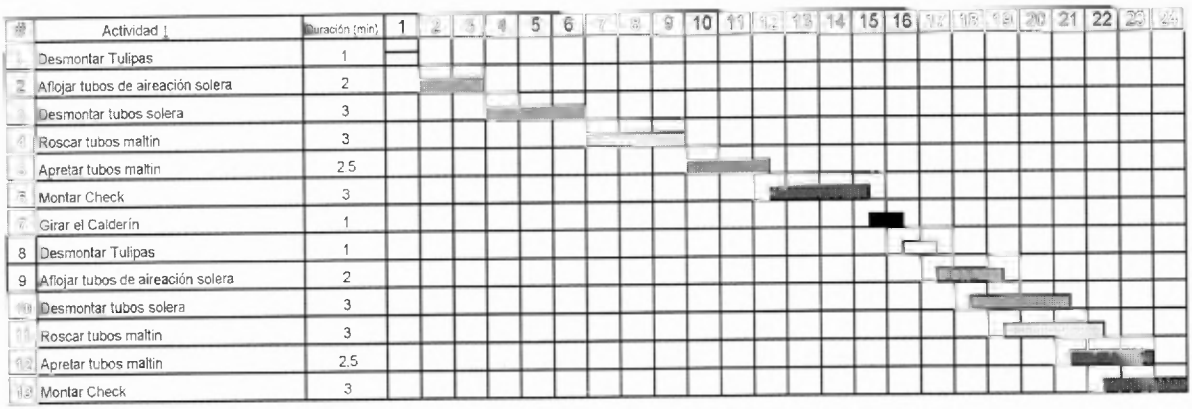

Figura 7. Diagrama de distribución de tiempos de cambio operativo en llenadoras. Fuente: Elaboración propia.

4.5 Plan para la implementación de las propuestas

La modificación de los controladores de las velocidades de las etiquetadoras puede realizarse durante un fin de semana durante el periodo de ejecución de actividades de mantenimiento por personal de la empresa, de acuerdo a una orden de trabajo. Por esta razón no se realiza un plan de implementación para esta propuesta.

Para la evaluación de la línea de envasado y el entrenamiento del personal en Mantenimiento Productivo Total (TPM), se propone la realización de actividades según se presenta un diagrama tentativo para la ejecución de las actividades de mantenimiento (ver figura 18).

Dado que los tres turnos de trabajo de la línea, no pueden detener sus operaciones regulares de trabajo, se propone la realización de cursos sabatinos de cuatro (4) horas de duración cada uno, que no interfieran con la planificación establecida, para un total de 5 semanas de trabajo.

Esto dependerá de la disponibilidad de los operarios y personal técnico, así como de las políticas de la empresa.

Para el cambio de producto se plantea el entrenamiento y supervisión del personal durante sus actividades regulares en los tres turnos, por lo que no se plantea un plan para su ejecución.

5. CONCLUSIONES

Las causas que afectan la productividad de la línea seis según el estudio realizado son la modificación de la velocidad de las etiquetadoras y la ocurrencia y tiempo de reparación de fallas en el sistema.

La línea de envasado es sensible a la modificación de las velocidades de las etiquetadoras, las cuales se encuentran operando a una velocidad inferior a la velocidad nominal, convirtiéndose en el cuello de botella del sistema. Al colocar la velocidad de las etiquetadoras en su valor nominal la velocidad del sistema incrementa en un 6,8% para el envasado de cerveza. Al estar las velocidades de las etiquetadoras en su valor nominal y disminuir la ocurrencia de fallas en un 30%, la velocidad de envasado del sistema se incrementa en un 12,8%.

El sistema es menos sensible a la ocurrencia de las fallas, ya que luego de disminuirlas desde un 30% hasta un 60%, con las etiquetadoras en su valor nominal de velocidad, el sistema no presenta variaciones significativas en la velocidad de envasado.

Se logró diseñar un esquema para organizar y mejorar el proceso de cambio de producto, disminuyendo los desperdicios por transporte, reduciendo el tiempo de cambio en la llenadora, y minimizando los tiempos improductivos del sistema por ser el equipo crítico de la línea de llenado.

Para la implementación de las propuestas, se realizó un breve esquema en donde se contempla el tiempo requerido para el diagnóstico de la empresa en cuanto a la gestión de mantenimiento y el tiempo requerido para el adiestramiento del personal. La implementación de éstas y de las otras mejoras dependerá de la disponibilidad de las instalaciones, operarios y personal requerido.

Se presentan presupuestos elaborados por una empresa externa que establece que para el diagnóstico de la línea en cuanto a la gestión de mantenimiento se requiere de una inversión de Bsf. 3.240. Por otra parte, el adiestramiento del personal operativo y técnico de la línea en la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) requiere una inversión con un costo total de Bsf. 27.000.

Para fijar los valores de velocidad en las etiquetadoras, no es necesaria una inversión por parte de la empresa, debido a que cuentan con los materiales y mano de obra necesaria para lo modificación de los controladores de las mismas.

Para la implementación de las propuestas se estima un tiempo de 2 semanas para el diagnóstico de la empresa de acuerdo a la gestión del mantenimiento y 5 semanas para el adiestramiento del personal en el ámbito del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

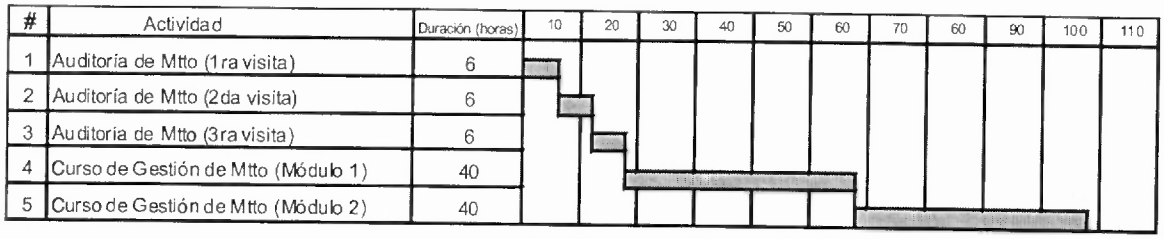

Figura 8. Diagrama de distribución de tiempo para la implementación de propuestas de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia

6. RECOMENDACIONES

La velocidad nominal del sistema no se puede basar en la velocidad nominal de uno de sus equipos sino del conjunto de interacciones que conforman el mismo. De acuerdo a lo reportado por el modelo de simulación, el valor nominal del sistema es de 2094 cajas/hora para el caso de envasado de cerveza, de 1737 cajas/hora para el envasado de malta en presentación granel y 1234,14 cajas/hora para el envasado de malta en presentación six pack.

Se recomienda fijar el valor de la velocidad de la etiquetadora 602 para el caso de envasado de cerveza en 1875 cajas/hora, y para el caso de envasado de malta en 2.083 cajas/hora; y para la etiquetadora 601, se recomienda fijar el valor de velocidad para el caso de envasado cerveza en 1870 cajas/hora, y para el caso de malta en 2.070 cajas/hora. Los equipos han funcionado en los valores anteriormente mencionados, por lo que queda de la empresa hacer el mantenimiento correspondiente para que los equipos funcionen correctamente.

Se recomienda la implementación de las propuestas referentes al mantenimiento para que la empresa posea herramientas que permitan tener un sistema de información más confiable que facilite tomar decisiones con criterios respaldados con información valedera.

Se recomienda la renovación esporádica de los indicadores de delimitación de espacio, los colores y placas que identifican las piezas de cada producto ubicados en el área de las etiquetadoras, para mantener el área de trabajo ordenada y disminuir las posibilidades de errores al momento del montaje de piezas durante el cambio de producto.

Por último, es importante comunicar a los empleados la importancia que tienen el correcto funcionamiento de los equipos de acuerdo a las velocidades que se planifican y su impacto sobre el resultado de la jornada de trabajo.

7. BIBLIOGRAFÍA

Cuatrecasas, Luis (2000), *Total Productive Maintenance*. Editorial Gestión 2000. Barcelona 2003.

Espinoza León, Vanessa; Guinand Salas, Andreina (2007, Octubre). *Análisis de los procesos en el área de envasado, destinado a reducir las mermas de los cuerpos de latas y tapas de latas en una empresa nacional de consumo masivo*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Católica Andrés Bello.

K. Hodson William (2001, Septiembre). Maynard, Manual del Ingeniero Industrial. Tomo II. Cuarta edición. Editorial Mac Graw Hill, México

Kenneth W. Dailey (2006, Abril 26). Manual de Entrenamiento de Manufactura Esbelta para el Empleado. Editorial Paperback

Lecue, Xabier. (2007, Octubre). *Diseño de propuestas de mejora para incrementar los niveles de producción del área de prensas excéntricas de una fábrica productora de insumos eléctricos y del sector de la construcción en Caracas*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Católica Andrés Bello.

Leflar, James A. Practical TPM: Successful Equipment Management at Agilent Technologies. Editorial Productivity Press. Copyright 2001.

W. Kelton (2008, Agosto). Simulation with Arena . Editorial McGraw-Hill Series in Industrial Engineering and Management by Hardcover.

Evaluación y Propuesta de Mejora de la Eficiencia Energética de un Edificio de Oficinas Ubicado en Caracas, según la Metodología del Centro de Asesoramiento Industrial

■ María Elena Rangel Challa
email: m_elena85@hotmail.com
Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

Fecha de Recepción: 17 de abril de 2009
Fecha de Aceptación: 14 de septiembre de 2009

Resumen

En consonancia con la política ambientalista de la empresa Shell a nivel mundial, Shell Venezuela S.A con una visión de desarrollo sustentable y ante el impacto generado por el Calentamiento Global, se interesa en aplicar medidas como la realización de auditorías energéticas a sus edificaciones. De esta forma nació la idea de evaluar el edificio Parque Ávila (Torre HP), en donde actualmente se ubican las oficinas de dicha empresa en Caracas. Para llevar a cabo este estudio se empleó la metodología del Centro de Asesoramiento Industrial de EE.UU, ampliando el concepto original, para evaluar además el consumo de agua y el manejo de desechos del edificio. Para el levantamiento de información se recurrió en la mayoría de los casos a datos nominales, estimaciones de consumo de energía de equipos y su horario de funcionamiento, para armar herramientas en el programa Excel. Con éstas últimas se realizó una simulación estática del comportamiento de la edificación en cuanto a consumos de energía y agua, manejo de desechos y emisiones de gases efecto invernadero asociadas a estas actividades. Como resultado se determinó que el edificio cuenta con adecuada eficiencia energética en sus instalaciones y opera dentro de parámetros normales de consumo de agua, generación de desechos y emisiones de gases. Sin embargo, se propusieron ciertas medidas para mejorar aún más dicha eficiencia, a corto, mediano y largo plazo, las cuales ameritan costos de inversión muy elevados. Aunque dichas medidas no resultan

rentables bajo las condiciones económicas actuales del país, son muy atractivas desde el punto de vista de la eficiencia y la reducción de la huella generada por emisiones de gases contaminantes.

Palabras clave: Calentamiento Global, Emisiones de Gases Efecto Invernadero, Desarrollo Sustentable, Eficiencia Energética.

Abstract

Aligned with the environmentalist politics of Shell on a worldwide basis, Shell Venezuela with a vision of sustainable development and in response to the impact generated by the Global Warming, is interested in applying measures like the execution of energy audits to its buildings. Due to this, was born the idea of evaluate the building Parque Ávila (Torre HP), where at the present the offices of Shell Venezuela in Caracas are located.

This study was carry out applying the methodology of the Industrial Assessment Center of U.S.A, and it's original concept was expanded with the evaluation of the consumption of water and the waste's management of the building. The lifting of information was based, in most cases, in nominal data, energy consumption's estimations of equipment and its schedule of operation, to assemble tools in the Excel program. With these tools was carried out a static simulation of building's behavior related with the consumption of energy and water, management of waste and greenhouse gases emissions associated to these activities. As a result it was determined that the building has adequate energy efficiency in its installations and it operates inside normal parameters of consumption of water, waste's and gases emissions. Nevertheless, certain measures were proposed to improve this efficiency, in short, medium and long-term time limit, which requires high costs of investment. Although this measures does not turn out to be profitable under the current economic conditions of the country, are very attractive since the point of view of the efficiency and the reduction of the damaged generated by gases emissions.

Keywords: Global Warming, Greenhouse Gases Emissions, Sustainable Development, Energy Efficiency.

1. Planteamiento del Problema

El acelerado crecimiento poblacional y el desarrollo de la tecnología en las industrias, han incrementado la demanda energética mundial, el consumo de recursos naturales no renovables como el agua y la cantidad de desechos generados. Éstas son tres de las causas más importantes de los problemas ambientales en la actualidad, y especialmente del Calentamiento Global, producto de la acumulación de Gases Efecto Invernadero en la atmósfera (vapor de agua, CO_2, CH_4, O_3, CFCs, NO_x y SOx, entre otros), que trae como consecuencia cambios de la temperatura media global, la frecuencia y distribución de las precipitaciones, ciclo hidrológico, entre otros [1].

En primer lugar, se plantea la energía como condición necesaria para mantener el nivel actual de progreso humano y económico. La creciente demanda de cuatro sectores básicos (industrial, servicios, residencial y transporte) requiere mayor generación de energía. El caso específico de la energía eléctrica conlleva dos factores fundamentales a considerar: emisiones de gases al medio ambiente debidas a la quema de combustibles fósiles para generar termoelectricidad y, además, la utilización de recursos no renovables como el agua en la hidroelectricidad. Se estima que por cada tonelada métrica de energía producida se emiten a la atmósfera alrededor de 2,3 toneladas de CO_2, cifra que se irá incrementando aún más para poder satisfacer la demanda energética mundial.

Seguidamente se encuentra la problemática referente al agotamiento del agua debido al despilfarro de este recurso por parte de la población. Por último se exponen los inconvenientes asociados a la generación y mala gestión de desechos sólidos, producto de actividades típicas en toda organización, lo cual favorece cada vez la emisión de más sustancias tóxicas al medio ambiente.

Con los actuales patrones de consumo, el panorama no se vislumbra muy alentador: los recursos energéticos y naturales comenzarán a escasear, hasta poder llegar a un punto en que sean incapaces de satisfacer la demanda poblacional. Al mismo tiempo las emisiones de gases contaminantes alcanzarán niveles intolerables para la población. Es necesario entonces pensar en la sustentabilidad, entendida como la capacidad de gestionar el desarrollo global, satisfaciendo las necesidades de las sociedades

actuales, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer las suyas [2].

A nivel mundial se ha observado una nueva tendencia hacia el desarrollo sustentable, principalmente orientada hacia el ahorro energético. Estados Unidos y España han sido unos de los principales precursores de ideas relativas a "Edificios Verdes" o "ecológicos", los cuales reducen el impacto ambiental a través de la eficiencia energética, entendida como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir el confort ni la calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso [3].

En Venezuela ideas como ésas no han sido adoptadas; se mantiene una tendencia de edificaciones que ahorran dinero en materiales de construcción, pero que representan un alto consumo energético. Sin embargo, en materia de eficiencia energética de edificaciones, se deben mencionar algunas iniciativas, principalmente relacionadas con proyectos e investigaciones realizadas a nivel universitario por parte del Instituto de Energía (INDENE) de la Universidad Simón Bolívar, Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC) de la Universidad Central de Venezuela, y el Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería (CIDI) de la Universidad Católica Andrés Bello. Pero el interés por temas como éste no es el común denominador de los venezolanos; los proyectos más ambiciosos se orientan, apenas, hacia la creación de campañas de concientización por parte de algunas empresas privadas, pero no se han desarrollado verdaderas políticas de manejo eficiente de la energía, agua y desechos en las edificaciones del país. Esto en gran parte debido al bajo costo de la energía que deben pagar los consumidores actualmente en Venezuela.

A pesar de ello es necesario entender la responsabilidad que tienen todos los individuos y organizaciones respetables en cuanto a la posibilidad de implementar nuevas tecnologías y procesos que permitan un uso más eficiente de energía y agua, así como establecer medidas más adecuadas para el manejo de los desechos durante todas las etapas de su ciclo de vida. Estas medidas no sólo contribuirían a minimizar el impacto en el cambio climático, sino que además representarían un ahorro en términos económicos, debido a la reducción del consumo de recursos.

Para contribuir a crear bases sólidas y cuantificables orientadas a la reducción del impacto ambiental de las actividades empresariales en Venezuela, siguiendo la propuesta de la empresa Shell Venezuela, S.A, se planteó desarrollar un Trabajo Especial de Grado (T.E.G) que permitiera evaluar la eficiencia del consumo de energía, agua y manejo de desechos de un edificio de oficinas ubicado en Caracas: edificio "Parque Ávila" (Torre Hewlett Packard, en adelante Torre HP), siguiendo los criterios técnico-económicos de las auditorías realizadas por el programa del Centro de Asesoramiento Industrial. Dicho Programa, actualmente desarrollado en EE.UU, se encarga de diagnosticar y analizar el consumo de energía en plantas de la pequeña y mediana industria, a través de la realización de auditorías, con el propósito de disminuir su consumo energético, empleando una metodología que puede aplicarse a empresas de cualquier índole, como es el caso de un edificio de oficinas.

2. OBJETIVOS

El estudio tiene como objetivo general realizar una evaluación y propuesta de mejora de la eficiencia energética de un edificio de oficinas ubicado en Caracas, según la metodología del Centro de Asesoramiento Industrial.

2.1. Objetivos específicos

Caracterizar los aspectos técnicos del edificio relacionados al consumo de energía, agua y generación de desechos del mismo.

Evaluar la eficiencia actual en el consumo de energía del edificio y determinar las áreas en las que se encuentran las principales cargas.

Calcular las emisiones de carbono asociadas al consumo energético del edificio.

Proponer mejoras para aumentar la eficiencia energética del edificio.

Evaluar la factibilidad técnica, rentabilidad y recursos necesarios para llevar a cabo dichas mejoras.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. Incremento de emisiones de Gases Efecto Invernadero(GEI)

Las emisiones de GEI a la atmósfera se han incrementado desde la Revolución Industrial, por razones antropogénicas principalmente (producidas por

la actividad humana), en especial por la utilización de combustibles fósiles durante la generación de energía eléctrica, actividades industriales y el transporte [4]. El incremento más importante de emisiones corresponde al CO_2, el cual ha aumentado su concentración de 280 a 370 ppm en las últimas tres décadas [5]. Ante esta situación, el panorama que se vislumbra no es muy favorable. Con el incremento de la población alrededor del mundo también aumentará la demanda energética mundial, requiriendo cada vez más energía para iluminación, transporte, servicios en general, actividades en las industrias y otros.

En relación al consumo de energía, los tres sectores que encabezan la lista son: industrial, transporte y residencial [6], responsables por tanto de gran parte de las emisiones de GEI a la atmósfera; y en el caso particular del sector residencial éste representa además porcentajes considerables del consumo de agua mundial [7]. Éstas tendencias invitan a considerar el hecho de adoptar medidas para un consumo más eficiente de energía y agua, a nivel de edificios en este caso, que ayuden a preservar el medio ambiente.

3.2. Cálculo de emisiones de Gases Efecto Invernadero

Muchas organizaciones a nivel mundial han desarrollado voluntariamente algunos procedimientos y herramientas para calcular las emisiones de GEI, a fin de que cada persona, empresa u organismo pueda conocer el impacto que generan sus actividades en el ambiente. Este impacto se ha dado a conocer últimamente como *huella*, y específicamente para el CO_2, *Huella de Carbono* (Carbon Footprint).

En este caso se hablará específicamente de las tres herramientas empleadas durante el desarrollo del T.E.G:

a. Carbon Footprint Calculador

Calcula las emisiones de CO_2 de cada individuo, vivienda o edificio, relacionadas con actividades de oficina, vuelos, vehículos particulares y transporte público, arrojando un resultado final de la cantidad de emisiones de CO_2. Ofrece una base de datos conformada por país y fechas para poder determinar la conversión necesaria a utilizar. Se empleará Carbon Footprint Calculator para emisiones de CO_2 relativas a la generación de electricidad consumida en la edificación.

En el caso de Venezuela el factor de conversión dado por el programa para el período en estudio (1/10/2007 - 30/09/2008) fue el siguiente:

$$1KWh = 0.5533\ lb\ CO_2 1KWh = 0.5533\ lb\ CO_2 \quad (1)$$

Expresándose los resultados en toneladas de CO_2 (1 ton CO_2 = 2.204,6 lb CO_2)

b. Complete Emissions Calculator, Profitable Green Solutions (PGS)

Esta calculadora, además de la huella de CO_2, también mide las emisiones de NO_x y SO_x asociadas bajo una referencia de EE.UU. Empleando una relación lineal basada en los factores de cálculo de emisiones de CO_2 por cada KWh en ambos programas, se puede realizar un ajuste para el caso de Venezuela, como sigue:

Tabla 1. Factores de conversión: calculadoras de emisiones de CO_2 por 1 KWh

PROGRAMA	lb CO_2	lb No_x	lb So_x
Carbon Footprint Calculator (Venezuela)	0,5533	0,0030	0,0015
PFS Complete Emissions Calculator (EE.UU)	1,3630	0,0075	0,0036

(Fuente: Elaboración propia en base a factores de conversión de Carbon Footprint Calculator y Profitable Green Solutions)

c. Recycled Waste Materials & Greenhouse Gas (CO2) Saved Calculator, enviroIndexTM

Se emplea para calcular la cantidad de CO_2 ahorrado si se recicla basura y materiales de desecho, en lugar de tratar los desperdicios según las prácticas comunes: quema o relleno sanitario. Este valor de emisiones de CO_2 ahorradas, corresponde a las mismas emisiones generadas bajo prácticas comunes en distintas partes del mundo (incluyendo Venezuela). Los factores de conversión, en este caso, por cada kilogramo (1Kg) de tipo de desecho que no es compactado en el lugar, son los siguientes:

Tabla 2. Factores de conversión: calculadora de emisiones de CO2 por disposición de 1 Kg de desechos

TIPO DE DESECHO	Kg CO_2
Aluminio	15,700
Vidrio	0,400
Papel y cartón	2,000
Plástico	2,324

(Fuente: Recycled Waste Materials & Greenhouse Gas (CO_2) Saved Calculator, enviroIndex™)

Por otro lado, para calcular las emisiones de CO_2 asociadas a la ocupación del edificio, por concepto de la respiración humana se tomará en cuenta un promedio de 0,043Kg de emisiones de CO_2 por hora producto de la respiración [8], además de la cantidad de personas que ocupan el edificio y el tiempo promedio de estadía en él; comprendidos en la siguiente ecuación:

$$Emisiones_{CO_2\ ocupación} = N^{o}\ personas \times tiempo\ de\ estadía\ (h) \times 0.043\ Kg\ CO_2 \quad (2)$$

3.3. Consumo de energía y agua en edificaciones

El consumo de energía en edificios está asociado a los sistemas de aire acondicionado, iluminación, ascensores, bombas, equipos de ofimática y otros equipos como electrodomésticos, y el porcentaje de cada uno de ellos puede variar de acuerdo al uso de la edificación.

3.3.1. Sistema de aire acondicionado

Corresponde al conjunto de equipos e instalaciones mecánicas encargadas de la climatización artificial de la edificación. Según los requerimientos y dimensiones del edificio. El edificio puede contener equipos centrales de aire acondicionado, equipos de ventana, unidades de manejo de aire (UMAS), fan coil, y/o Split.

La recopilación de información para realizar una evaluación básica de estos sistemas se basa en los siguientes aspectos: levantamiento de inventario de equipos de aire acondicionado; recolección de datos de la placa (especificaciones eléctricas, potencia nominal del motor, capacidad de enfriamiento); horario de funcionamiento y superficie que climatiza.

El consumo puede calcularse de dos formas: con los valores nominales del equipo que indiquen el consumo en KW, o midiendo el amperaje del equipo con una pinza amperimétrica en el momento de arranque y cuando se encuentra operando de forma estable. Cabe destacar que cuando estos equipos arrancan registran un mayor consumo de electricidad, hasta que alcanzan la estabilidad, lo cual puede durar segundos o minutos de acuerdo al tipo de equipo. Para este segundo caso de medición se emplea:

$$KW = \frac{A \times V \times \sqrt{3} \times \cos(0.99)}{1000} \quad (3)$$

Donde:

A: amperaje medido

V: voltaje que maneja el equipo

0,99: factor de potencia manejado por la Electricidad de Caracas

Posteriormente, puede determinarse el consumo eléctrico anual de cada equipo existente en función del horario de operación del mismo, como sigue:

$$KWh/_{año} = KW \times {}^{h}funcionamiento/_{día} \times {}^{días}/_{año} \quad (4)$$

Para medir la eficiencia en sistemas de aire acondicionado en Venezuela, se utiliza un índice relativo al área de construcción acondicionada por tonelada de refrigeración instalada:

$$I_{eficiencia\ A/A} = \frac{m^2}{ton} \quad (5)$$

cuyo valor se encuentra comúnmente alrededor de **20m²/ton**; sin embargo, para otros países con normas establecidas sobre el consumo energético, se puede conseguir un mayor aprovechamiento del sistema de aire acondicionado, alcanzando valores alrededor de 40 m²/ton [9].

3.3.2. Sistema de bombeo

Representa los equipos e instalaciones encargados del manejo del agua en la edificación. Por lo general está compuesto por un sistema hidroneumático para impulsar las aguas blancas a todo el edificio; un sistema de bombeo de agua negras para que éstas sean expulsadas fuera de la edificación; bombas de achique para expulsar aguas de lluvia en caso de existir sótanos o niveles inferiores a la calle y un sistema para el bombeo de agua en caso de incendio.

Los consumos de energía en estos sistemas están asociados a la energía eléctrica de entrada al motor, por lo que es necesario conocer la potencia del mismo para determinar su consumo. De igual forma se debe tomar

en cuenta el horario de funcionamiento del sistema de bombeo para determinar los KWh consumidos, y aplicar las dos formas de medición establecidas para el sistema de aire acondicionado.

3.3.3.Iluminación

Es uno de los consumos de electricidad más importantes que se registran en las edificaciones. El sistema de iluminación está compuesto por lámparas y luminarias. Las primeras se refieren a los bombillos que son los que generan las radiaciones artificiales con las que se produce la iluminación; y las luminarias son los aparatos que sirven como soporte y conexión de las lámparas a la red eléctrica, además de distribuir el flujo de las fuentes de luz. Las lámparas se clasifican, en forma general, en incandescentes o de descarga. Para este último caso, los sistemas de iluminación requieren además de quipos auxiliares: balastos y arrancadores, los cuales pueden consumir, según su tipo, entre el 10% y 30% de la potencia de la lámpara a servir.

Para evaluar el consumo procedente del sistema de iluminación se requiere recolectar información relacionada con cantidades y tipos de luminarias y lámparas, potencia de las lámparas (W), tipo de balasto y su horario de funcionamiento. El cálculo puede hacerse empleando (4).

El rendimiento energético del sistema de iluminación se puede calcular en base a la carga total (W) empleada para iluminar una superficie:

$$R_{illum} = \frac{W}{m^2} \qquad (6)$$

En este caso, el valor de referencia establecido para determinar si este sistema es eficiente o no, se ubica en un rango de **10 a 15 W/m²** para edificaciones [10].

3.3.4. Ofimática

La ofimática corresponde a todo el equipamiento hardware para manejo y transmisión de información, que permite llevar a cabo las labores diarias del trabajo en oficinas. Entran dentro de esta clasificación: computadoras, impresoras, faxes, equipos multifuncionales, fotocopiadoras, scanners, teléfonos inalámbricos, entre otros.

Existen diversos patrones de utilización de equipos de ofimática, según los cuales se establecen tres modalidades de consumo energético:

- **Modo encendido.** Representa el consumo total nominal del equipo. Permanece en este modo mientras está en uso.
- **Modo preparado.** En equipos modernos es común observar el modo preparado, en espera o stand by. Éste se activa después de cierto tiempo en que permanecen inactivos. Un equipo bajo esta modalidad puede consumir alrededor del 10% del modo encendido.
- **Modo apagado.** Se establece cuando se apaga el equipo, pero permanece conectado a la fuente de poder. De esta forma también se registra un consumo de energía, el cual puede ubicarse alrededor del 5% del modo encendido. La única forma de obtener un valor de consumo cero es desconectando el equipo.

El cálculo del consumo de energía para equipos de ofimática se hace empleando (4), para cada tipo de modalidad (encendido, preparado y apagado), teniendo en cuenta el tiempo de duración de cada una de ellas. Para trabajos de oficina, en una jornada laboral de 8 horas, es común observar el siguiente comportamiento: 6 h encendido, 2 h preparado (por almuerzo y descansos), 16 h apagado.

3.3.5. Otros equipos

Se refiere a los electrodomésticos, televisores, reproductores y cualquier otro equipo de este estilo que no entre dentro de la categoría de ofimática. Para ellos también aplica las modalidades de consumo encendido y apagado, y en el caso de televisores y reproductores, también se observa el modo preparado mientras el equipo se "apague" con el control remoto y no desde la base directamente. El cálculo del consumo energético de dichos equipos se hace igual que para la ofimática.

3.3.6. Otros equipos mecánicos y eléctricos.

Se incluye en esta categoría a cualquier otro equipo que funcione con energía eléctrica, entre ellos: ascensores, cámaras de seguridad, equipos de ventilación forzada y puertas de acceso.

3.3.7. Instalaciones sanitarias

Hace referencia al equipamiento y piezas sanitarias de los baños, necesarias para evaluar la principal parte del consumo de agua de una edificación. En edificios de oficinas se observan usualmente inodoros, urinarios y lavamanos; cada uno de ellos puede presentar un sistema de grifería y válvulas de descarga que los hacen más o menos ahorradores de agua.

Para evaluar el consumo de agua anual proveniente de instalaciones sanitarias se requiere conocer la cantidad y tipos de piezas, tipo de válvulas empleadas y su caudal descarga, además de cantidad de personas

y número de veces que utilizan dichas instalaciones. De esta forma se puede establecer:

$$\left({}^{L_{agua}}/_{año}\right)_{p.s} = N^{o}\ personas \times N^{o}\ veces\ de\ uso_{p.s} \times L_{descarga\ p.s} \times {}^{días}/_{año} \qquad (7)$$

Donde:

p.s: pieza sanitaria utilizada

4. METODOLOGÍA

La metodología empleada para la realización de este trabajo, estructurada en capítulos con sus respectivos objetivos, actividades y herramientas necesarias, se muestran en forma esquemática en la Figura 1.

Los principios básicos de la metodología planteada son aplicados por el Centro de Asesoramiento Industrial para la realización de auditorías energéticas a plantas industriales

Fig. 1. Esquema del marco metodológico empleado. (Fuente: elaboración propia)

5. RESULTADOS

Con el levantamiento de información realizado con base en inventarios, valores nominales relativos a la potencia y capacidad de equipos, además de sus horarios de utilización, fue posible simular los consumos de energía y agua del edificio en estudio, así como calcular la huella de CO_2 de sus ocupantes.

Teniendo en cuenta que la Torre HP es un edificio es de oficinas, con un área total aproximada de 27.600m² dividida en dos torres (A y B), ocupadas por 1.033 personas que laboran como personal fijo y un promedio de 374 visitantes diarios para 15 empresas, además de saber que su única fuente de energía es eléctrica, los resultados principales obtenidos con el estudio, agrupados por categorías, fueron los siguientes:

5.1. Consumo de energía

Los resultados correspondientes al consumo de energía de la Torre HP se muestran de manera resumida en la tabla 3.

Tabla 3. Consumo de energía calculado vs. facturado

CONCEPTO	KWh/año
Aire acondicionado	3.044.575
Bombas	148.042
Iluminación	1.432.170
Ofimática	1.384.052
Otros equipos	269.896
TOTAL calculado	6.278.736
OTROS (eléctricos y mecánicos) + ERROR	2.450.528
TOTAL facturado	8.729.264 KWh/año
	760.310 BsF/año[11]

(Fuente: elaboración propia)

Al comparar el consumo de energía total calculado vs. el facturado **(8.729.264 KWh/año)**, se observó una diferencia de **2.450.528 KWh/año**, que se atribuyó a las siguientes causas: consumo de los ascensores que no pudo determinarse debido a que no se contó con el equipamiento necesario para su medición; equipos eléctricos de seguridad a los cuales no pudo tenerse acceso; y el porcentaje de error respectivo debido a una aproximación realizada para caracterizar a aquellas oficinas que no permitieron acceso a sus instalaciones, que consistió en asignar los valores promedio de otras oficinas con áreas similares y condiciones normales de ocupación.

Estos valores fueron comparados con los consumos de energía de un edificio de oficinas en Venezuela, tomado como referencia de un estudio realizado por el IDEC-UCV (2002) [12], tal como se muestra en la Fig. 2.

En ambos casos se observa un comportamiento similar, en cuanto a que el principal consumo corresponde a los aires acondicionados, seguido del rubro denominado "otros" y el consumo por concepto de iluminación.

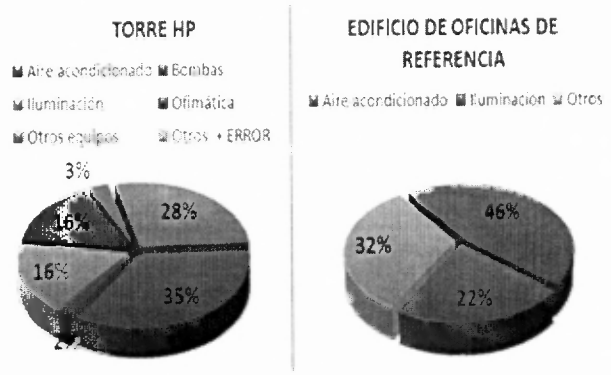

Fig. 2. Comparación de consumo de energía Torre HP vs. Edificio de Oficinas de referencia (Fuente: elaboración propia con base en cálculos obtenidos y referencia Guía de Operaciones de Ahorro de energía Eléctrica en Edificaciones Públicas, IDEC- UCV, 2002

Analizando los porcentajes, los resultados de consumo de la Torre HP se encuentran por debajo de la referencia, lo que resulta un comportamiento positivo en cuanto a eficiencia energética se refiere. Otros indicativos de comportamientos adecuados de consumo en la edificación fueron los siguientes:

Para el sistema de aire acondicionado se obtuvo un índice de rendimiento de: **16,25 m²/Ton** en las oficinas de la Torre A, y **17,26 m²/Ton**, muy cercando a la media nacional (20 m²/Ton). Además, el sistema de aire acondicionado central opera en forma adecuada, al establecer horarios de encendido y apagado diario que permiten ahorrar gran cantidad de energía.

El rendimiento de iluminación promedio para el edificio fue **10,83 W/m²,** y a nivel de oficinas, **15,47 W/m²**, ambos dentro o muy cercanos del límite recomendado, tal como puede observarse en las figuras 3 y 4. Los valores atípicos son pocos, debidos principalmente a un exceso de carga conectada en áreas muy pequeñas, lo cual puede resolverse fácilmente disminuyendo dicha carga.

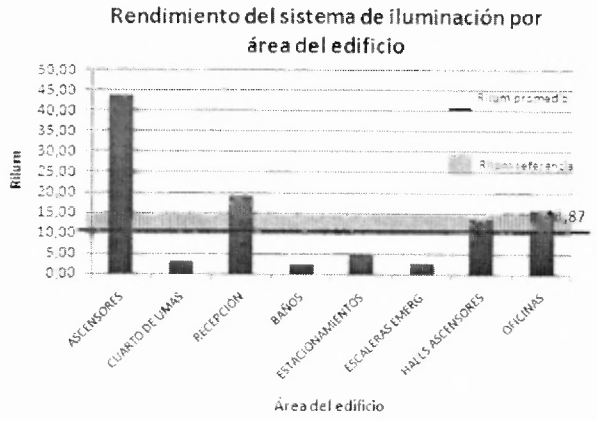

Fig. 3. Rendimiento del sistema de iluminación por área del edificio, Torre HP (Fuente: elaboración propia)

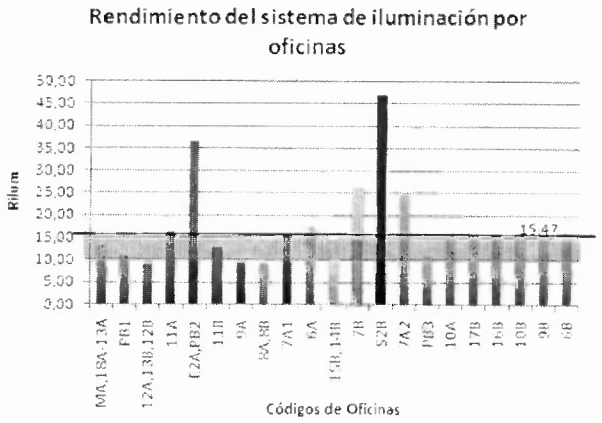

Fig. 4. Rendimiento del sistema de iluminación por oficinas, Torre HP (Fuente: elaboración propia)

6.2. Consumo de agua

A continuación se presenta el análisis para los factores de consumo de agua estudiados y los resultados obtenidos:

Tabla 4. Consumo de agua calculado vs. facturado

	Calculado	Facturado
L_{agua}/año	14.912.435,2	15.532.000,0
% Error	4%	

(Fuente: elaboración propia)

La Tabla 4 muestra que el valor calculado en relación al consumo de agua anual del edifico fue de **14.912.435 L/año**, lo que se comparó con la facturación de agua y dio un porcentaje de error del **4%**, pudiendo concluir que los cálculos son aceptados y reflejan en gran medida el comportamiento del edificio respecto al consumo de agua. En la Fig. 5 se puede observar el desglose de dicho consumo, siendo el mayor de ellos a causa de los inodoros, seguido de los urinarios y lavamanos. Todas las piezas sanitarias de la edificación están equipadas con válvulas de descarga tipo Sloan, caracterizadas como ahorradoras de agua. Además, en recorridos realizados se observó que no existen goteras ni pérdidas de agua en las instalaciones.

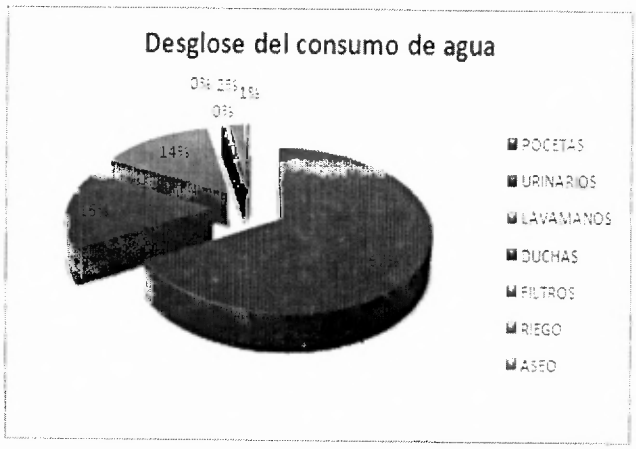

Fig. 5. Desglose porcentual del consumo de agua, Torre HP (Fuente: elaboración propia)

6.3. Generación y manejo de desechos

Los desechos generados en el edificio se calcularon en **57.024 Kg/año** de basura, clasificados por tipo y peso, como se muestra en la Fig. 6.

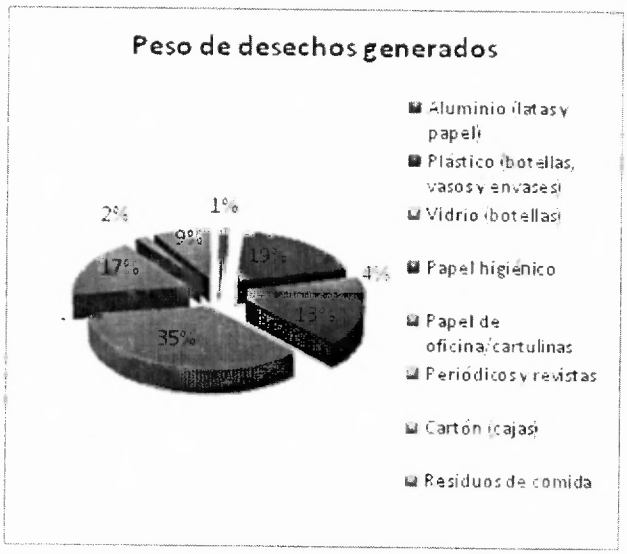

Fig. 6. Desglose de tipos y peso de desechos generados, Torre HP (Fuente: elaboración propia)

Por otro lado, en cuanto al manejo de desechos, la edificación no cuenta con ninguna práctica adicional al

respecto; la basura es gestionada a través de camiones enviados por la alcaldía del municipio correspondiente (Chacao), sin previa segregación o plan de reciclaje. Sin embargo cabe destacar la iniciativa de algunas de las oficinas al promover buenas prácticas en torno a la generación y manejo de desechos dentro de sus instalaciones. Estas empresas, encabezadas por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (P.N.U.D), Movistar, Hewlett Packard de Venezuela y Shell Venezuela S.A, se han encargado de establecer algunas medidas para su personal, tales como la segregación de desechos por tipo para su posterior reciclaje, impresión a dos caras y transmisión de información vía correo electrónico para disminuir el consumo de papel y/o reutilización de materiales. Pese a esto, no basta con que sólo 4 de las empresas que conforman la Torre HP den el ejemplo en cuanto a este tipo de comportamiento. Es necesario que se sumen esfuerzos y todas las empresas colaboren para lograr un resultado a gran escala con relación a la disminución de emisiones de gases efecto invernadero.

6.4. Emisiones de gases efecto invernadero

Las emisiones anuales de gases efecto invernadero por actividades y sistemas en la edificación fueron las siguientes: **4.627,47 Ton CO2/año; 12,05 Ton NOx/año** y **5,80 SO_x/año**, repartidas porcentualmente por actividad y tipo de emisión como sigue en la tabla 5:

Tabla 5. Distribución porcentual de emisiones de GEI

	% CO_2/ año	% NO_x/ año	% SO_x/ año
Ocupación	50,49	-	-
Aire acondicionado	16,51	34,85	34,83
Bombas	0,80	1,66	1,72
Otros (estimada)	13,31	28,13	28,10
Iluminación	7,77	16,43	16,38
Ofimática	7,51	15,85	15,86
Otros equipos	1,46	3,07	3,10
Desechos*	2,14	-	-
TOTAL EMISIONES	100,00	100,00	100,00

(Fuente. Elaboración propia)

* Estas emisiones no contemplan desechos orgánicos, papel higiénico, ni servilletas, debido a que no están dentro del alcance de la calculadora empleada. Esto hace que el resultado final sea un poco mayor al reflejado.

Como puede observarse, el mayor porcentaje de emisiones lo representa el CO_2 expulsado por la respiración humana; sin embargo el mismo es parte de un proceso natural, absorbido durante la fotosíntesis en las plantas y respiración (humana y animal), lo cual mantiene un balance adecuado de dichos niveles en la atmósfera. El problema se presenta cuando, a causa de la deforestación, los pocos árboles presentes no son capaces de absorber los niveles adecuados de CO_2, permitiendo que las cantidades expulsadas a la atmósfera aumenten.

Para el dióxido de carbono (4.627,47 ton CO_2/año), pudo obtenerse además una medida de la huella de los ocupantes del edificio, utilizando los indicadores de la calculadora "Carbon Footprint Calculador" (Fig. 8). Con ello, finalmente se determinó que la huella de carbono de los ocupantes de la Torre HP se encuentra en **3,29 ton CO_2**. La mitad de la media nacional, pero por encima del objetivo que se han propuesto muchos países, a través de acuerdos y negociaciones, que es alcanzar sólo 2 ton CO_2 por persona. Este resultado demuestra las conclusiones anteriores en cuanto a una operación eficiente del edificio, en comparación con otras edificaciones de oficinas en Venezuela.

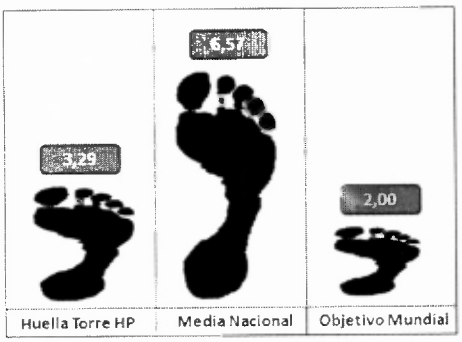

Fig. 7. Huella de CO_2 de la Torre HP (Fuente: elaboración propia con base en resultados de Carbon Footprint Calculator)

El análisis de todos los resultados obtenidos evidenció un comportamiento eficiente del edificio. Sin embargo hay que destacar la importancia de establecer algunos cambios para disminuir cada vez más los consumos de energía, agua y manejo de desechos en la edificación, sin comprometer la óptima satisfacción de las necesidades de los ocupantes.

6. PROPUESTA DE MEJORA

Luego del análisis de resultados obtenidos, si bien se determinó que el edificio opera dentro de parámetros eficientes, es importante señalar que aún así es posible pensar en medidas para aumentar dicha eficiencia sin llegar a comprometer la óptima satisfacción de las necesidades de los ocupantes. Para ello se propuso un plan basado en ocho actividades a desarrollar a corto, mediano y largo plazo, de acuerdo al monto de inversión requerido y el posible tiempo de ejecución. La propuesta planteada se muestra en forma esquemática en la Fig.10.

Básicamente consiste en ocho actividades distintas, orientadas a disminuir el consumo de energía del edificio a través de la iluminación, ofimática, otros equipos y búsqueda de nuevas alternativas de energía; así como una reducción del consumo de agua y mejor gestión en el manejo de desechos.

A corto plazo es posible llevar a cabo actividades enfocadas principalmente hacia la concientización y cambios de conducta de los empleados, con una participación activa en todo lo relacionado al uso racional de la energía y buenas prácticas en torno al reciclaje. En el mediano plazo puede realizarse una instalación menor de sensores de presencia que permitan reducir el horario de funcionamiento de las luces. Por último, a largo plazo se proponen instalaciones mayores de equipos de tecnología avanzada, existentes dentro del mercado de productos eficientes.

Una nueva simulación del comportamiento del edificio bajo los parámetros propuestos permitió conocer los posibles ahorros y reducciones de GEI obtenidas con la realización de la Propuesta de Mejora. A través de una evaluación económica efectuada en un escenario sin inflación, para un período de estudio de tres años, y siguiendo el criterio de evaluación del Valor Presente Neto, se creó una tabla resumen de los resultados a obtener (Tabla 6), si se considerara cada nivel de la propuesta en forma aislada o si se realiza la misma en forma conjunta y progresiva (recomendado).

Fig. 8. Propuesta de Mejora para la eficiencia energética, el consumo de agua y el manejo de desechos, Torre HP. (Fuente: elaboración propia)

Tabla 6. Resumen de Resultados de la Propuesta de Mejora

	CARACTERÍSTICA	CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO	LARGO PLAZO
PROPUESTA POR NIVEL	Inversión inicial (BsF)	46.949	96.292	671.009
	Ahorro anual (BsF)	30.278	7.049	14.810
	VPN	33.171	-71.460	-610.511
	Reducción CO2 (ton/año)	157,23	35,38	Despreciable comparando con la Huella actual
	Reducción NOx (ton/año)	0,32	0,19	
	Reducción SOx (ton/año)	0,15	0,09	
DESARROLLO PROGRESIVO DE LA PROPUESTA		CORTO + MEDIANO PLAZO		
		Inversión inicial (BsF)	143.241	
		Ahorro anual (BsF)	34.617	
		VPN	-21.690	
		Reducción CO2 (ton/año)	192,61	
		Reducción NOx (ton/año)	0,51	
		Reducción SOx (ton/año)	0,24	
			CORTO + MEDIANO + LARGO PLAZO	
			Inversión inicial (BsF)	814.339,93
			Ahorro anual (BsF)	49.427,3
			VPN	-632.201
			Reducción CO2 (ton/año)	192,61
			Reducción NOx (ton/año)	0,51
			Reducción SOx (ton/año)	0,24

(Fuente: elaboración propia)

7. CONCLUSIONES

Con el Trabajo Especial de Grado se logró realizar una evaluación y propuesta de mejora de la eficiencia energética, del consumo de agua y de la generación de desechos de la Torre HP, basada en la metodología desarrollada por el Centro de Asesoramiento Industrial. Esto como parte de una visión sustentable de los recursos que en Venezuela debe ser ampliamente desarrollada y practicada, siguiendo el ejemplo de otros países que ya han avanzado en este campo.

En relación a la metodología empleada, se concluye que este tipo de evaluaciones a edificios puede llevarse a cabo desarrollando herramientas orientadas al estudio de la variable o conjunto de variables de interés, teniendo en cuenta los parámetros de consumos (potencia y horarios de funcionamiento de los sistemas).

En cuanto a la evaluación de la situación actual y las cargas obtenidas, se puede afirmar que la edificación opera en forma eficiente, ya que los índices calculados se encuentran alrededor de los márgenes establecidos como referencia, y no se observó un comportamiento atípico en relación a los consumos promedios de energía para edificios de oficina, en donde los mayores consumos suelen ser por concepto de aire acondicionado, ascensores e iluminación. Algunos factores influyentes para alcanzar dicha eficiencia fueron los siguientes: uso de instalaciones y sistemas de bajo consumo de energía y agua, realización continua de mantenimientos preventivos a las instalaciones y programación automática diaria para la operación de los sistemas, que disminuyen pérdidas y sobrecargas, aumentando la vida útil de los mismos.

Aun en un escenario eficiente como el mostrado, es posible aplicar medidas a corto, mediano y largo plazo, para mejorar aún más la eficiencia energética, consumo de agua y manejo de desechos, así como reducir los gastos de facturación por los servicios mencionados.

Lamentablemente, para Venezuela algunas de estas medidas no son económicamente rentables, pues implican inversiones muy elevadas con poco retorno de dinero al corto plazo. Al mismo tiempo el bajo costo del servicio eléctrico resta valor a cualquier ahorro, así como interés en modificar los patrones de consumo actuales, caracterizados muchas veces por el despilfarro. Sin embargo debe tomarse en cuenta que el clima de incertidumbre político-económica que vive el país puede generar cambios, tales como una liberación de precios o nuevos impuestos, entre otros, que podría obligar a un cambio de actitud ante el escenario estudiado.

Aunque de manera general la Propuesta no sea económicamente rentable, hay que recordar que todas las actividades planteadas están enfocadas hacia la reducción de consumos y mejores prácticas dentro del edificio, para disminuir las emisiones de GEI. Por lo tanto el criterio de decisión para el desarrollo de este tipo de proyectos debería ser si contribuyen o no a la reducción de dichas emisiones a la atmósfera, recordando la gran importancia y la necesidad en la toma de acciones referentes a mantener la sustentabilidad del medio ambiente para futuras generaciones.

8. RECOMENDACIONES

Se indican a continuación varias recomendaciones adicionales, cuyos resultados no fueron cuantificados debido al alcance del T.E.G, pero que representan buenas prácticas en relación a eficiencia energética, ahorro en consumo de agua y sistema de manejo de desechos, además de contribuir a la eficacia de la Propuesta de Mejora planteada:

- Incorporar una estrategia de manejo de energía, agua y desechos como parte de la estructura organizativa de cada empresa, a fin de que sea parte de la cultura de la misma. Se requerirá la adecuada asignación de los recursos y presupuesto, necesarios para llevar a cabo los planes propuestos. Dicha estrategia debe comenzar por la creación de comités que se encarguen de coordinar, difundir y velar por el cumplimiento del Plan de Mejora y/o propuestas similares.
- Seguir realizando mantenimiento preventivo a las instalaciones en las fechas programadas, a fin de alargar la vida útil de los equipos e instalaciones.
- Establecer planes de monitoreo y control de históricos de electricidad y agua, con el propósito de determinar posibles alteraciones de los niveles normales de consumo, conseguir la causa del problema y atacarla lo antes posible.
- Utilizar criterios de compra verde para equipamiento de oficina, materiales y productos

de limpieza, que sean energéticamente eficientes y no contaminantes.

- A nivel de empleados y actividades desarrolladas en toda empresa, poner siempre en práctica el criterio de las 4Rs:
  - Reducir: generar menor cantidad de desechos.
  - Reciclar: realizar segregación y recolección de desechos por tipo.
  - Reutilizar: aprovechar al máximo la utilidad de los materiales antes de que sean desechados.
  - Repensar: los procesos de producción y materiales utilizados, a fin de que puedan ser reciclados o reparados para alargar su vida útil.
- Estar atentos ante interrupciones del servicio eléctrico. En estos casos es recomendable desconectar los equipos de oficina y volverlos a conectar una vez que el servicio se estabilice, pero siempre tomando en cuenta intervalos de 15 minutos entre cada conexión de tipo de equipo; esto puede evitar grandes gastos en facturación referente al cargo por demanda, ya que se minimizan los picos de KVA registrados por el arranque simultáneo de equipos. Cada oficina puede establecer su propio sistema en relación a cuáles equipos desconectar y el orden de re-conexión de los mismos.
- Mantener abajo todas las persianas de las oficinas cuando sea posible. Esto hace que disminuya la entrada de energía proveniente de la radiación solar y reduce la conducción térmica a través de las ventanas, disminuyendo así el trabajo realizado por el sistema de aire acondicionado.
- Evaluar en cada oficina la posibilidad de reemplazar el equipamiento de ofimática y otros equipos, por aquellos con etiqueta de eficiencia energética (Energy Star), indicativo de que esos equipos cumplen con los requisitos de eficacia energética que cualquier fabricante debe cumplir si considera respetuoso con el medio ambiente. Algunos datos interesantes sobre estos equipos son:
- Los ordenadores calificados con la etiqueta "Energy Star" responden hasta por un 70% menos de emisiones de CO_2, derivadas del consumo eléctrico, en comparación con uno convencional que no cuente con un sistema de ahorro de energía.
- Las fotocopiadoras eficientes Energy Star pueden ahorrar hasta un 40% en el consumo respecto de las convencionales.[12]
- En relación a los ascensores, aunque no pudo cuantificarse el consumo de energía eléctrica de los mismos en el edificio, se le atribuyó un porcentaje significativo de consumos (dentro de la clasificación "otros"), además de conocer que los motores con los que trabaja son de tecnología antigua. Se recomienda evaluar la posibilidad de reemplazar dichos motores por otros de mayor eficiencia eléctrica y mecánica. Un ejemplo de ello son los motores de imán permanente desarrollados por Mitsubishi, que no requieren corriente de excitación y son capaces de entregar mayor eficiencia eléctrica y mecánica, a la vez que son más rápidos, más seguros y consumen menos energía que un motor convencional.
- Otra buena práctica adoptada por algunos países es desconectar los ascensores durante las noches y fines de semana, dejando sólo en funcionamiento el ascensor de servicios preferenciales. Esto generaría un ahorro del consumo, aunque mínimo, referente a la iluminación y ventilación que requieren los ascensores aún cuando no están en uso.
- Se recomienda por otro lado, establecer en todo el edificio una política para comenzar la sustitución del R-22 de los aires acondicionados que trabajan con él. Una opción es sustituirlo por el R-417A, ya que ambos refrigerantes son compatibles. En ese caso lo que debe hacerse es extraer el R22 del equipo, hacer un buen vacío y cargar el R-417A por fase líquida. No es necesario modificar ni realizar ningún cambio en la instalación; en algunos casos solamente es necesario ajustar la válvula de expansión [13].
- Es importante tener en cuenta que algunas lámparas fluorescentes requieren para su funcionamiento pequeñas cantidades de vapores de mercurio y argón. Si estos tubos se rompen, se liberan cantidades de dichos vapores que pueden ser perjudiciales al organismo, además de altamente contaminantes del ambiente. Es por ello que se recomienda desarrollar un programa en alianza con alguna empresa encargada de la gestión de desechos

peligrosos, como por ejemplo: *Consorcio Triumph*. Para lo cual se requiere que las lámparas fluorescentes, al final de su vida útil, sean recolectadas, y almacenadas en la Torre, debidamente identificadas como material peligroso y contactar a dicha empresa (u otra similar) para que se encargue de recoger estos desechos, garantizando el correcto manejo y disposición final de los mismos, evitando así la posible emisión de gases contaminantes dentro del edificio.

- Por último sería conveniente evaluar a fondo el alcance de cada actividad dentro de la Propuesta de Mejora, teniendo en cuenta posibles ampliaciones de éste y por tanto mayores beneficios.

La puesta en práctica de todas estas recomendaciones, conjuntamente con el desarrollo la Propuesta de Mejora planteada o actividades similares a ella, deben ser actualmente promovidas por todas las organizaciones e individuos, a fin de contribuir a aumentar la eficiencia de los sistemas, la optimización de los recursos y la preservación del medio ambiente, como medidas necesarias para el desarrollo sustentable de las sociedades.

REFERENCIAS DIRECTAS

[1] Efecto Invernadero. Wikipedia [página web en línea]. Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_ invernadero [Consulta 2009, enero 2].

[2] Desarrollo Sostenible. Wikipedia [página web en línea]. Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/ Desarrollo_sostenible [Consulta 2009, enero 5].

[3] Eficiencia Energética. Construible.es [página web en línea]. Disponible: http://www.construible.es/ noticiasDetalle.aspx?c=22&idm=159&m=21&n2=20&pat=20 [Consulta 2009, enero 15].

[4] Cambio Climático. Schlumberger Excellence in Educational Development (SEED) [página web en línea]. Disponible: http://www.seed.slb.com/ es/scictr/watch/climate_change/co2.htm [Consulta 2009, enero 2].

[5] Shell Real Estate (2008). *Energy Challenge @ Work, a Guide to Energy Efficiency at Shell.* [Documento en línea]. Disponible: http://sww-knowledge-tw2.shell.com/knowtw2/livelink.exe [Consulta 2008, octubre 24].

[6] Ministerio del Poder Popular para la Energía y el Petróleo. (2006). *Petróleo y otros datos estadísticos (PODE 2006).* [Página web en línea]. Disponible: http://www.menpet.gob.ve/repositorio/imagenes/secciones/pdf_pode/pode_2006/PODE2006.pdf [Consulta 2009, septiembre 11].

[7] Shell Real Estate (2008). *Energy Management Plans for Buildings.* [Página web en línea]. Disponible: http://sww.shell.com/realestate [Consulta 2008, diciembre 23].

[8] Climate Change Emissions. Enviromental Protection Agency (EPA). [Página web en línea]. Disponible: http://www.epa.gov/climatechange/ fq/emissions.html#7 [Consulta 2009, enero 10].

[9],[10] Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (2002). *Guía de Operaciones de Ahorro en Energía Eléctrica en Edificaciones Públicas*. Caracas: UCV, pp 27-28.

[11] Tarifas vigentes. La Electricidad de Caracas. [Página web en línea]. Disponible: http://www.laedc. com.ve/CategoryDetail2.asp?CategoryId=10891&modulo=3&ArticleId=148896 [Consulta 2009, enero 22].

[12] Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (2002). *Guía de Operaciones de Ahorro en Energía Eléctrica en Edificaciones Públicas*. Caracas: UCV, p 23.

REFERENCIAS INDIRECTAS

[i] Aire Acondicionado. Gas-Servei, S.A. [Página web en línea]. Disponible: http://www.gas-servei.com/faq/index.php?lang=es&id=aire#15 [Consulta 2009, febrero 18].

[ii] Energy-Star. Consumo Responsible. [Página web en línea]. Disponible: http://www.consumo responsable.org/criterios/etiquetas/consumoenergetico2.asp [Consulta 2009, febrero 18].

[iii] Calderón, Julio. (2008). Desarrollo de Herramienta Informática para Registro y Análisis de Datos en Auditorías Energéticas. Tesis de Grado Universidad Simón Bolívar, Caracas.

[iv] González, C. y Guerra, A. (2002). Proyecto de un Centro de Asesoramiento Industrial como Generador de Alternativas Para la Administración de Energía Eléctrica en Pequeñas y Medianas Plantas Industriales: Formulación y Evaluación". Tesis de Grado Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.

[v] Quijada, P. M. (2008). Auditoría Energética en Instalaciones Eléctricas Industriales. Tesis de Grado Universidad Simón Bolívar, Caracas [Consulta 2009, enero 22].

Desarrollo de un ambiente de programación paralelo para la ejecución de aplicaciones en C y JAVA

■ Maricelys Blanco Gutiérrez
email: maricelyseliza@gmail.com
Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

■ Saúl Buitrago
email: sssbuitrago@gmail.com
Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

Fecha de Recepción: 22 de mayo de 2009
Fecha de Aceptación: 19 de octubre de 2009

Resumen

El presente trabajo describe el proceso de creación de un *middleware* para un *cluster* de cómputo, denominado Cluster CSC UCAB 1, perteneciente al Centro de Súper Computación (CSC) UCAB, el cual utiliza *software* de código abierto, como Linux para el sistema operativo, y cuyo *hardware* se compone de máquinas personales de bajo costo. La finalidad está en obtener mayor transparencia ante el usuario mediante la concentración de un conjunto de herramientas que promueven el procesamiento paralelo en una sola aplicación permitiendo la ejecución de programas paralelos implementados en lenguaje C y Java que resultan ser de gran interés para otros proyectos del Centro.

Palabras claves: cluster, middleware, cómputo paralelo, mpi, torque, NFS.

1. Introducción

Los clusters se han definido como "grupos de múltiples computadoras unidas mediante una red de alta velocidad, de tal forma que el conjunto es visto como un único computador, más potente que los comunes de escritorio". Una de las utilidades más consideradas radica precisamente en el poder de cómputo que se puede obtener en un tiempo menor a comparación a la utilización de una sola máquina.

Desde aplicaciones de súper cómputo y software de misiones críticas, servidores Web y comercio electrónico, hasta bases de datos de alto rendimiento, son parte de la lista de usos de los clusters.

Para lograr que ante el usuario un aglomerado de máquinas parezca una sola se debe contar con una o múltiples plataformas que logren gestionar el uso del conjunto en las tareas a ejecutar.

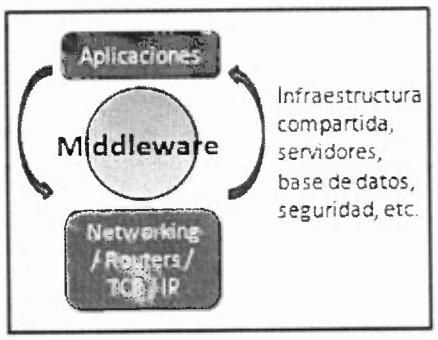

Figura 1. Middleware. [4]

Un middleware es la diferencia clave entre una red de PCs y un cluster. Es el nivel de software que se ejecuta por encima del sistema operativo y que proporciona al usuario una imagen de sistema único.

Permite un acceso uniforme a los distintos nodos de cómputo independientemente del sistema operativo que implemente cada uno de ellos. Gestiona los fallos de los nodos individuales y el equilibrio de carga de trabajo.

Entre algunos de los objetivos que debe cubrir el middleware idealmente se encuentran los siguientes:

- Jerarquía de ficheros única, ej. NFS.
- Interfaz de usuario único, ej. Entorno único.
- Espacio de entrada/ salida único, ej. Se puede tener acceso a los nodos desde los demás sin conocer la ubicación física.
- Espacio de proceso único, ej. Comunicación entre procesos como si estuvieran en la misma máquina.

En la actualidad existen diversos tipos de middleware, como por ejemplo: ParaStation, MOSIX, OpenMOSIX, Cóndor, OpenSSI, etc. Algunas de estas aplicaciones son propietarias mientras que otras son de libre distribución. Por lo general son productos de trabajos de investigación a nivel académico y científico. Cada distribución satisface las características básicas de un middleware pero el CSC UCAB requiere de uno que se ajuste a las necesidades de los proyectos que administra.

Con el propósito de aprovechar la capacidad de cómputo de un conjunto de equipos de escritorio disponibles para hacerlos funcionar como un cluster, el CSC UCAB determinó crear un middleware capaz de procesar aplicaciones paralelas implementadas en C y JAVA que utilicen las librerías MPI o PVM, haciendo uso de herramientas como TORQUE, para el procesamiento batch y balanceo de carga de los procesos, obteniendo así ejecuciones continuas de una manera sencilla de múltiples programas paralelos pertenecientes a proyectos del CSC UCAB.

2. Cluster CSC- UCAB 1

El cluster CSC- UCAB 1 es de tipo Beowulf ya que posee una arquitectura escalable de múltiples computadoras, que puede ser usada para realizar cómputo paralelo y distribuido. Este tipo de clusters son sistemas construidos con componentes de *hardware* y *software* de uso general, es decir, no contienen ningún tipo de *hardware* especializado. Los nodos están constituidos por cualquier computadora capaz de ejecutar el sistema operativo LINUX, y *software* para el desarrollo de aplicaciones paralelas.

La arquitectura del cluster consta de un nodo front-end, otro front- end auxiliar en caso de fallas y nodos trabajadores. Adicionalmente cuenta con:

Punto de red.

Switch.

Cables UTP (Unshielded Twisted Pair), con conectores RJ45.

KVM.

Tarjetas de Red (10/100Mbps), dos en los front-ends y una en los nodos trabajadores.

Emplea el protocolo TCP/IP, para el enlace de las computadoras en la LAN. El sistema operativo empleado es Linux. Utiliza el servicio SSH junto a los protocolos NIS y NFS para facilitar la administración del sistema. También maneja el estándar MPI, en las distribuciones MPICH y mpiJava para C y Java respectivamente, al igual que PVM y TORQUE.

3. Aplicaciones de Soporte para la Construcción del Middleware

PVM y MPI

El desarrollo de las principales bibliotecas de computación paralela se ha basado fundamentalmente en una *máquina virtual* o bien en el *paso de mensajes*.

Una de las bibliotecas llamada *Parallel Virtual Machine* (PVM) fue desarrollada basándose en el concepto de *máquina virtual*, esto es, una colección de recursos computacionales manejados como un computador paralelo. En cambio, otra llamada *Message Passing Interface* (MPI) se basa en el *paso de mensajes*, y aunque no tiene el concepto de máquina virtual, sí hace una abstracción de todos los recursos en términos de topología de paso de mensajes. Actualmente su uso es de mayor popularidad en comparación a PVM debido a su portabilidad y alto desempeño de comunicaciones.

En la Tabla I se destacan distintas características de amabas librerías. A continuación mencionaremos dos productos, MPICH y mpiJava, basados en la especificación MPI que fueron instalados en el cluster.

MPICH

MPICH es una de las implementaciones más robustas de MPI, habiendo evolucionado junto con el estándar, y estando disponible para una gran cantidad de plataformas. MPICH ha seguido el desarrollo de la especificación MPI y actualmente está disponible de manera portable para una gran cantidad de plataformas, entre las que se incluyen sistemas Unix comerciales (Solaris, HP UX, AIX, IRIX), máquinas masivamente paralelas (Intel Paragon, Cray) y variantes libres de Unix (Linux, BSD). También soporta arquitecturas SMP, MPP, redes de estaciones y *clusters*.

mpiJava

mpiJava es una implementación del estándar de paso de mensajes MPI para Java que requiere de la instalación previa de alguna distribución de MPI como lo es MPICH.

Comando	Descripción
mpd	Demonio que ejecuta el servicio MPICH
mpicc	Compila aplicaciones que usen librerías MPI
mpiexec	Ejecuta aplicaciones MPI compiladas
mpirun	Comando llamado internamente por mpiexec para ejecutar aplicaciones MPI
mpdboot	Comando que inicializa el servicio MPICH
mpdtrace	Muestra los hosts activos al momento

Características	PVM	MPI
Portabilidad	Media	Alta
Interoperabilidad	Alta	Media
Tolerancia a Fallos	Sí	No
Control de Procesos	Sí	MPI2: Sí
Control de Código Fuente	Dinámico	Estático
Velocidad de Comunicación	Lenta	Rápida
Comunicación Asincrona	Sí	Sí
Topología de paso de mensajes	No	Sí
Determinar dinámicamente recursos del sistema	Sí	No

Tabla I. Características de PVM y MPI. Fuente: Adaptado de Informe # 1 Middleware de un Cluster. [1]

Comando	Descripción
mpd	Demonio que ejecuta el servicio MPICH
mpicc	Compila aplicaciones que usen librerías MPI
mpiexec	Ejecuta aplicaciones MPI compiladas
mpirun	Comando llamado internamente por mpiexec para ejecutar aplicaciones MPI
mpdboot	Comando que inicializa el servicio MPICH
mpdtrace	Muestra los hosts activos al momento

Tabla II. Algunos comandos de MPICH. [4]

Mpj es otra implementación más actualizada que funciona independiente de alguna instalación previa de MPI. Sin embargo, para efectos de este proyecto se trabajó con mpiJava pues la instalación de MPICH ya estaba contemplada.

En el ejemplo que a continuación se muestra, después de haber inicializado MPICH, el uso de mpiJava mediante la aplicación Hello.java en 2 procesos. Nótese que se trata de dos líneas con comandos específicos de java y mpiJava, que deben ser ejecutadas por cónsola en el directorio donde se encuentra la aplicación:

```
[mary@wales simple]# javac Hello.java
[mary@wales simple]# mpiexec –n 2 java Hello
received: Greetings from process 1
Hello, I am process 0
```

TORQUE

Las herramientas de balanceo de carga son gestores de recursos que proporcionan un mecanismo para encolar, controlar y ejecutar trabajos en un recurso compartido proporcionando un acceso centralizado a una serie de recursos distribuidos, de una manera inteligente, segura, justa y eficaz.

TORQUE es un gestor de recursos que proporciona control sobre trabajos batch y nodos de cómputo distribuidos. Utiliza un mecanismo de colas para ejecución de trabajos que respeta los criterios de prioridad configurados.

Algunos de los comandos que deben quedar activos después de la instalación se observan en la Tabla III.

Comando	Descripción
qsub	Envía una secuencia de comandos al servidor de colas
qstat	Muestra el estado general de trabajos
pbsnodes	Permite ver el listado de los nodos existentes
pbs_server	Inicia el servidor de trabajo
pbs_sched	Inicia el planificador de tareas
pbs_mom	Inicializa el componente de ejecutor de trabajo

Tabla III. Algunos comandos de TORQUE. [4]

Para ejecutar aplicaciones paralelas se debe usar un usuario distinto a "root" por razones de seguridad, en este ejemplo se usa el usuario "mary":

```
[root@wales pbs]# su - mary
[mary@wales pbs]$ qsub -q cidi saludos.sh
20.wales.cidi.ve
[mary@wales pbs]# qstat -q
server: wales.CIDI.ve
Queue Memory CPU Time Walltime Node Run Que
Lm State
---------------- ------ ----------- ----  --- --- -- -----
batch --     --        --         --   0  1 -- E R
cidi  --  48:00:00 72:00:00 --   0  3 -- E R
                                  ----- -----
                                   0   4
Hello World! I'm process 0 of 2 on wales.CIDI.ve
Hello World! I'm process 1 of 2 on germany.CIDI.ve
```

En el ejemplo anterior se encoló la tarea descrita en el archivo *saludos.sh*, el cual es un archivo batch con la línea de ejecución en dos nodos de la aplicación paralela en C llamada *HelloWorld.c* que utiliza las librerías MPI. Seguidamente, TORQUE lee dicho comando desde el archivo *saludos.sh* y entonces crea la tarea *20.wales.cidi.ve* (número de la tarea y nombre del nodo). Al usar el comando *qstat –q* se observa el estatus de la tarea encolada, en este caso se tienen dos nodos llamados wales.CIDI.ve y germany.CIDI.ve, dos colas activas en ejecución de tareas actuales llamadas batch y cidi, utilizándose la primera para este caso. Seguidamente se muestra la respuesta de la ejecución, la cual es configurable para almacenarla en un archivo plano.

Network File System (NFS)

NFS es un protocolo que establece el servicio de archivos distribuidos en el entorno de una red. Para

el cluster de cómputo se consideró emplearlo para el acceso de las máquinas a ficheros compartidos. De esta manera todos los nodos visualizan la misma información en los archivos configurados para ello.

Una manera de verificar la instalación y configuración del NFS en el cluster consiste en revisar en el servidor o front- end los archivos */etc/exports*, */etc/hosts.deny*, */etc/hosts.allows* y */etc/hosts*, con la finalidad de realizar las ediciones pertinentes para poder establecer la comunicación entre los nodos del cluster. Mientras que del lado del cliente basta con verificar los archivos */etc/hosts* y */etc/fstab* [9].

Para ambos casos se debe revisar que el servicio esté activo, para ello puede utilizarse desde la cónsola como usuario "root" el comando: */sbin/service nfs restart* o */sbin/service nfs start*. Para compartir una carpeta, además de incorporarla al archivo fstab del lado del cliente, se debe utilizar desde consola el comando *mount*, por ejemplo: *mount 192.168.1.1:/home /home*, de esta manera el nodo cliente que ejecutó el comando establece el enlace con el servidor, en este caso de *IP 192.168.1.1*, pudiendo entonces compartir la carpeta */home*. Se debe destacar que el uso de estos comandos es responsabilidad de los administradores quienes los ejecutarían en caso de ser necesarios.

4. Middleware para el Cluster CSC UCAB 1

El middleware para el cluster de cómputo fue desarrollado en JAVA, permite la ejecución de aplicaciones paralelas hechas en C y Java. El objetivo principal de la plataforma es permitir que los procesos laboren de manera simultánea con distintas cantidades y tipos de datos, distribuyéndolos entre las máquinas del cluster para así disminuir la carga que tendría en un solo procesador.

Utiliza un conjunto de aplicaciones de soporte descritas en la sección anterior, engranándolas en una aplicación que llamamos middleware que facilita el trabajo al usuario, convirtiendo la transparencia en la ventaja principal de su utilización, pues elimina la tarea de la construcción de los comandos de ejecución de cada herramienta (como Torque y MPICH, por ejemplo) sino que sólo con indicar el tipo de aplicación, nombre y número de procesos deseados se puede ejecutar la aplicación paralela incluso mediante una interfaz gráfica. Adicionalmente se cuenta con la opción de facilitar una lista de aplicaciones para que sean ejecutadas en el transcurso de un tiempo determinado sin necesidad de que el usuario esté presente.

Se utilizó la arquitectura cliente- servidor en la cual existe un proceso maestro o servidor en el front- end encargado de recibir, validar, planificar los trabajos y distribuir la data facilitada por el usuario para que luego otros procesos llamados esclavos o clientes procesen la data especificada y así el servidor muestre los resultados obtenidos al usuario. Con la finalidad de definir el alcance de la aplicación se definió un modelo de dominio que puede ser apreciado en la figura 2 en el cuál se plantea a rasgos muy generales los componentes básicos del sistema de manera estática y sin detalles para poder establecer con mayor facilidad las clases que a continuación se describirán:

Entrada. Obtiene data del usuario a ser procesada, nombre e id.

Funciones. Clase que contiene las funciones básicas a ser utilizadas por la clase Entrada.

FuncionesBD. Clase que contiene las funciones relacionadas con la manipulación de la base de datos.

Insumo. Clase que define al objeto encargado de almacenar la data de entrada.

Torque. Clase que investiga estatus de TORQUE en los nodos en caso de que no se generen archivos de salidas de resultados de procesamiento batch en un tiempo predefinido.

Salida. Clase que muestra el contenido de los archivos de resultados de TORQUE.

CampoTexto. Clase de interfaz gráfica que usa métodos generales de las librerías awt y swing para garantizar portabilidad tanto de versiones de JDK como de sistemas operativos.

Contenido. Clase complementaria a CampoTexto que se encarga de la manipulación de archivos planos.

Entiéndase que del modelo de dominio explotaron conceptos más específicos para la creación de las clases arriba expuestas, por ejemplo, del dominio BasedeDatos surgió la clase FuncionesBD así como del dominio Data surge las clases Insumo y Entrada. El modelo de dominio sirve para ir rebajando el nivel de abstracción en la fase de diseño de los sistemas.

La información necesaria para que el middleware pueda trabajar se obtiene de un archivo plano de insumo llamado *data* el cual contiene la información respectiva de cada tarea. El archivo es

elaborado por el usuario y debe tener la siguiente estructura: <lenguaje><nombre><cantidad_de_proceso><naturaleza>.

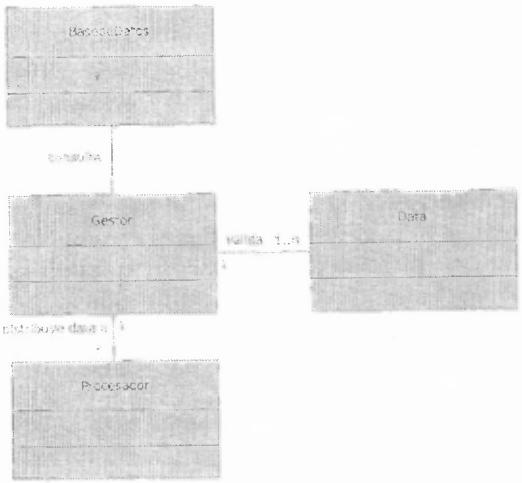

Figura 2. Modelo de Dominio. [4]

<lenguaje> indica en qué lenguaje de programación está desarrollada la aplicación, sólo se contempla C, JAVA y algunos comandos de cónsola, el <nombre> es el correspondiente al nombre del archivo principal o main de la aplicación, la <cantidad_de_procesos> indica el número de procesos requeridos para la ejecución del programa y la <naturaleza> de la aplicación determina si se trata de un programa secuencial o paralelo desarrollado en base a MPI o PVM. Este archivo puede contener una lista de varias aplicaciones, se sigue el formato descrito arriba y se separa por comas.

Para una prueba sencilla inicial se facilitó el archivo *data* como insumo. Contenido: *c problem 2 pvm, java Amen 2 mpi, c ex_in 2 secuencial*. Al terminar la ejecución del middleware se observaron los mensajes de la ejecución de cada programa así como la verificación del usuario que ejecuta la aplicación:

Tarea validar usuario correcta.
Lista de aplicaciones a ejecutarse (Lenguaje- Nombre- Procesos- Tipo):
c problem 2 pvm
,
java Amen 2 mpi
,
c ex_in 2 secuencial

1126.wales.cidi.ve
1127.wales.cidi.ve
1128.wales.cidi.ve

Procesando solicitudes, por favor esperar ...

Resultados. Son presentados por nombre del archivo que contiene la respuesta respectiva:

Nombre: Amen
Contenido:

Hello germany.CIDI.ve
received: Greetings from process 1 - wales.CIDI.ve
Nombre: ex_in.sh.out
Contenido:
tiempo 84449453
idum: -79886119
xprod 10.873127
j = 138619568

j = 138619568

j = 138619568

j = 138619568

j = 138619568

j = 138619568

j = 138619568

j = 138619568

j = 138619568

j = 138619568
0.2875139 1.6477040 0.1265067
0.1922772 1.2092212 0.5191070
1.8914253 1.6665010 0.5758549
0.7267339 0.3881325 0.7377759
0.6711482 1.1695160 1.0107218
1.3668191 0.7954742 1.0941652
0.8154905 1.8677541 1.2604208
1.9260110 0.6993417 1.2768101
0.2730283 0.1733599 1.4973184
1.6218511 0.3179289 1.8221426
Tiempo de duracion: 0.160000 milisegundos o 191740 nanosegundos

fin calculo puntos iniciales

Nombre: problem.sh.out
Contenido:
hello, i'm a slave with tid 262146 running on machine wales.CIDI.ve
The array of 10 elements contains 8 prime numbers.
Parallel Time: 0s 98028us
The array of 10 elemnts contains 8 prime numbers.
Sequential Time: 0s 25us
Speedup: 0.000255029
Efficiency: 0.000127515

Nótese que el middleware ejecuta las aplicaciones secuenciales y paralelas en mpi o pvm, en C o JAVA, que sean suministradas mediante el archivo de insumo

data. El middleware creado le permite al usuario facilitar una lista de aplicaciones sin que se preocupe por proporcionar líneas de código de ejecución para las mismas.

En relación a la interfaz, se presentaron dos tipos. Una sencilla local que consta de una ventana en la cual se puede ingresar el nombre del usuario y contraseña para luego observar los resultados de la ejecución en la misma ventana, y otra interfaz web informativa, bastante simple, con la cual se podrá observar el resultado de la última ejecución del middleware.

Esta última interfaz fue creada usando PHP y html, la cual fue probada en el laboratorio mediante la LAN, usando apache como servidor. En la interfaz local se emplea las clases awt y swing, sin intervención de paquetes propios de ningún IDE como Eclipse o Netbeans.

Para la interfaz web se creó un directorio llamado *public_html* en el directorio */home/mary*, y se habilitó la opción de apache para crear directorios de usuarios para poder acceder a esta interfaz perteneciente al usuario "mary" siempre y cuando el servicio de apache esté disponible.

Mediante cualquier nodo de la LAN perteneciente al cluster se visualiza colocando en el navegador lo siguiente: *http://200.2.13.167/~mary*, mientras que en la máquina servidor Wales se coloca *http://localhost/~mary* para garantizar el acceso. Además de la plantilla web utilizada, descargada de manera gratuita de internet, dicha interfaz está conformada por los siguientes archivos:

index.php: Contiene la página principal de la interfaz en la cual se muestra la última ejecución del middleware.

correo.php: Esta página se encarga de almacenar en un archivo plano, llamado *mensajes*, los comentarios que se hagan mediante esta interfaz para que el administrador los considere y pueda responder a los mismos. Mediante la interfaz web se puede visualizar los resultados de la última ejecución del middleware en el laboratorio del CSC UCAB, y también comunicarse con los administradores en caso de desear la inclusión de un código en particular.

Esto se debe a que los administradores, por motivos de seguridad, desean visualizar el código antes de ejecutarlo en el cluster.

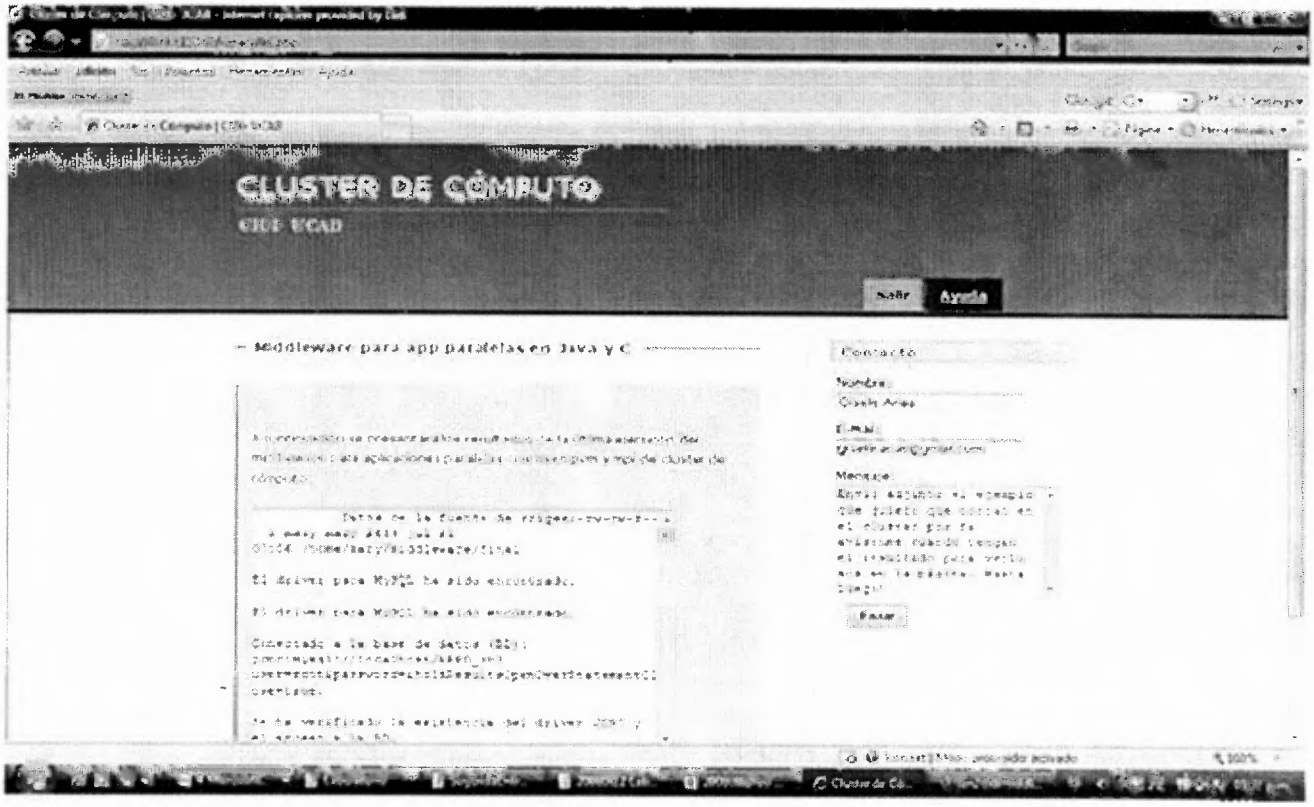

Figura 3. Interfaz web Informativa.

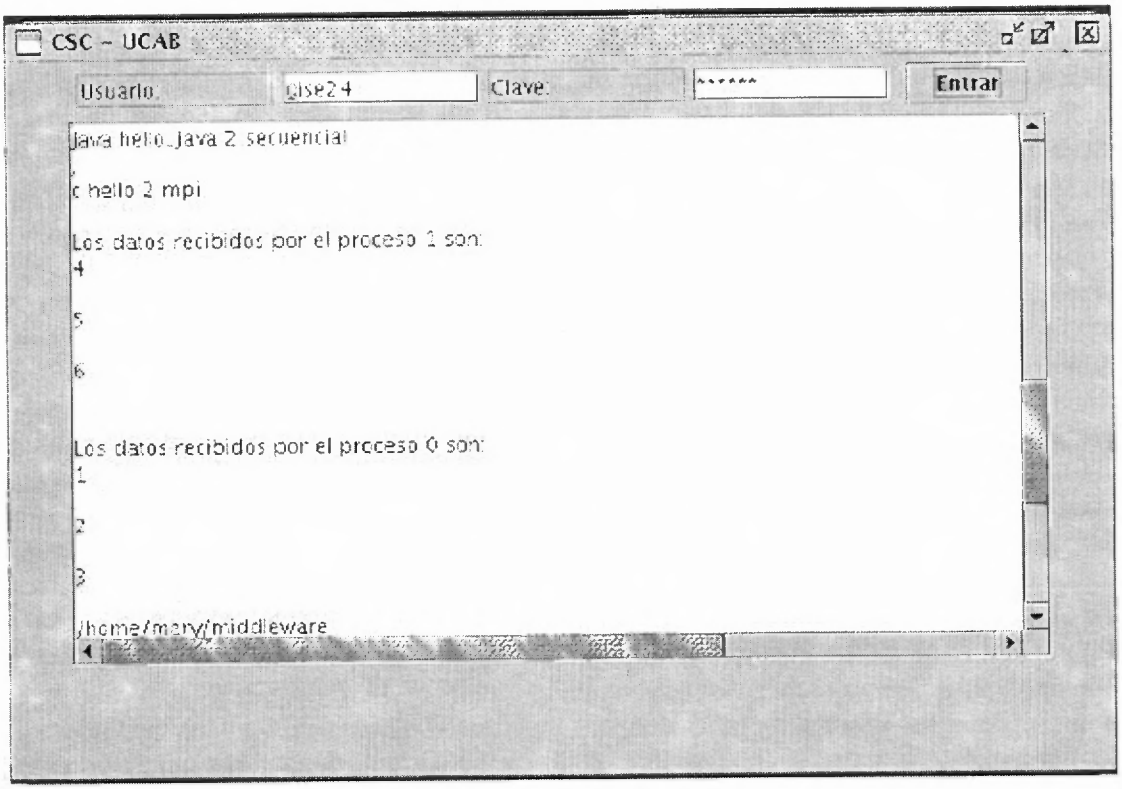

Figura 4. Interfaz local.

Es entonces posible mediante las interfaces creadas la visualización de la ejecución de tareas paralelas en C y JAVA de manera automática y continua. Basta con crear el archivo insumo *data* con las especificaciones deseadas y ejecutar la aplicación creada.

También se ejecutó una prueba de respuesta a fallas para la que se utilizó el mismo insumo para la prueba inicial de funcionamiento, con la diferencia que se eliminó uno de los hosts de la plataforma justo antes de que TORQUE encolara las tareas. El comportamiento de TORQUE fue pasivo ya que terminó la ejecución del middleware normalmente pero sin dar mensaje alguno referente a la falta del nodo.

Sin embargo al ejecutar dos veces seguidas el comando *pbsnodes*, comando de TORQUE para conocer el estatus de los nodos, apareció lo que se aprecia en la figura 5. La respuesta de dicho comando refleja que TORQUE se percató de la ausencia del nodo al mostrar la etiqueta de *status=job-exclusive* la primera vez, y después mostrar *status=down*. En este caso sólo le da tiempo de procesar la primera tarea de la cola, llamada *ls*, como se observa en la figura 7, en la cual se muestra el contenido del directorio compartido */home/mary*, en el que TORQUE tiene configurado la exposición de los resultados. Aparecen sólo los archivos de salidas preconfigurados para TORQUE *ls.sh.e456* y *ls.sh.o456*, de error y respuesta respectivamente, de la única tarea que pudo ejecutar, *ls*.

TORQUE suspende el procesamiento batch hasta que se reincorpore el nodo faltante, sin perder la lista de tareas. Efectivamente, después de que se incorpora el nodo se continúa con el procesamiento.

Ante este comportamiento se creó un módulo que consulta a TORQUE sobre su estatus para cada nodo en caso de que el sistema no encuentre archivos de salida en un tiempo predefinido.

Por ejemplo, en el caso de que algún nodo cliente no esté activo y se ejecute la aplicación, se obtiene un mensaje de error, en el que se le expresa al usuario que debe revisar el directorio llamado *salidas*, ubicado en el directorio donde se ejecuta el middleware y buscar los archivos de error generados para así conocer con exactitud la ausencia y motivo de la misma.

Al incorporarse el nodo faltante las tareas encoladas pendientes terminan su ejecución.

En caso de que el servidor falle, el administrador del sistema debe establecer a al nodo que sirve de servidor auxiliar como servidor principal.

5. Resultados

- Se seleccionó TORQUE como herramienta a instalar, configurar y utilizar para el procesamiento batch que usa el middleware por ser una de las herramientas más actualizadas, software libre y por contar con numerosa documentación.
- El middleware resultante puede procesar algunos comandos de sistema, aplicaciones tanto paralelas como secuenciales (aprovechando el procesamiento batch mediante TORQUE), desarrolladas en lenguaje C y JAVA, en el caso de las paralelas utilizando MPI y PVM.
- Se implementó una interfaz local con el uso exclusivo de las librerías awt y swing simplificando la portabilidad del middleware.

Figura 5. Respuesta ante la caída de un nodo.

6. Conclusiones

- Aunque el hardware disponible haya sido limitado, debido a la velocidad de procesamiento y cantidad de nodos, se logró implementar un middleware con diversas utilidades.
- Se utilizaron herramientas open source disponibles en Internet.
- El uso de NFS, en este caso, para la ejecución batch de aplicaciones paralelas y secuenciales resulta ser necesario para tener una sola copia común para todos los nodos, tanto de la data y aplicación a procesar como el resultado a obtener.
- El impacto de agregar al middleware otro lenguaje de programación para el procesamiento paralelo no será significativo siempre y cuando exista la librería para el procesamiento paralelo que lo soporte.

- Se configuró e implementó un servicio NFS para compartir directorios entre los nodos del cluster y un servicio apache para un usuario determinado, en la que se disfruta de una interfaz web.

```
[root@germany /]# pbsnodes
germany.CIDI.ve
state = job-exclusive
np = 1
properties = 192.168.1.3
ntype = cluster
jobs = 0/456.wales.cidi.ve
status = opsys=linux,uname=Linux germany.CIDI.ve 2.6.17-1.2142_FC4 #1 Tue J ul 11 22:41:14
EDT 2006 i686, sessions=2318 9322,nsessions=2,nusers=2,idletime=1,
totmem=581488kb,availmem=441672kb,physmem=319352kb,ncpus=1,loadave=0.12,netload=
77598047,state=free,jobs=,varattr=,rectime=962354492
wales.CIDI.ve
state = job-exclusive
np = 1
properties = 192.168.1.1
ntype = cluster
jobs = 0/456.wales.cidi.ve
status = opsys=linux,uname=Linux wales.CIDI.ve 2.6.11-1.1369_FC4 #1 Thu Jun 2 22:55:56 EDT
2005 i686,sessions=2268 11488
1268725390,nsessions=4,nusers=2,idletime=5,totmem=581700kb,availmem=385712kb,physmem=319564k
b,ncpus=1,loadave=0.20,netload=63196098,state=free,jobs=456.wales.cidi.ve,varattr=,rectime=9
62354841
[root@germany torque]# pbsnodes
germany.CIDI.ve
state = down
np = 1
properties = 192.168.1.3
ntype = cluster
status = opsys=linux,uname=Linux germany.CIDI.ve 2.6.17-1.2142_FC4 #1 Tue Jul 11 22:41:14
EDT 2006 i686,sessions=2318
9322,nsessions=2,nusers=2,idletime=1,totmem=581488kb,availmem=441672kb,physmem=319352kb,ncpu
s=1,loadave=0.12,netload=77598047,state=free,jobs=,varattr=,rectime=962354492
wales.CIDI.ve
state = free
np = 1
properties = 192.168.1.1
ntype = cluster
status = opsys=linux,uname=Linux wales.CIDI.ve 2.6.11-1.1369_FC4 #1 Thu Jun 2 22:55:56 EDT
2005 i686,sessions=2268 11488
12687,nsessions=3,nusers=2,idletime=22,totmem=581700kb,availmem=385736kb,physmem=319564kb,nc
pus=1,loadave=0.02,netload=63333230,state=free,jobs=456.wales.cidi.ve,varattr=,rectime=96235
4672
```

11. Recomendaciones

En caso de que la interfaz web informativa del middleware se publique en internet se recomienda agregar un módulo de validación de usuarios para garantizar la discreción de los resultados de las aplicaciones ejecutadas en batch.

Es recomendable que en un cluster que use un gestor de trabajos batch, la máquina que sirva de servidor sea la única conectada a Internet, los nodos no deberían estar en esa exposición, asimismo se debe revisar las colas y nodos disponibles de manera periódica.

Antes de instalar cualquier librería de paso de mensajes así como cualquier otra aplicación se debe verificar los pre-requisitos para garantizar un óptimo funcionamiento de la nueva instalación.

Para el middleware creado se recomienda automatizar la carga de los archivos a ser procesados, así como realizar un estudio para determinar las acciones necesarias para también automatizar la tolerancia a fallos, específicamente en relación a la transición de un servidor auxiliar a principal.

12. Bibliografía

[1] Uzcátegui, Mariana. Informe # 1 Middleware de un Cluster. Centro de Investigación y desarrollo de Ingeniería –CIDI- Universidad Católica Andrés Bello –UCAB-Montalbán, Caracas. [2006].

[2] Tanembaum, Andrew S. (1996). *Sistemas Operativos Distribuidos*. México: Prentice- Hall Hispanoamericana, S.A.

[3] Bosque, José Luis. *Tema 4: Middleware y Programación Paralela de Clusters*. Laboratorio de Arquitecturas Avanzadas de Computadores 5° Ing. Informática, [en línea]. Disponible en: htt//dac.escet.urjc.es/docencia/LAAC/LAAC_Tema4.pdf. [2008, 30 de enero].

[4] Blanco, M. (2008). *Desarrollo de Ambiente de Programación Paralelo para Ejecución de Aplicaciones en C y JAVA*. Trabajo de Grado, Ingeniería en Informática, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.

[5] Baker Mark, Carpenter Bryan, Fox Georey, Hoon Ko Sung y Lim Sang. *mpiJava: An Object- Oriented Java interface to MPI.* School of Computer Science University of Portsmouth, Southsea, Hants, UK, NPAC at Syracuse University Syracuse, New York, USA. Disponible en: http://ipdps.cc.gatech.edu/1999/java/baker.pdf. [1999].

[6] Alonso, José Miguel. *Programación de aplicaciones paralelas con MPI (Message Passing Interface)*. Facultad de Informática UPV/EHU, [en línea]. Disponible en: http://www.sc.ehu.es/acwmialj/edumat/mpi.pdf [1997, 13 de enero].

[7] Innocente, Roberto. *MPI Performance of a PC cluster at the ICTP.* Abdus Salam ICTP/Sissa, [en línea]. Disponible en: http://hpc.sissa.it/1st/index.html. [1999 , 22 de marzo].

[8] Diaz, Gilberto. *Portable Batch System*. Centro de Cálculo Científico Universidad de los Andes, [en línea]. Mérida: Venezuela. Disponible en: http://www.cecalc.ula.ve/HPCLC/slides/day_10/PBS.pdf. [2003, octubre- noviembre].

[9] Díaz, G., y Salicetti, G. (2006). *Desarrollo de plataforma de procesamiento paralelo distribuido para la ejecución de diferentes trabajos*. Trabajo de Grado, Ingeniería en Informática, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.

[10] Buitrago, S. 2009. *Global optimization techniques and their applications to traffic modeling*. In *Proceedings of the 9th WSEAS international Conference on Simulation, Modelling and Optimization* (Budapest, Hungary, September 03 - 05, 2009). R. Imre, M. Demiralp, and N. Mastorakis, Eds. Mathematics And Computers In Science And Engineering. World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), Stevens Point, Wisconsin, 275-278.

Razonamiento Médico Diagnóstico

■ Ana I. Aguilera
email: aaguilef@uc.edu.ve
Departamento de Computación, FACYT, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

■ Alberto R. Subero
email: asubero@uc.edu.ve
Departamento de Computación, FACYT, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

Fecha de Recepción: 09 de junio de 2009
Fecha de Aceptación: 30 de septiembre de 2009

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar un análisis de la resolución de los problemas de diagnóstico en el campo médico. La especificación de métodos de solución de problemas médicos es un área de investigación importante debido a su gran aplicabilidad en sistemas médicos de uso corriente. La primera parte estudia el problema diagnóstico a diferentes niveles de resolución: Casos clásicos y casos complejos. Se presentan los puntos de vista colaborativos y dinámicos del proceso. La naturaleza misma del acto médico requiere la adopción de principios confiables a nivel de ingeniería basados en formalismos lógicos sólidos. En la segunda parte se hace una revisión de algunos de los métodos teóricos propuesto en la literatura sobre el tema. Este trabajo no presenta una arquitectura específica de desarrollo de sistemas de diagnóstico médico complejos pero presenta los elementos relevantes a ser tomados en cuenta en el desarrollo de tales sistemas. De la misma manera, este trabajo muestra que los enfoques basados en meta-razonadores son los más pertinentes en el desarrollo de dichos sistemas.

Palabras claves: Diagnostico médico, razonamiento médico, mecanismos de razonamiento.

Medical Diagnostic Reasoning

Abstract

The objective of this paper is to present an analysis of diagnostic problem-solving in the medical field. The specification of medical problem solving methods is an important research subject due to its great applicability in current medical applications. The first part studies the diagnostic problem solving approach at different resolution levels: classical and complex cases. A collaborative and dynamic point of view of the process is also presented. Various formal theories have been proposed in the literature to explain of medical reasoning; some of these approaches proposed are reviewed in the second part. The safety-critical nature of medical applications requires the adoption of reliable engineering principles with a solid foundation for their construction. This work does not present a specific architecture of development to complex medical diagnosis systems but the most important elements, that should be considered in the development of these systems, have been presented. In the same way, this work shows that meta-reasoning approaches are the most pertinent in these kinds of applications.

Keywords: Medical diagnosis, medical reasoning, reasoning mechanisms.

1. INTRODUCTION

The general objective of medical activity is to cure patients in an effective and efficient way. This global objective of medical work requires an appropriate administration of health systems which contributes to solving problems presented by patients. This resolution process involves two areas related to diagnosis (Dx) and treatment (Tto) over time (or evolution, in medical terms). In medical practice, the clinical objectives start when trying to efficiently establish a diagnosis of the patient's illness, to determine the illness behaviour, and to decide the best treatment. In general, doctors take into account: clinical findings, their etiology (Studying the causes of illness) probable differential diagnoses (if a not well-known illness is suspected), the realization of different complementary diagnostic tests and then, prognosis (the evolution of disease) and appropriate treatment. The positive final result toward curing the patient involves recommendations to the patient which make it possible to prevent a future recurrence of his/her current state. The tasks involved in the diagnosis process follow this cycle: observation–hypothesis generation – tests – Dx – Tto. These tasks involve a series of individual intellectual processes which are executed by the physician when making decisions about diagnosis, treatment, selection of tests, prognosis and the end of the cure cycle. These intellectual processes are known as medical reasoning. Formally, these are a set of intellectual operations that require the development of medical knowledge (semiology -studies signs of illness-, nosology- The systematic classification of illnesses by their distinctive characteristics-, and experience) and their use in practice to resolve the medical problem.

2. METODOLOGY

2.1. Medical Diagnostic Process.

In a wide sense, the word diagnosis means recognizing. In the medical sense, it has been attributed to the property of determining an illness by means of the signs observed (or the set of diagnostic signs) of an illness. It is the "art" of identifying an illness from its signs and its symptoms. When a physician meets a patient for the first time, an entire routine of information exchange begins between them which will allow the hypothesis to be made. At first, these hypotheses can be specific pathological entities or, conversely, syndromic entities (or syndromes) with respect to the general framework

of anato-physio-pathological explanations (because, initially, the illness is not identified).

2.2. Diagnostic Approach in Classical Cases.

In classical cases, diagnostic approach is divided into four major steps, Figure 1:

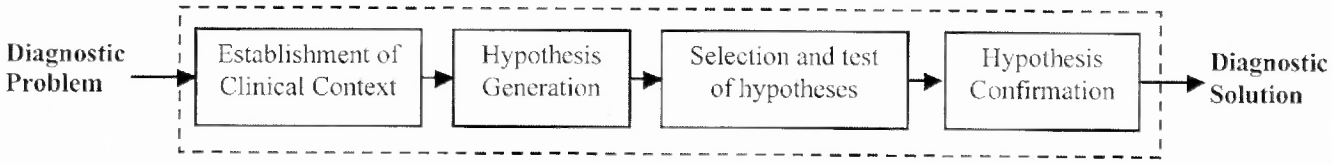

Figure 1: Diagnostic approach in classical cases

2.2.1. Definition of the clinical context (signs, symptoms, case history) established by means of questioning and by physical examination.

At the beginning of diagnostic activity, some standard information is collected: age, sex, race, summary of the present illness given by the patient, family medical history and relevant personal case history. This data can be indicated directly by the conscious patient or through the impressions of a relative of the unconscious patient. Data like age, sex, and race are very relevant, because this epidemiological information helps to direct the hypothesis to be studied. Clinical history is followed with questions about different functional systems of the body. The emphasis is put on all the systems related to the illness, for example, the case history of the respiratory and immunological system in the case of allergies and asthma. Subsequently, the physical exploration continues with a study of all systems: respiratory, neurological, abdominal, cardiovascular, etc. beginning with the vital signs: temperature, blood pressure, heart beat, and breathing rates.

The diagnosis is made using data collected at the moment of this structured observation of the patient. In this way, all symptoms and signs are noted, thus allowing a first approximation of a diagnosis at the following stage. Usually, the recognition of at least one determined clinical syndrome is established. A diagnosis starts from diverse reasons, resulting from a case of signs and symptoms, or from discovering a syndrome or from the observation of an abnormal medical image.

2.2.2. Hypothesis generation.

The application of medical knowledge (semiology, nosology, epidemiology, and experience) leads to a conceptual representation of the medical problem, which has been established in the definition of the context. The physician "generates" hypotheses as a part of his/her medical problem-solving task, that is, a disease or a more general category of diseases or any pathological problem. The goal of hypothesis generation is to create nonweighted hypotheses. Under ideal circumstances, the hypotheses can be described as a complete differential diagnosis, which consists of competent explanations for a given set of facts [1]. Every explanation includes a set of hypotheses and every set of hypotheses has to explain all the facts observed.

2.2.3. Selection and hypotheses test.

The selection of hypotheses is a process that enables hypotheses to be refuted and the remaining hypotheses to be weighed according to their relative importance. This weighting process can result from:

- Judgment of resemblance.
- Reflection based on etiological or physiopathological reasoning.
- Implementation of rules established by accumulated experience.
- Predefined algorithm.
- Probabilistic evaluation.

It is usual to test hypotheses by means of carrying out and using complementary tests. A complementary exploration must be justified by the prospective result,

that is: confirmation or refutation of a diagnostic hypothesis. These tests are justified by their utility in advancing the process of the diagnosis [2]. Hypothesis elimination may occur by negative, insufficient or absence of necessary evidence [1]. Physicians have access to many data sources thanks to both clinical and paraclinical noninvasive studies –such as clinical history, and invasive studies, such as blood tests or radiological studies with contrast-. According to the stage of the illness, certain types of tests can be used, ranging from detection to indicators of prognosis.

2.2.4. Hypothesis Confirmation.

Hypothesis confirmation may occur with positive, sufficient or necessary evidence [1]. The goal of this step is to validate a hypothesis as the diagnostic solution finding its causes and eliminating others diagnostic solutions:

Searching and establishing causes: etiological diagnosis. Once recognized, a syndrome must be confronted with its different possible causes. It is necessary to test the most probable cause, to confirm it or to invalidate it. This process is repeated several times (if necessary) until a satisfactory agreement is reached between the observed data and the nosological entity (defined by its cause and, if possible, its lesions and its mechanism –i.e. features of nosologically well-defined illness-) [2].

Elimination of "similar" illnesses: differential diagnosis. Once all the elements that allow a certain illness to be suspected, have been collected, it is necessary to begin the elimination of similar illnesses. This step, by convention, is called the differential diagnosis [2].

2.3. Diagnostic Approach in Complex Cases.

A significant number of diagnoses are considered as obvious. This happens because the nature of the illness in question is simple or because the physician's experience is significant. There are other less obvious cases for which it is not easy to establish a satisfactory diagnosis directly. There are many reasons for this: an insufficient number of available judgment elements; the illness has not evolved enough for certain signs to appear; or for a circumstantial nonschematizable cause. The diagnosis can involve great difficulties and requires a complex procedure. This procedure can implement several clinical maneuvers (exploration of various organs or systems, complementary tests and sometimes a further patient observation) which are repeated several times [2].The structure of the reasoning process for complex cases is not linear, Figure 2. It is a difficult process that involves a certain number of judgments and decisional nodes. Sometimes, it is necessary to retract many times. This approach can be summarized in two major steps:

2.3.1. Elaboration of the first diagnostic hypothesis.

This step is similar to the classical case in the establishment of the clinical context, the generation, selection and confirmation of hypotheses. When it is not possible to confirm a hypothesis, other hypotheses will be explored. In this case, a fresh clinical examination and complementary tests can be done again. This procedure can be repeated a certain number of times with a successive generation of hypotheses and re-examination procedures until a result is deemed satisfactory.

2.3.2. Stop (or continuation) of the process.

If the confrontation does not appear satisfactory and the comparison with the expected results is bad, the diagnosis is not retained. The process can begin again by studying the context and its evolution. This procedure can also be resumed a certain number of times until, finally, a diagnosis is retained (This point is also known as Closure of diagnosis) [2].This is the result of a judgment followed by a decision to retain a particular nosological entity or to recognize that it is momentarily impossible to progress towards a satisfactory diagnosis.

2.4. The Diagnostic Approach as a Collaborative and Dynamic Process.

All diagnoses are the result of a dynamic decision process in which several physicians may participate. The dynamics results from the fact that all processes involved in the resolution of a medical problem are valued in a sequence of steps (stages) over time, where each step is an element of information important for the following step [3].Medical practice imposes dynamism where several possibilities exist. The physician can establish a treatment without waiting any longer, can indicate the realization of diagnostic tests and wait for their result before taking a therapeutic decision, or do nothing at all except wait and observe the evolution of the patient over time, while offering palliative treatment, Figure 3. In the case of the diagnostic problem, the prognosis of the patient and his/her evaluation will

finally give the result. Establishing a treatment is not always accompanied by the absolute certainty of a diagnosis, therefore the real conclusion of a case and the making of clinical decisions will be shown via the change and the evolution present in the conditions of the patient.

Daily medical work (implying inter-consultation between specialists, case conferences, and hospital morning rounds) includes exchange and cognitive processes within groups. It is possible to observe different physicians (specialists and nonspecialists) working together on the same patient. The contribution of these exchanges to solving complex problems is becoming more and more essential. These acts of collaboration are important for clinical decision-making concerning diagnosis and treatment, as well as for the student training and junior physicians, without forgetting the continuous experience that helps to develop expert knowledge [4].There are several examples: it is possible to mention cases of multi-system illnesses whose physiopathology and the nature of origin make it necessary to examine the results of several diagnostic procedures; patients with chronic disorders such as diabetes mellitus, obstructive pulmonary illnesses, cardiological illnesses; or patients who receive palliative care at home. On the whole, the most current scenarios where it is possible to observe this collaborative scheme are [4]:

- *Inter-consultations:* This is a process where a physician needs specialized consultation with several other physicians. There are two possibilities for this process: 1) between specialists with the same specialty (consultation between radiologists who observe an image to decide on a diagnosis) and 2) between specialists with different specialties (an obstetrician who refers his/her patient to a cardiologist for a coronary problem).
- *Case Conferences and morning rounds:* There are cases where it is possible to find several physicians (specialist physicians interconnected with general practitioners) exchanging information on several medical cases in order to make patient evaluations, to work on the publication of cases, etc. These are considered as staff meetings. During the diagnostic process, there are multiple situations where it is possible to observe medical exchanges at different process levels. To mention some cases, we can cite, Figure 4:
- The exchange can begin from the moment of the establishment of the clinical context when, for example, the emergency physician receives a patient who is transferred to another internal service.
- In the process of hypothesis generation, when one colleague asks another about the differential diagnoses to establish.
- In the hypothesis selection, when a physician asks another colleague her/his opinion about which hypothesis should be retained and which not. In addition, in the application of diagnostic tests, when one physician asks a specialist for the application of a particular test.
- In hypothesis confirmation and establishment of the final diagnosis, when a physician requests the opinion of a colleague on this aspect.

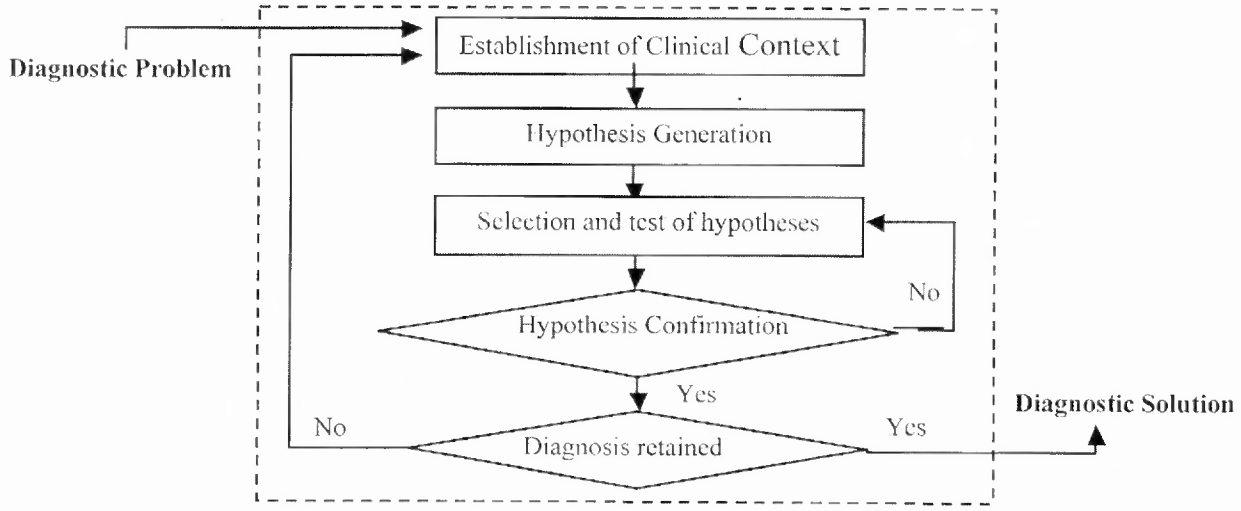

Figure 2: Diagnostic approach in complex cases

3. DIAGNOSTIC REASONING

Different types of knowledge are used to establish a medical diagnosis from the patient data. Some types of nosological knowledge are more important in certain forms of hypothesis generation than other types. This includes knowledge of signs, symptoms and findings (symptomatological knowledge), knowledge of clinical profiles of diseases and knowledge of causal relationships between symptomatological entities and clinical profiles of diseases (pathophysiological and pathoanatomical knowledge). The different types of disease knowledge are more closely related to the process of diagnostic reasoning. Thus, it is not possible to model disease knowledge independently from the process model of diagnostic reasoning and vice-versa. The diagnostic strategy of physicians is dependent (and based) on disease knowledge, just as knowledge is developed to support specific dynamic elements of the diagnostic process [5]..

strategies. In daily practice, physicians use several methods or steps (called reasoning), among which we can mention, Figure 4: etiological reasoning, probabilistic reasoning, hypothetico-deductive reasoning, algorithm-aided reasoning, physiopathological reasoning, case based reasoning, descriptive reasoning, temporal reasoning, and uncertain reasoning. This list is not exhaustive; it lists only some forms of reasoning related to the medical field and its representation. These approaches are valid under the certain particular characteristics of each model (its constraints) but perfectly applicable as will be shown afterwards. The traditional development approaches of medical systems fail due to that only one, two or three approaches are implemented but in the real practices, all these approaches are used and combined in the complex problem solving. Consequently, the challenge of these systems is in the use of metareasoners able to select the correct approach or to decide the best combination of approaches to obtain the best results.

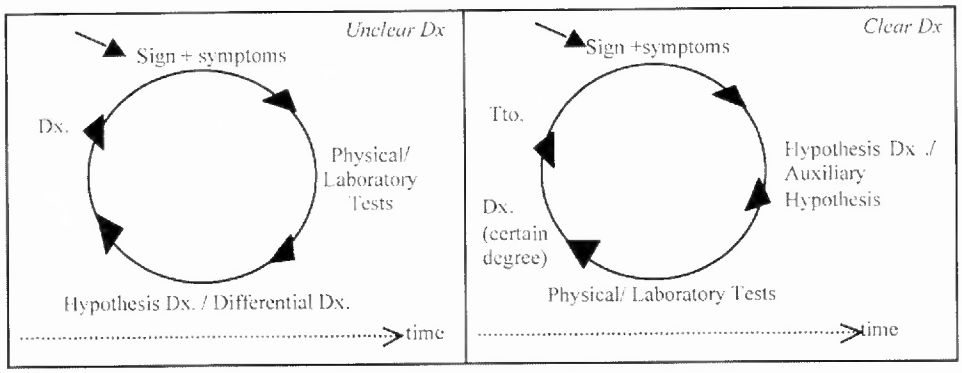

Figure 3: Evolutionary medical decision process

In the literature review about the medical diagnosis context, there are various analyses which attempt to explain the strategies of reasoning used to refine the case of the patient to a diagnostic solution. A strategy of medical reasoning is related to the way of making inferences between observations (signs, results of tests, etc.) and diseases. Thanks to these strategies, physicians make a decision concerning the steps to be taken in the current state of the case. This decision describes a choice between two actions (or more) and the path is based on the physician's knowledge.

3.1. Diagnostic reasoning approaches.

Resolving diagnostic problems and the diagnostic process implemented imply various methods or procedures. These methods include various resolution

3.1.1. Etiological (called causal) reasoning.

Uses the deterministic principle. All causes have an effect, so it is possible to say that highlighting the cause allows us to explain the effect, and acting on the effect also means acting on the cause.

This approach establishes communication between clinical facts and a physiopathological model according to a cause-effect relation. Its interest lies in its capacity to explain why. It provides a conceptual framework for assembling the acquired facts (and the future facts) and a criterion of coherence in the validation of the hypothesis. It provides a framework for explaining and discussing between clinicians. In causal reasoning [6], the force of the links between the stimulus and the response must be estimated: credibility, effect of a change in the response on the stimulus, congruity,

duration and amplitude of the response to the stimulus, respect of chronology [7]. Etiological reasoning is based on the causes of a fact, a situation and a phenomenon in order to draw consequences. It does not take into account the intimate mechanism of the disorders and it remains in the preliminary phases of physiopathological knowledge. It is inoperative for diseases that do not correspond directly to a clinical table. It only functions correctly under the condition that a causal hypothesis is taken [2]. It is essential in two cases:

- To make an etiological diagnosis. This is the description phase of the cause or causes of disease.
- In order to decide the given treatment with curative objectives.

3.2.1. Probabilistic reasoning.

At the origin of statistical methods, it is essential for any study of populations in epidemiology, prevention, and diagnosis. Statistical methods also base clinical epidemiology on studies of patient populations. It provides instruments for the studies, indicating those that occur by chance at the time of the implementation of a study or experimentation. Commonly this approach is evoked at the outset of an epidemic period in a community. Probabilistic reasoning describes the clinician's conviction of the association between the signs observed and the diagnostic hypotheses, given the prevalence of diseases and the prevalence of the signs for each one of them. The probabilistic approach to diagnosis is characterized by the ill-defined and semi-quantitative expression of probabilities, using terms such as "common, possible, frequent, and rare" [7].

The use of probabilistic reasoning has experienced a significant theoretical development these last few decades [8].The probability theory of diseases has also been developed considerably. The post-test probability of a disease (after doing a diagnostic test) can be given by starting from the pre-test or initial (before the test) probability. Bayes' theorem and metrological data of the tests (sensitivity, specificity) are frequently used. This method is based on [2]:

- On the one hand, frequencies of certain diseases in given patient groups (which make it possible to determine a probability pre-test).
- On the other hand, a Bayesian revision, i.e. applying Bayes theorem to calculate the so-called post-test probabilities from initial and conditional probabilities.

Figure 4: Medical Reasoning Types

This approach presents some limitations. Since the Bayesian approach is based on three assumptions:

- The hypotheses are mutually exclusive (diseases are excluded mutually which is not always the case - the same patient can present several diseases-).
- The hypotheses are exhaustive (all the diseases are listed).
- There is a conditional independence between the observed signs when the hypothesis is verified (for a given disease, the signs must be independent, which is not always the case - two different clinical signs may be statistically dependent).

These assumptions are rarely verified when a real problem is tackled. The method also requires the estimation of all the a priori probabilities, which is often difficult. Constraints on probability values (particularly, the fact that the sum of the probabilities of the various hypotheses is equal to one) make it very difficult to develop the knowledge base of such a system. The tendency is the realization of subsystems which allow the number of well-known probabilities to be limited.

The probabilistic formal approach is more satisfactory at the conceptual level but it requires a rigorous definition of the diseases (concept of golden rules). It requires one to know or consider the prior and conditional probabilities in order to calculate posterior probabilities. The validity of calculations relies on strong hypotheses applied to each medical recruitment: mutually exclusive diseases, independent conditional probabilities, exhaustiveness of the diseases and the signs [7].

3.1.3. Hypothetico-deductive reasoning.

This approach mainly involves hypotheses suggestion (For this reason, it is called "hypothetical"). From hypotheses, one deduces directly verifiable consequences of the present reality (For this reason

it is called "deductive"). Finally, these consequences are confronted with the facts in order to verify whether the hypothesis is sustainable or not [7]. In the medical context, this means proposing a hypothesis from the knowledge of the patient, and then, studying his case from the different tests done. This method is fundamental in the diagnostic step of the general practitioner. It gives him/her the possibility of effectively making a clinical judgment without accumulating a jumble of details of secondary importance.

This global method, i.e., the confrontation of the present reality with clinical patterns present in its memory, is frequently conducted in general practice [9].The observed clinical pattern has to be compared with the physician's mental models, or "stereotypes" of diseases (which were the subject of the choice made between the diagnostic hypotheses). When the comparison is difficult because the observed pattern is not sufficient or not complete, the expert initially supplements his process by searching for other signs of clinical tests, and then, if necessary, by the implementation of complementary tests (which will allow the missing elements to be found but also, could indicate other additional tests). For this reason, it is necessary to reduce the field of application of tests and explorations to those which are the most "promising" i.e. to favor a hypothesis and within its framework to apply the most effective one. Nevertheless, favoring a hypothesis can result from a resemblance judgment (i.e. what appears the most "resembling" is favored), from a reflection based on etiological or physiopathological reasoning, from the implementation of rules established by accumulated experience or from an algorithm or a probabilistic evaluation, etc. [2].

3.1.4. Algorithm-aided Reasoning.

These procedures call on empirically established rules thanks to the knowledge of experts. Chains of thoughts are elaborated from a given symptom or situation [10]The path can follow a series of branches on a "tree". The algorithm or decision tree uses a binary branch to guide the physician through various paths, proceeding by successive path elimination until he/she reaches a diagnosis. For example, a jaundiced patient who answers a series of questions logically leads to other questions; the clinical search for symptoms or technical investigations depends on a pre-established similar algorithmic process [2].

This method is also known as the deterministic or categorical method. It is based on standard "if... then..." production rules. The condition is a fragment of semantically significant information observed in the patient and the action is a specific predetermined consequence triggered by the condition. The application is vast, from diagnosis to treatment and prognosis. It is likely that several rules are activated in parallel and in competition, according to their strength and to their relevance. These rules or heuristics are well applied in the repeated clear-cut situations that are frequent in daily practice [7]. In principle, this approach is used by decision-aid systems. However, it presents some disadvantages:

The risk of fixed production system of approaches (an inventory of problems and algorithms for its resolution) is real, since none of these methods favours the essential procedure which is critical and clear reasoning leading to optimal result.

- They encourage a certain form of intellectual resignation because they accentuate the application of clinical practice recommendations.
- This method leads to clinical algorithms that realistically represent clinical decision and precision. But this requires paths to be followed strictly, becoming rapidly complicated in complex problems and it does not take uncertainty into account.
- Algorithms can be erroneous (constructed by only one individual or not validated), ambiguous and dependent on the context in which they have been elaborated. Most algorithms are therefore unusable for patients whose complaints are multiple or when facing complex clinical problems or interacting.

3.1.5. Physiopathological Reasoning.

This is the implementation of the set of contributions of clinical disciplines (macro-biopathology) and fundamental biology (micro-biopathology with the basic physicochemical disciplines) combined in order to understand the mechanism of pathological disorders [2].This only works correctly if a physiopathological hypothesis and/or a speculation is not taken for demonstrated reality (which is not, unfortunately always the case).

Within this framework of a diagnostic process, physiopathological reasoning cannot replace the clinical factual stages, almost always essential for the recognition of syndromes and the consecutive orientation of the diagnoses.

The exclusive or prevalent use of physiopathological reasoning can tend to neglect the reference to the firmly established nosology owing to the bases of taxonomic science, with the advantage of having been criticized by the scientific community.

3.1.6. Case based reasoning.

This reasoning approach considers medical experience based on past cases [11], [12]. It is founded on the principle of case analogy. Its objective is to solve a new problem (i.e. a new case) by comparing it to other similar situations and using information and knowledge related to this situation. An important aspect of this reasoning approach is its ability to learn: when the case considered is solved successfully, the experience can be retained to solve further similar problems [7].

Experience makes it possible to shorten the path of any analytical mechanism of pathological case recognition which can be mentally posed by the physician. The physician's memory about cases similar to the case with which he/she is confronted will reinforce his/her convictions with the hypothesis (or the hypotheses) selected and with the initial quantity of hypotheses established. Moreover, the limitation of the number of the primary hypotheses can be explained by the personal consideration of the physician of the possible number of hypotheses that he/she is able to work with at successive stages. Thus, with the smallest possible number of hypotheses he/she is faced with, work is made less complicated and it will be more practical to find an answer quickly.

The limitations of this approach are associated with the subjective interpretations relative to: similarity criteria (when a case is similar to another one); the number of cases that are required (directly related to experience); the criteria needed to classify or to group cases together, to mention just a few.

3.1.7. Descriptive reasoning.

Generally, this reasoning approach implies the explanation or the fundamental relations of a phenomenon, a question or an observation. Descriptive reasoning identifies concepts or variables: What, Where, and Who. In the medical context, it allows clinical and paraclinical data to be collected which will permit a certain number of useful activities for taking care of the patient. The observation and detailed collection of symptoms and signs, allowing the development of semiology and the study of the lesions and their evolutions remain the basis for describing diseases and establishing medical knowledge. This can be useful for the prognosis and the monitoring of the evolution. This method can recognize neither the causes nor the mechanisms of the diseases, nor, therefore, the possible means of action on them [2].

3.1.8. Temporal reasoning.

This approach is able to establish a temporal order and to make inferences from it, to constitute qualitative operations suitable for structuring space. In clinical practice, the diagnostic process is essentially a temporal process [13].It takes into account the history of the disease treated with reference to its natural history [14]. Diagnostic hypotheses are founded on frequencies of appearance but especially on an immediate medical utility. The chronology of the frequency of the appearance of signs and symptoms, in a particular order, is extremely important. Physicians reason with data and events. Time is of primary importance in medicine. It plays a principal role in medical decision-making (clinical diagnosis and planning of therapy) and in medical data modeling and controlling (for example, representation of patient medical registers, including pathologies and past therapies, and control data).

The limitations of this approach involve the subjective variables relative to the granularity of the considered time and the mechanisms of maintenance of this time [15].

3.1.9 Fuzzy reasoning.

This type of reasoning has the capacity to make inferences with elements defined in a vague, imprecise, and uncertain manner [16].The processing of these elements can also be defined in a vague way, like the final results. The difficulty of decision-making, particularly in medicine and public health, results from the situation of uncertainty, owing to several reasons [7]:

- Uncertainty about knowledge: certain knowledge has a statistical nature (frequency of diseases or signs). It is associated naturally with a risk of error. Another type of knowledge imperfection is incompleteness, for lack of exploration or insufficiency of conceptualization (physiopathology);
- Uncertainty about the facts: the description of the patient's actual state is never perfect, either for lack of means or time (urgency), or for lack of measurement or bad interpretation of a symptom, a sign or a result.
- The uncertainty of the language: the fuzziness and the ambiguity of the concepts handled

disturb the treatment and the transmission of information.

The difficulty of this approach lies in the interpretation subjectivity of the values, as well as in the confidence in the methods used.

3.2. Medical reasoning and inductive, deductive, adductive, and analogical reasoning.

It is taken for granted that different *reasoning forms* can be identified, such as inductive, deductive, adductive, and analogical reasoning. Logic and mathematics have systematized these types of reasoning [17].

Inductive Reasoning: goes from the particular to the general. It envisages a precise case in order to reach the implications it generates at a general level. It makes generalizations based on specific examples to formulate general rules and it produces valid inferences with a certain degree of credibility or probability. Inductive reasoning is applied to the process of reasoning (which, as a general principle, is true because special cases are also true).

Deductive Reasoning: goes from the general to the particular. It draws conclusions from a law, a principle, a general rule and applies them to a particular case. Deductive reasoning applies to the process to conclude that something is true because it is a special case of a general principle.

Abductive Reasoning: is the method usually used to infer explanations resulting from causal links represented by logical implications i.e. this reasoning is a way of inferring causes from effects.

Analogical Reasoning: establishes an unusual relationship between two fields and shows the resemblances between them. It is the process of making inferences based on parallels between two entities or domains. The first step in analogical reasoning involves the intuitive recognition that if two things are parallel, then what is true of one must also be true of the other.

3.3. Diagnostic Process as an inferential process.

It is possible to establish a relationship between the inferential processes of deduction, induction, abduction, and analogy [18],[19] and the diagnostic processes studied, Figure 5. The resolution of a medical problem can be considered as a resolution process in several steps as was shown in Figure 1 and Figure 2. Each step can carry out a different inferential process. This relationship is showed in the follow steps:

1) After defining the patient's clinical context, physicians begin the process of hypothesis generation; this is recognized as an abductive process. The consequences (effects) observed in the patient allow a series of possible explanations for his/her problem to be obtained. These relations can be established according to the mechanisms discussed previously (etiological, probabilistic, descriptive, etc). This hypothesis generation can also be the product of an analogical process in which a certain similarity between the present case and past cases is established. Finally, the result of this step is one or several hypotheses to be tested.
2) The hypotheses retained in the previous step are ordered in a decreasing order (from the most probable to least probable one). For a given hypothesis, the effects expected in the patient are considered if this hypothesis is certain. This involves a deductive process and the result is a set of facts to be verified.
3) After applying all the tests and consultations, a conclusion that comes from these verified facts is established, and this process is induction. If the conclusion is "sufficiently" valid, from the physician's point of view, it is retained, but if not, the previous step must be repeated. It is important to indicate that

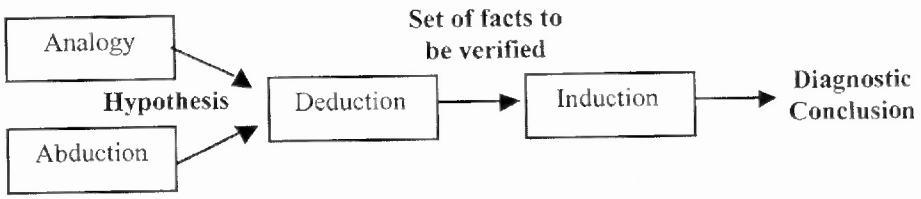

Figure 5: Inferential processes in diagnosis

this process is not linear, in any of its steps. As new findings are discovered or new information appears, these are incorporated into the set of facts. This allows the scheme to be continued or any step to be missed out, generating new hypotheses.

4. CONCLUSIONS

In this paper, an analysis of diagnostic problem-solving in the medical field is presented. There are many application areas in the field of medical computer sciences that are interested in this type of analysis, like for example, medical decision support systems, diagnostic aid, expert systems, telemedical systems, and collaborative work and problem-solving, to mention a few.

The first part presents the diagnosis and its stages. This subject is approached from three angles: the diagnostic problem in classical cases, in complex cases, and the collaborative and dynamical case, in which several experts take part. It is important to indicate that this classification is not exclusive, that is, a case, considered as complex at one time, can be later considered as a classical one. Similarly, a case requiring the intervention of several experts at one moment may be later considered and treated by only one physician. There are many variables that come into play, as has been shown by this study. The problems of dealing with biological systems, which are highly complex, variable, and dynamic such as medical problems, make it difficult to establish a unique and invariable formulation. This part of the study is completed with a description of the mental processes that are called upon by physicians responsible for the diagnostic task. Some restrictions that come into play, and which also make the treatment of the problem more complex, are mentioned and finally, the knowledge sources used are described.

The second part presents an overview of different research efforts in medical reasoning. This study is not exhaustive but it shows an overview of the different approaches that appear in the medical and computer science literature on the subject. The reasoning approaches described are: etiological, probabilistic, hypothetico-deductive, algorithm-aided, physiopathological, case based, descriptive, temporal, and fuzzy reasoning. We notice that a wide range of models exists. These models have tried to solve the problem from different perspectives, some more general than others and some more complex than others. Diverse areas like mathematics, medicine, and computer science have supported these models. We must not forget that man has tried to model his reality and the result is a variety of models valid within their limitations and their scopes for which they have been defined. This means that according to the constraints for which they were designed, they are perfectly valid. The study is followed by a logical point of view of the reasoning problem, as a result of inferential processes. For this, we used in the classical mechanisms of inference as a basis: deduction, induction, abduction, and analogy. The relation between these inferential processes and the diagnostic process studied in the first part allows us to establish an inferential scheme of the diagnostic problem. .

Finally, we observe that the literature has progressed from the early systems, which were mostly application dependent, to more general approaches which, even when applied to the resolution of real problems, have a more generalizable value and inherent soundness. An important role in this direction is that of research efforts in areas integrating several mechanisms of reasoning, metareasoning, data and information fusion, and the new generation of hybrid knowledge-based systems. All of these use appropriate technology for the computer-based resolution of complex, real-life problems like those encountered in medical domains.

Acknowledgment: Authors are grateful to FONACIT, Venezuela, under Project No G-2005000278.

5. REFERENCES

[1] Alpay L., Dieng R., et al., "Modelling reasoning processes in diagnostic problem solving: a study across three domains". Proc. of 1th European Workshop on Cognitive Modeling, Berlin, 1996, pp. 136-144.

[2] Paolaggi J., Coste J., Medical reasoning, from science to medical practices, Editions ESTEM 2001.

[3] Quintero J.M., Aguilera A., et al., "Medical decision-making and collaborative reasoning", Bioinformatics and Bioengineering Conference, Proc. of the IEEE 2nd International Symposium on, 2001, pp. 161-165.

[4] Aguilera A., Construction Dynamique d'une Base de Connaissance dans le Cadre du Diagnostic Médical Multi-Experts, PhD thesis in Medical Information, University of Rennes I, France, 2008.

[5] Stausberg J., Person M., A process model of diagnostic reasoning in medicine. International Journal of Medical Informatics 54 (1999) 9–23.

[6] Patil R.S., Szolovits P., et al., "Causal understanding of patient illness in medical diagnosis", In Proc. of the 7th Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence, 1981, pp. 893-899.

[7] Cauvin J.M., "Medical Reasoning and aided decision in digestive endoscopy", PhD. thesis, Dept. Génie Biologique et Médical. Université de Rennes I, France, 2001.

[8] Provan G.M., "Probabilistic diagnostic reasoning: towards improving diagnostic efficiency", Artificial Intelligence for Applications, 1994, Proc. of the 10th Conf. on, March 1994, pp. 441-447.

[9]. Pauker S.G., Gorry G.A., et al., "Toward the simulation of clinical cognition: taking the present illness", American Journal of Medicine, 1976, Vol. 60, pp. 1-18, available: http://medg.lcs.mit.edu/people/psz/HST947/, accessed 2006.

[10] Davis R., Buchanan B.G. et al., "Production rules as a representation for a knowledge-based consultation program", Artificial Intelligence 1977, vol. 8, pp. 15-45, available: http://medg.lcs.mit.edu/people/psz/HST947/, accessed 2006.

[11] Abidi S., Manickam S., "Augmenting medical case base reasoning systems with clinical knowledge derived from heterogeneous electronic patient records", Computer-Based Medical Systems, 2001. CBMS 2001. Proc. 14th IEEE Symposium, 26-27 July 2001, pp. 421 -426.

[12] Xu LD., "Case based reasoning", Potentials, IEEE, Vol. 13 Issue: 5, January 1995, pp. 10 -13.

[13] GAMPER J., NEJDL W., "Abstract temporal diagnosis in medical domains", Artificial Intelligence in Medicine, Vol. 10, Issue 3, July 1997, pp. 209-234.

[14] Kindler H., Densow D., et al., "A pragmatic implementation of medical temporal reasoning for clinical medicine", Computers in Biology and Medicine, Elsevier Science, Vol. 28, 1998, pp. 105-120.

[15] Combi C., Shahar Y., "Temporal reasoning and temporal data maintenance in medicine: issues and challenges". Comput. Biol. Med., Elsevier Science, Vol. 27, No. 5, 1997, pp. 353-368.

[16] HAYASHI Y., TAZAKI E., et al., "Medical diagnosis using simplified multi-dimensional fuzzy reasoning" Systems, Man, and Cybernetics, Proc. of the IEEE Int. Conf. on, Vol. 1, August 1988, pp. 58-62.

[17] Mohanan K.P., "Types of reasoning: relativizing the rational force of conclusions", Dept. of English Language and Literature, National University of Singapore, available: http://courses.nus.edu.sg/course/ellkpmoh/critical/reason.rtf, accessed 2006.

[18] Ramoni M., Stefanelli M., et. Al., Systems, "An epistemological framework for medical knowledge-based systems", Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, Vol. 22 Issue: 6, 1992, pp. 1361-1375.

[19] Stefanelli M., Lanzola G., et al., "Knowledge acquisition based on an epistemological model of medical reasoning", Engineering in Medicine and Biology Society, Proc. of the Annual Int. Conf. of the IEEE, Vol. 3, November, 1992, pp. 880-882.

INTERPRETACIÓN DE PROCESOS Y PROBLEMAS EN INGENIERÍA MEDIANTE EL ENEAGRAMA

■ Arnaldo Gutiérrez
email: agutierr@ucab.edu.ve
Universidad Católica "Andrés Bello"
Facultad de Ingeniería

Fecha de Recepción: 26 de octubre de 2009
Fecha de Aceptación: 09 de noviembre de 2009

1. ¿QUÉ ES EL ENEAGRAMA?

El eneagrama es un símbolo formado por nueve líneas, y los puntos donde se encuentran estas líneas están numerados del 1 al 9, sobre un círculo. Este símbolo facilita la ordenación y comprensión de procesos de producción, físicos, de autoconocimiento, religiosos y humanos, de una manera mucho más eficiente que otros diagramas lógicos y de control, porque con frecuencia existen múltiples soluciones creativas para un problema.

También se le conoce como el noveno de los diez sellos de Pitágoras. En Occidente fue introducido en 1916 por George Ivanovich Gurdieff, en sus grupos de estudios de Moscú y San Petersburgo, como un diagrama universal de secuencia de movimiento dinámico. Aún cuando las enseñanzas de Gurdieff lograron amplia difusión, el conocimiento sobre eneagrama siguió siendo secreto. El matemático y discípulo de Gurdieff, John Godolfin Bennett, resumió sus estudios del eneagrama, tras 50 años de trabajo en su libro publicado en 1974, pero que todavía necesitaba de la explicación de un conocedor.

Ampliamente conocido y usado en psicología gracias a los trabajos del psicólogo boliviano Óscar Ichazo y su Arica Institute, fundado en Nueva York en 1971, y de su colega chileno Claudio Naranjo, del posterior desarrollo en las universidades jesuitas de los Estados Unidos, y de investigadores como Rohr, Ebert, Riso, entre otros, el Eneagrama se encuentra bien establecido en las disciplinas humanísticas.

Pero la aplicación práctica del eneagrama no queda confinada al desarrollo del autoconocimiento y de terapias psicológicas. Puede aplicarse con éxito para clarificar los procesos de producción y científicos en general. El eneagrama se refiere siempre a situaciones, proyectos o procesos muy concretos. Se supone que el industrial norteamericano Henry Ford utilizó el eneagrama como ayuda para la introducción del método de la cinta transportadora de producción [Vollmar, 1998]. En los setenta, Tony Hogdson, alumno de Bennet, fundó la revista *Systematic* para promover la utilización del eneagrama en la industria moderna.

2. ¿PARA QUÉ SIRVE?

La aplicación práctica del eneagrama desarrolla una visión holística e integrada de las estructuras complejas. El eneagrama muestra claramente qué pasos de proceso tienen que ser efectuados y cuándo, y de que dependen éstos, las direcciones y consecuencias que deben seguirse. En qué etapa de un proceso se encuentra, qué aspectos requieren ser tomados en consideración y qué desafíos se encontrarán, por qué no progresamos o estamos moviéndonos en círculos.

3. ESTRUCTURA MATEMÁTICA DEL ENEAGRAMA

Sobre un círculo se identifican nueve puntos dispuestos a 40° que se vinculan como se demuestra en la Figura 1. Estos puntos permiten construir un triángulo equilátero y un hexagrama, de cuya intersección resulta a su vez, un heptágono interno (identificado mediante flechas en la Figura 1).

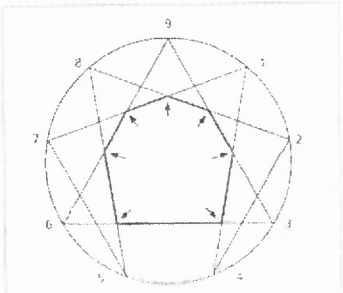

Figura 1 Puntos y figuras geométricas del eneagrama
Fuente: Vollmar, Klausbernd (1998). El secreto del eneagrama.

La estructura matemática del eneagrama pareciera ser una representación gráfica del número π ; 22/7 = 3,142857. La parte decimal, corresponde a los dígitos de la fracción 1/7 = .142857142857.., que es la repetición infinita del orden de los número del hexágono, y el 3, es la constante, la ley del tres, vértices del triángulo definido por los puntos 9, 6 y 3 representan las energías que producen transformaciones y el resto de los puntos, las etapas del proceso.

La intersección entre el triángulo equilátero y el hexagrama produce un heptágono irregular pero perfectamente simétrico, demuestra la importancia simbólica del número 7 (7 colores, 7 notas musicales, 7 días de la semana, etc.). En las Figuras 2, se muestran algunas otras leyes numéricas presentes en el eneagrama. Tridimensionalmente, imaginando las nueve puntas de su periferia distribuidas sobre una espiral, se encuentra que el eneagrama se corresponde con el modelo del átomo de Bohr (Vollmar, Fig. 5).

Figura 2 Algunas estructuras matemáticas en el eneagrama

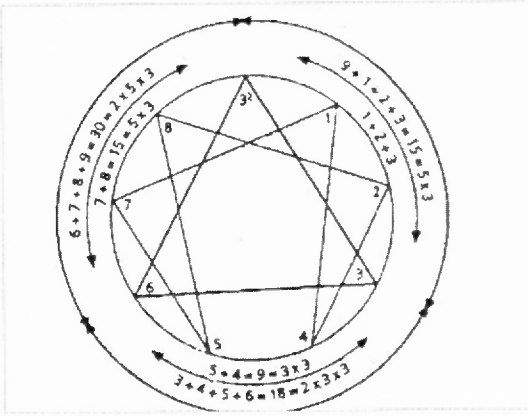

Figura 2a
Fuente: Vollmar, Klausbernd (1998). El secreto del eneagrama.

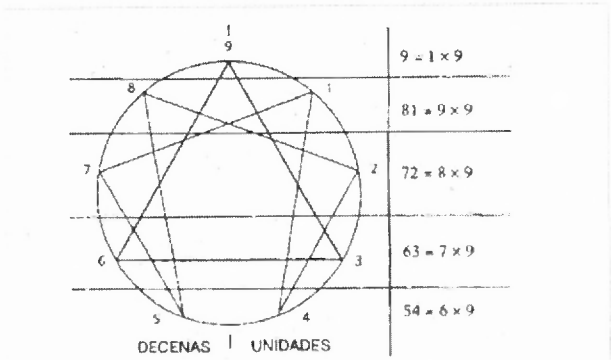

Figura 2b
Fuente: Vollmar, Klausbernd (1998). El secreto del eneagrama.

Figura 2c
Fuente: Vollmar, Klausbernd (1998). El secreto del eneagrama.

4. METODOLOGÍA GENERAL PARA EL USO DEL ENEAGRAMA

Para elaborar el eneagrama para una dada aplicación, debe conocerse de antemano qué se quiere, el significado de los puntos y la dinámica en la evolución del proceso en estudio. La Tabla 1 basada en las clásicas variables griegas (Quid, quo modo, etc.,) y en las palabras en inglés que comienzan con Wh (Who, *What, Where, When*, etc.,) son útiles en esta etapa del problema. Hay que saber qué va a proyectarse, qué materiales se utilizarán, dónde se trabajaría, y en qué secuencia se hará el proyecto y quién es el responsable de cada tarea.

La armonización de los puntos del eneagrama son de dos tipos: Tres (3) fuentes correspondientes al dinamismo de la estructura, y seis (6) etapas, que representan el modo en que el proceso se corrige y se refuerza entre sí para llegar a una autorrenovación. Hay que hacer varios tanteos para validar la propuesta, comprobando:

a) La secuencia tiene lógica. Por ejemplo en el caso de la cocina (Tabla 4) :

   Limpiar la cocina (1), decidir lo que se va a cocinar (2), comprar la comida (3), empezar a prepararla (4), cocinarla (5), anunciar la comida (6), servirla (7), comerla (8) y digerirla (9).

b) La dinámica de la evolución del proceso, es decir, la interrelación entre los puntos es correcta y funciona, es decir, examinar la capacidad de un proceso de mantener su propia existencia, detectar sus defectos y puntos débiles. Por ejemplo en el caso de la cocina (Tabla 4) : Desde el punto de vista de la voluntad, del cocinero la secuencia es: 1-4-2-8-5-7; desde el orden de la cocina es: 4-5-6-7-8, y el ciclo funcional de la cocina es 1-2-3-4-5-6-7-8

El eje de simetría del eneagrama pasa por el punto 9 y el punto medio del cateto 3-6, y permite diferenciar, las Causas (puntos a la derecha) de los Efectos (puntos a la izquierda), en un proceso, como se indica en la Figura 3 y se explica en la Tabla 2.

TABLA 1. Guía para la solución de problemas

VARIABLE	JUSTIFICACIÓN	OPCIONES a corto, mediano y largo plazo	MEJOR SOLUCIÓN
¿Qué? ¿Qué se hace ahora? *Quid*	¿Por qué se hace? ¿Para qué? Objetivo ¿Para quienes? Destino	¿Qué otra cosa puede hacerse?	¿Qué es lo qué debe hacerse?
¿Cómo? ¿Cómo se hace? *Quo Modo*	¿Por qué de esta manera?	¿De qué otra manera puede hacerse?	¿Cómo deberá hacerse?
¿Dónde? ¿Dónde se hace? *Ubi*	¿Por qué en ese lugar?	¿ En qué otro lugar puede hacerse?	¿Dónde deberá hacerse?
¿Cúando? ¿Cuándo se hace? *Quando*	¿Por qué en ese momento o fecha?	¿Cuándo podrá hacerse?	¿Cúando deberá hacerse?
¿Quién? ¿Quién lo hace? Quis	¿Por qué esa persona o personas?	¿ Quién más pudiera hacerlo?	¿Quién lo deberá hacer?
¿Cuánto? ¿Cuánto cuesta? *Quantum*	Variables económicas	¿Durante cuánto tiempo?	¿Quién lo pagará?

Nota.- Tabla desarrollada a partir de la propuesta original suministrada por el Dr. Ing. Joaquín Marín

La Tabla 2 se refiere también al significado individual de los puntos del eneagrama.

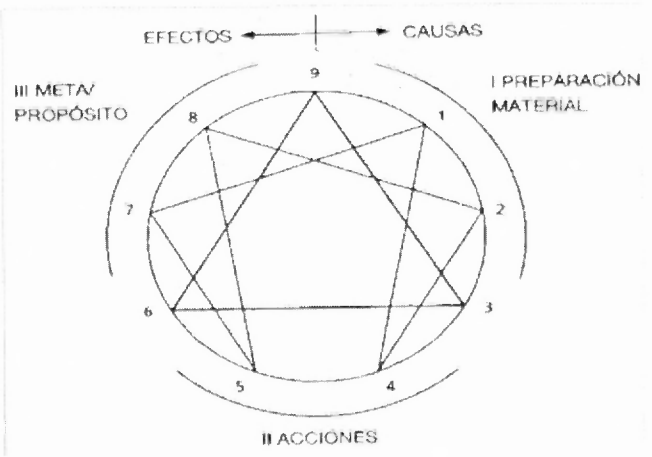

Figura 3 Preparando el eneagrama para la solución de problemas

TABLA 2. Significado de los puntos del eneagrama

Lado derecho : Causas, todo lo externo, condiciones materiales

1. Suministrar o estar claro de las condiciones materiales previas. Se reconocen y observan las condiciones materiales. Nos percatamos donde estamos, la necesidad de cambio es patente.
   Se comienza a trabajar con las condiciones previas, primeras actividades, se establece contacto con la tarea.
2. Se analizan o amplían las condiciones materiales. Damos el primer paso hacia el cambio.
   Punto de choque mecánico. Una nueva cualidad, tarea o aspecto que ingresa al sistema desde el exterior.
3. Para que el proceso no fracase antes de iniciarse, se necesita un impulso exterior que ayude a dirigir el proceso hacia el objetivo deseado. Frecuentemente ignoramos como van a continuar las cosas. Es necesario estar abierto para recibir la ayuda externa.
4. Esforzándose por comprender la tarea, penetrando más profundamente en el trabajo. Aparecen dificultades y limitaciones que requieren ser superadas y que generan tensiones. Comienza el difícil esfuerzo del trabajo, requiere acciones orientadas hacia la meta. Aparecen obstáculos o impedimentos. Hay que esforzarse por superarlos para impedir que se detenga el proceso.

Lado izquierdo : Efectos, todo lo interno

5. Trabajando en la tarea, la meta puede parecer inalcanzable, esfuerzo para dirigir y organizar la tarea hacia la meta que generan tensiones.
   Todo lo logrado hasta ahora debe ser sistemática y conscientemente dirigido hacia la meta. Temor a no alcanzar el objetivo aunque lo veamos claramente ante nosotros. Hacer uso positivo de las tensiones.
6. Punto de choque consciente. Una nueva cualidad derivada de algo externo nos hace consciente del significado de la tarea.
   Aceptar y asimilar la ayuda externa, el nuevo impulso. Estamos conscientes de lo que significa alcanzar la meta.
7. Objetivos y propósitos del trabajo. Se hacen los primeros resultados. Comenzamos a servir a la tarea.
8. El propósito se logra totalmente.
9. Transición hacia un nuevo nivel.
   Nueva cualidad, fin del antiguo proceso e inicio de un proceso nuevo.

Fuente: Elaboración propia.

5. DINÁMICA EN LA EVOLUCIÓN DE UN PROCESO

Las líneas del eneagrama relacionan cualidades con las necesidades de la tarea en conjunto. Esta interrelación entre los puntos permite examinar la capacidad de una organización de mantener su propia existencia, detectar sus defectos y puntos débiles. Se han establecidos dos tipos de recorridos, el de integración o evolución, según las secuencias: 6-9-3-6; 1-7-5-8-2-4-1; y el de degradación o desintegración, con las secuencias 3-9-6-3; 1-4-2-8-5-7-1. La Tabla 3 ayuda en la interpretación de cada tipo de secuencia.

TABLA 3. Dinámica en la evolución de un proceso

$1 \rightarrow 4$	Visión de los obstáculos de un proceso, que se hacen aparentes una vez satisfechas las condiciones materiales. Dificultades potenciales que aparecen una vez que se han tratado los detalles.
$1 \rightarrow 7$	Visión inicial, sin refinar, del posible objetivo.
$2 \rightarrow 4$	Visión desde la etapa de condiciones materiales previas, hacia los obstáculos que puedan esperarse en el proceso.

2 → 8	Visión clara del propósito.
3 → 6	Aceptación de sus puntos débiles, su vulnerabilidad y se reconocen otros valores.
3 → 9	Relativiza el proceso para preguntarse que cuenta realmente.
4 → 2	Desde el punto de vista de los obstáculos y dificultades. Visión útil mirando hacia atrás sobre las condiciones previas de un proceso.
4 → 1	Visión desde la etapa de los obstáculos y dificultades previas, de las condiciones previas de un proceso. Esta perspectiva conlleva el peligro de un círculo vicioso de repetición automática.
5 → 7	Una visión del modo de organizar las energías a fin de alcanzar la meta. Inspección necesaria para completar una acción o proceso. En este contexto, *energía* no es una cosa, es solamente la probabilidad de transformación. La energía es el concepto de un estado indefinido entre dos estados definidos
5 → 8	Visión clara del objetivo.
6 → 3	Capacidad de tomar decisiones firmes, sin la tentación de volver atrás.
6 → 9	Ritmo más lento para relativizar eventuales peligros.
7 → 1	Preparación de una visión eneagramática de nivel superior.
7 → 5	Retrovisión clarificadora hacia la lucha con las fuerzas creativas y de transformación.
8 → 2	Una perspectiva que se relaciona con un nuevo nivel del eneagrama.
8 → 5	Retrovisión útil que permite observar como las energías de un proceso pueden ser utilizadas cualitativamente.
9 → 3	Clarificación de la posición, sabemos a donde hemos llegado, una mayor gestión de las prioridades.
9 → 6	Ver más allá de las apariencias, se hace gala de realismo.

Fuente: Elaboración propia.

6. EJEMPLOS DE APLICACIÓN

A manera de orientación para otros casos, en las Tablas 4.1 y 4.2 se recogen algunas aplicaciones del eneagrama. De especial interés didáctico, por cuanto se ha venido utilizando exitosamente en la asignatura Estructuras de Proyectos de Concreto de la carrea de Ingeniería Civil de la UCAB, es el modelo de la Figura 4, para explicar las complejas interrelaciones en la aplicación e interpretación de la Norma COVENIN 1756:2001 *Edificaciones sismorresistentes.* Esta figura fue el resultado de varios intentos. Se empezó por tratar de asimilar el problema sismorresistente al caso de la cocina: utensilios (materiales), cocina (suelo), comida o cocinar (proyecto), con lo cual se identificaron algunos puntos clave. En el proceso de tanteo y error, se descartaron algunas variantes, y del modelo resultante, se identifica la visión del proyectista, por la secuencia 142857, la de los materiales por la ruta 45678, y la visión funcional del proyecto, como 12345678.

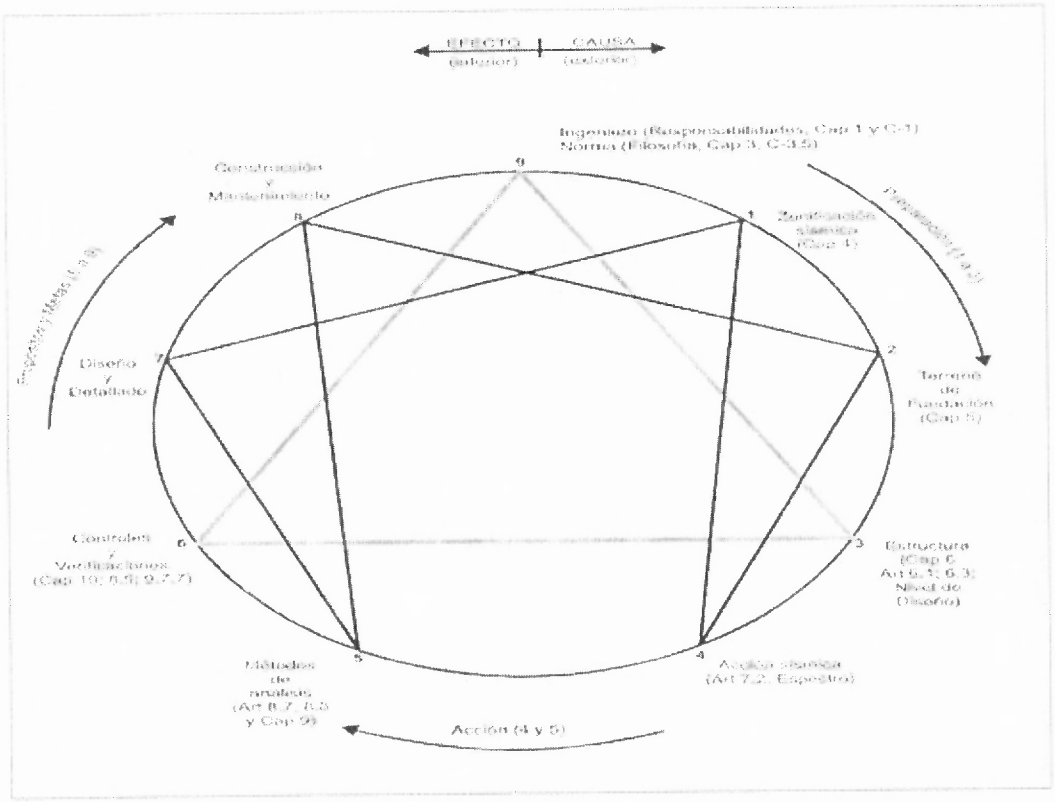

Figura 4 Arnaldo Gutiérrez. Guía de aplicación de la Norma COVENIN 1756:2001 Edificaciones Sismorresistentes

TABLA 4.1 Ejemplos de aplicación del eneagrama

Significado en el Eneagrama	General		Física	
	Cocina	**Fabricación**	**Experimento Newton**	**Espectómetro**
9	**La vida**	**Dirección**	**Sol, origen de la luz**	**Fuente de luz**
1	Cocina lista para el trabajo	Especificación	Orificio	Abertura ajustable del colimador
2	Cocina en marcha	Diseño	Haz entrante	Lente del colimador (haz paralelo)
3	**Alimentos sin cocinar**	**Producto**	**Cara del prisma**	**Cara plana del prisma**
4	Preparación alimentos	Producto de muestra	Refracción en el prisma	Refracción en la superficie del prisma
5	Cocción alimentos	Diseño mejorado	Dispersión en el prisma	Desviación/dispersión del prisma material
6	**La comunidad**	**Mercado**	**Cara del prisma**	**Segunda cara del prism**
7	Sirviendo alimentos	Producto planificado	Haz desviado	Lente del objetivo del telescopio
8	Ingestión alimentos	Control de calidad	Pared opuesta	Plano focal del objetivo

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 4.2 Ejemplos de aplicación del eneagrama

Significado en el Eneagrama	Religión		Psicología
	Padre nuestro	**Sermón del monte**	**Reto de la infelicidad**
9	**Padre nuestro**	**Hombre perfeccionado, enseña las ocho beatitudes**	**Amor/consciencia superior**
1	Que estás en el cielo	Bienaventurados los pobres de espíritu	Soy infeliz
2	Santificado sea Tu nombre	Bienaventurados los que lloran	Me percato de situaciones repetitivas
3	**Venga a nosotros Tu reino**	**Bienaventurados los mansos**	**Algo nuevo entra en mi vida**
4	Hágase Tu voluntad en la tierra como en el cielo	Bienaventurados los que tienen hambre y sed de justicia	Confronto mecanismos de defensa
5	Danos hoy el pan nuestro de cada día	Bienaventurados los misericordiosos	Comienzo a utilizar la energía del conflicto
6	**Perdona nuestras ofensas así como nosotros perdonamos a los que nos ofenden**	**Bienaventurados los Puros de corazón**	**Me despierto**
7	No nos dejes caer en la tentación y líbranos del mal	Bienaventurados los pacificadores	Sirvo a la meta propuesta por mi mismo
8	Tuyo es el reino el poder y la gloria por siempre	Bienaventurados los perseguidos por causa de la justicia	Logro mi meta

Fuente: Elaboración propia.

7. BIBLIOGRAFÍA

Bennett, J.G. (1983). *Estudios sobre el eneagrama*. Editorial Sirio, Málaga, España, 186 págs.

Blake, Anthony and Joslyn, Jason (2000). Structural communication- John G. Bennett´s Teaching System. http://www.structuralcommunication.org.

Fox, Emmet. *El sermón del monte*. Editorial La Escuela Impersonal, C.A, Maracay, Venezuela, 166 págs.

Gutiérrez, R., et al (2007).*Proyecto y Construcción de galpones modulares*. Fondo Editorial SIDETUR, Caracas, 242 págs. Incluye un CD.

International Enneagram Association http://www.internationalenneagram.org

Nicoll, Maurice (1975). *El nuevo hombre*. Editorial Yug, México, Quinta edición, 1987; 229 páginas.

Vollmar, Klausbernd (1998). *El secreto del eneagrama*. Editorial EDAF S.A, Madrid, España, 260 págs.

Wagele, Elizabeth (1991).*The Beethoven enneagram*. CD. http://www.wagele.com

Ingeniería Civil

Aguerrevere, C.
2003 Máquina de Carlos Aguerrevere.
6/2003: 62-81

Aguerrevere, C.
2005 Continuación de la máquina de Carlos Aguerrevere.
8/2005: 30-45

Arcetti, S.
1997 Ingeniería sanitaria.
1/1997: 31-25

Arcetti, S.
1998 Destilador solar de usos múltiples.
2/1998: 99-104

Barreiro, M.
1999 El terremoto de Cariaco del 9 de Julio de 1997.
3/1999: 27-37

Barroso, O. M.
1998 Destilador solar de usos múltiples.
2/1998: 99-104

Baturay, M.B.
2003 Correlación entre Falla de Suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.
6/2003: 82-92

Bonilla, G.
2003 Regionalizar coeficientes de diseño de mezclas de concreto para desarrollar viviendas de interés social.
6/2003: 145-146

Bonilla, G.
2004 Guía NCHRP 1-37 A. Rompiendo paradigmas en el diseño de pavimentos.
7/2004: 28-31

Bonilla, G.
2005 Diseño experimental para ingenieros civiles.
8/2005: 17-22

Bonilla, G.
2006 Agregados finos, propuesta de límites granulométricos para la elaboración de concretos.
9/2006: 78-82

Bonilla, G.
2007 Caracterización de agregados por zonas geográficas, extensión del método del manual de concreto estructural.
10/2007: 133-142

Bray, J. D.
2003 Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.
6/2003: 82-92

Caldentey, L.
1997 La profesión de gerente de proyectos.
1/1997: 85-88

Cedeño, A.
2001 Estudios sobre los esfuerzos de adherencia desarrollados entre el acero y el concreto con cabillas de diámetro 3/8", 5/8", 3/4", 1".
5/2001: 55-69

Christensen, C.
2003 Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.
6/2003: 82-92

De Jesús, A.
2007 Diseño de una estructura organizativa para la comunidad de artesanos de Maderas Duras del sector Guadalupe, estado Lara, mediante el análisis de la cadena de suministro
10/2007: 107-120

Durguno_lu, H.T.
2003 Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.
6/2003: 82-92

Fleischer, J.
2007 Diseño de una estructura organizativa para la comunidad de artesanos de Maderas Duras del sector Guadalupe, estado Lara, mediante el análisis de la cadena de suministro
10/2007: 107-120

González, J.
2001 Estudios sobre los esfuerzos de adherencia desarrollados entre el acero y el concreto con cabillas de diámetro 3/8", 5/8", 3/4", 1".
5/2001: 55-69

Grases, J.
2001 No al Hullabaloo y al Burra.
5/2001: 115

Grases, J.
2006 Sismicidad histórica y modelos sismotectónicos sustento de índices de peligrosidad sísmica.
9/2006: 38-49

Grases, J.
2008 Cambios en la percepción de la amenaza sísmica en Venezuela
11/2008: 24-42

Gutiérrez, A.
2000 Diseño, ejecución e inspección de soldaduras en edificaciones según la nueva norma COVENIN-MINDUR 1618-98.
4/2000: 73-78

Gutiérrez, A.
2003 Una escultura para la enseñanza de Proyectos de Estructuras de Acero.
6/2003: 5-18

Guzmán Peña, K. C.
2008 Comparación de los diferentes métodos de cálculo de carga máxima aplicada a las losas macizas con valores obtenidos experimentalmente sobre losas de igual diseño
11/2008: 57-75

Hernández, J. J.
1998 Desarrollo en el área de estructuras, para la Norma Antisísmica.
2/1998: 65-73

Hummelgens, P. F.
2000 Un tratamiento matemático de la rigidez torsional de una planta de edificio con pórticos en direcciones arbitrarias.
4/2000: 79-85

Hummelgens, P. F.
2001 Soluciones del medio continuo aplicables a perfiles de carga generalizables, a partir de la ecuación diferencial de Murashev, Sigalov y Baykov. Parte I.
5/2001: 41-47

Hummelgens, P. F.
2003 Soluciones del medio Continuo aplicables a perfiles de cargas generalizables, a partir de la Ecuación Diferencial de Murashev, Sigalov y Baykov. Parte II.
6/2003: 93-105

Hummelgens, P.
2004 Fuerza puntual en el tope.
7/2004: 83-86

Hummelgens, P.
2004 Fuerza puntual a una altura arbitraria.
7/2004: 87-91

Hummelgens, P.
2004 Perfil de carga arbitraria.
7/2004: 92-97

Hummelgens, P.
2004 Solución con múltiples cargas puntuales distribuidas arbitrariamente
7/2004: 98-101

Hummelgens, P. F.
2006 Estudio de las condiciones de borde para la ecuación diferencial de Murashev Sigalov Baykov.
9/2006: 5-9

Karadayilar, T.
2003 Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.
6/2003: 82-92

Lascurain, J. A.
2000 El SI y las Leyes sobre Pesas y Medidas. Parte I.
4/2000: 53-61

Lascurain, J. A.
2000 El SI y las Leyes sobre Pesas y Medidas. Parte II.
4/2000: 63-71

Lascurain, J. A.
2001 Lo que no vió Stillman Drake en Galileo. Parte I.
5/2001: 15-22

Lascurain, J. A.
2003 Lo que no vió Stillman Drake en Galileo. Parte II.
6/2003: 19-25

Lascurain, J. A.
2004 La Ingeniería Industrial y el ambiente.
7/2004: 32-39

Lippke, F.
1998 Diseño conceptual de distribución de una planta de fabricación de tableros eléctricos.
2/1998: 105-108

Lirio, B.
2006 Sismicidad histórica y modelos sismotectónicos sustento de índices de peligrosidad sísmica.
9/2006: 38-49

López, L.
2007 Análisis del sistema de comunicaciones asociado a la red eléctrica de la región central de CADAFE.
10/2007: 46-61

Malaver, A.
1997 Actividad sismológica y acelerográfica en Venezuela en el período 1970 – 1990.
1/1997: 1-12

Malaver, A.
1999 El terremoto de Cariaco del 9 de Julio de 1997.
3/1999: 27-37

Marcano, I.
2007 Análisis del sistema de comunicaciones asociado a la red eléctrica de la región central de CADAFE.
10/2007: 46-61

Martínez, J.
1997 Una visión acerca de la instrumentación y control electrónicos en nuestras vidas.
1/1997: 95-97

Martínez, M.
2004 Diseño de un catálogo de cuentas para el control de costos de construcción de empresas constructoras.
7/2004: 67-73

Martínez, M.
1998 Diseño conceptual de distribución de una planta de fabricación de tableros eléctricos
2/1998: 105-108

Méndez Ramírez, C. T.
2005 Recomendaciones de diseño para la construcción de tablestacas para refuerzo de puertos marítimos.
8/2005: 116-124

Mengual F., M.
1997 Operación conjunta de las fuentes de los sistemas Tuy I y Tuy II en función de la nueva operación de la toma de San Antonio y el Embalse Quebrada Seca
1/1997: 19-30

Miralles, W.
1997 Acreditación de los programas de Ingeniería Civil.
1/1997: 37-47

Miralles, W.
1997 Plan estratégico para Caracas.
1/1997: 103-105

Muñoz, E.E.
2006 Estimación de la confiabilidad estructural de una edificación. Indispensable mediante análisis no lineales estáticos de Pushover.
9/2006: 65-77

Nieto F., J.
2001 Criterios de diseño del sistema de disipación sísmica en los viaductos del ferrocarril Caracas-Tuy Medio.
5/2001: 7-14

Ochoa Iturbe, J.
1997 Recursos hídricos y desarrollo sustentable.
1/1997: 49-55

Ochoa Iturbe, J.
1999 La problemática del agua en el siglo XXI.
3/1999: 109-110

O'daly, A.
2001 Influencia de la resistencia del concreto en el costo de los proyectos de edificaciones multifamiliares.
5/2001: 91-99

Önalp, A.
2003 Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.
6/2003: 82-92

Osers, R.
1997 Acreditación de los programas de Ingeniería Civil
1/1997: 37-47

Paparoni, M.
2000 Un tratamiento matemático de la rigidez torsional de una planta de edificio con pórticos en direcciones arbitrarias.
4/2000: 79-85

Paparoni, M.
2001 Soluciones del medio continuo aplicables a perfiles de carga generalizables, a partir de la ecuación diferencial de Murashev, Sigalov y Baykov. Parte I.
5/2001: 41-47

Paparoni, M.
2003 Soluciones del medio Continuo aplicables a perfiles de cargas generalizables, a partir de la Ecuación Diferencial de Murashev, Sigalov y Baykov. Parte II.
6/2003: 93-105

Paparoni, M.
2004 Fuerza puntual en el tope.
7/2004: 83-86

Paparoni, M.
2004 Fuerza puntual a una altura arbitraria.
7/2004: 87-91

Paparoni, M.
2004 Perfil de carga arbitraria.
7/2004: 92-97

Paparoni, M.
2004 Solución con múltiples cargas puntuales distribuidas arbitrariamente
7/2004: 98-101

Paparoni, M.
2006 Estudio de las condiciones de borde para la ecuación diferencial de Murashev Sigalov Baykov.
9/2006: 5-9

Paparoni, M.
2008 Comparación de los diferentes métodos de cálculo de carga máxima aplicada a las losas macizas con valores obtenidos experimentalmente sobre losas de igual diseño
11/2008: 57-75

Prieto, J.A.
2006 Estimación de la confiabilidad estructural de una edificación. Indispensable mediante análisis no lineales estáticos de Pushover.
9/2006: 65-77

Pirraglia, A.
2007 Obtención y prueba de una metodología cuantitativa capaz de pronosticar el comportamiento

de los datos experimentales de funcionamiento y limpieza de las correas de lijado de una máquina de control numérico.
10/2007: 121-132

Parra Rosales, J.
1998 Evaluación probabilística de confiabilidad estructural, ante acciones sísmicas en instalaciones petroleras.
2/1998: 17-30

Pérez, F. J.
1998 Imágenes del proceso de la Revista Técnica del Ministerio de Obras públicas.
2/1998: 121-127

Pérez Ayala, H. I.
2000 Un proyecto para el estado Vargas.
4/2000: 107-109

Pérez H., R.
2001 Criterios de diseño del sistema de disipación sísmica en los viaductos del ferrocarril Caracas-Tuy Medio.
5/2001: 7-14

Quintero, W. L.
2001 Diseño sismorresistente basado en el desempeño de las estructuras.
5/2001: 101-111

Radina, D. A.
2001 Influencia de la resistencia del concreto en el costo de los proyectos de edificaciones multifamiliares.
5/2001: 91-99

Rafael, R.
2005 El indicador de Seguridad en Construcción ISC.
8/2005: 55-64

Ramos, A.
2006 Estimación de la confiabilidad estructural de una edificación. Indispensable mediante análisis no lineales estáticos de Pushover.
9/2006: 65-77

Rodríguez Ruz, N. G.
2008 Comparación de los diferentes métodos de cálculo de carga máxima aplicada a las losas macizas con valores obtenidos experimentalmente sobre losas de igual diseño
11/2008: 57-75

Ruiz Sibaja, A.
2005 Recomendaciones de diseño para la construcción de tablestacas para refuerzo de puertos marítimos.
8/2005: 116-124

Ruiz, D.M.
2006 Estimación de la confiabilidad estructural de una edificación. Indispensable mediante análisis no lineales estáticos de Pushover.
9/2006: 65-77

Sancio, R. B.
2003 Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.
6/2003: 82-92

Seed, R. B.
2003 Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.
6/2003: 82-92

Sirit, Y.
2003 Regionalizar coeficientes de diseño de mezclas de concreto para desarrollar viviendas de interés social.
6/2003: 145-146

Sirit, Y.
2005 Diseño experimental para ingenieros civiles
8/2005: 17-22

Sirit, Y.
2006 Agregados finos, propuesta de límites granulométricos para la elaboración de concretos.
9/2006: 78-82

Solórzano, E.
2001 Criterios de diseño del sistema de disipación sísmica en los viaductos del ferrocarril Caracas-Tuy Medio.
5/2001: 7-14

Stewart, J. P.
2003 Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.
6/2003: 82-92

Velasco, H.
2000 Sistema Tuy III. Pruebas de golpe de Ariete y puesta en servicio de la tercera línea.
4/2000: 41-52

Vollmer, L.
1998 Destilador solar de usos múltiples
2/1998: 99-104

Youd, T.L.
2003 Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.
6/2003: 82-92

Ingeniería Industrial

Álvarez, J.
1998 Estudios técnico-económicos de operaciones de suministro de energía eléctrica a una mediana empresa.
2/1998: 109-112

Álvarez Hernández, D.
2003 Propuestas de mejoras a los procesos de la gerencia de información geo-espacial, adscrita a la gerencia general de habilitación y disposición de inmuebles de Petróleos de Venezuela S.A., median-

te un sistema de evaluación de gestión y un modelo de actualización y planificación tecnológica.
6/2003: 38-47

Anzola, A.
1998 Nanotecnología.
2/1998: 129-130

Arvelo Luján, Á. F.
1998 Evaluación de la capacidad de calidad de un proceso industrial, por métodos estadísticos.
2/1998: 75-87

Bufanda, J.
2005 El indicador de Seguridad en Construcción ISC.
8/2005: 55-64

Buonnano, N.
1998 Estudios técnico-económicos de operaciones de suministro de energía eléctrica a una mediana empresa.
2/1998: 109-112

Campo C., R. F.
1999 Propuesta para la recuperación, operación y mantenimiento de sistemas de ventilación en túneles de carretera. Caso específico Túnel de Boquerón I.
3/1999: 45-58

Carrano, A.
1998 Estimación cuantitativa de efecto de los parámetros de proceso y sus interacciones con respecto a la rugosidad de la superficie y a la remoción de material, en un proceso de lijado mecánico.
2/1998: 37-48

Casañas, D. J.
1998 Modelo estratégico de la planificación de inventarios (MEPI)
2/1998: 1-10

Crespo O., L.
1997 Los tres problemas griegos (sin solución).
1/1997: 70-74

De Sá Fernández, L. B.
1999 Propuesta para la recuperación, operación y mantenimiento de sistemas de ventilación en túneles de carretera. Caso específico Túnel de Boquerón I.
3/1999: 45-58

Di Felice Gatti, R.
2004 Elaboración de un plan para la Gestión de Riesgo en una planta de Molienda de Trigo.
7/2004: 17-27

Díaz Lang, C.
2003 Propuestas de mejoras a los procesos de la gerencia de información geo-espacial, adscrita a la gerencia general de habilitación y disposición de inmuebles de Petróleos de Venezuela S.A., mediante un sistema de evaluación de gestión y un modelo de actualización y planificación tecnológica.
6/2003: 38-47

Etayo, A.
2001 Diseño de un plan para mejorar el sistema de comercialización de una compañía comercializadora de productos de consumo masivo con sus principales clientes.
5/2001: 23-40

Figueroa, R.
2003 Propuesta de diseño mecánico y análisis del proceso productivo de sillas de rueda bajo enfoque que integre la ingeniería de diseño y la ingeniería de manufactura.
6/2003: 48-61

Gallo, A.
1998 Del mantenimiento preventivo al TPM.
2/1998: 93-97

Giunta, M.
2001 Aplicación de las tecnologías CAD/CAE en el ámbito de la Ingeniería concurrente: caso de un equipo médico.
5/2001: 71-89

Groscors, J. A.
1998 Rediseño de la red de distribución de suministros a nivel nacional de una empresa de Tele-Comunicaciones
2/1998: 31-36

Guerrero, A.
2000 Elaboración de una metodología para el diseño optimizado de agencias de distribución para una empresa productora de refrescos, mediante el desarrollo de un modelo simplificado de simulación de escenarios.
4/2000: 87- 100

Herrera, J.
2003 Propuesta de diseño mecánico y análisis del proceso productivo de sillas de rueda bajo enfoque que integre la ingeniería de diseño y la ingeniería de manufactura.
6/2003: 48-61

Hung, Z.
1998 Estudios técnico-económicos de operaciones de suministro de energía eléctrica a una mediana empresa
2/1998: 109-112

Lascurain, J. A.
1999 La ingeniería Industrial y el ambiente.
3/1999:101-107

Lascurain, J. A.
2000 El SI y las Leyes sobre Pesas y Medidas. Parte I.
4/2000: 53-61

Lascurain, J. A.
2000 El SI y las Leyes sobre Pesas y Medidas. Parte II.
4/2000: 63-71

Lascurain, J. A.
2001 Lo que no vió Stillman Drake en Galileo. Parte I.
5/2001: 15-22

Lascurain, J. A.
2003 Lo que no vió Stillman Drake en Galileo. Parte II.
6/2003: 19-25

Lascurain, J. A.
2004 La Ingeniería Industrial y el ambiente.
7/2004: 32-39

Larrazábal, G.
2006 Estudio de la factibilidad técnico-económica para la creación de una empresa de cartón micro-corrugado y litolaminado.
9/2006: 99-109

Matute, M.
1999 La Ingeniería Concurrente: filosofía de trabajo del siglo XXI
3/1999: 85-99

Mendoza, A.
2006 Implantación de una metodología de control de gestión en PYMES de manufactura.
9/2006: 10-18

Naranjo, E.
2000 Elaboración de una metodología para el diseño optimizado de agencias de distribución para una empresa productora de refrescos, mediante el desarrollo de un modelo simplificado de simulación de escenarios.
4/2000: 87- 100

Pacheco, L.
1999 Rapid Prototyping: Una herramienta para el diseño de productos
3/1999: 59-83

Pastor, J.
1999 Rapid Prototyping: Una herramienta para el diseño de productos
3/1999: 59-83

Paternóster, R.
2006 Implantación de una metodología de control de gestión en PYMES de manufactura.
9/2006: 10-18

Paz, P.
1999 La Ingeniería Concurrente: Filosofía de trabajo del siglo XXI.
3/1999: 85-99

Peña, C.
2006 Diseño de alternativas de un pupitre para los alumnos de pregrado de la Universidad Católica Andrés Bello.
9/2006: 83-98

Pereira, J. L.
1997 Evaluando los proyectos del día a día
1/1997: 81-83

Pérez Bravini, L. F.
2000 Desarrollo de un sistema estratégico de planificación de inventarios, como soporte al proceso de expansión de la red celular, en una empresa de telecomunicaciones.
4/2000: 23-40

Pérez, C.
2006 Diseño de alternativas de un pupitre para los alumnos de pregrado de la Universidad Católica Andrés Bello.
9/2006: 83-98

Rafael, R.
2005 El indicador de Seguridad en Construcción ISC.
8/2005: 55-64

Riera, D.
2006 Diseño de alternativas de un pupitre para los alumnos de pregrado de la Universidad Católica Andrés Bello.
9/2006: 83-98

Sánchez Boscán, J. E.
2004 Elaboración de un plan para la Gestión de Riesgo en una planta de Molienda de Trigo.
7/2004: 17-27

Santibáñez, D.
2003 El Flujo de caja Descontado. (Discounted Cash Flow).
6/2003: 32-37

Taylor, J. B.
1998 Estimación cuantitativa de efecto de los parámetros de proceso y sus interacciones con respecto a la rugosidad de la superficie y a la remoción de material, en un proceso de lijado mecánico.
2/1998: 37-48

Ucciani, F.
1999 Propuesta para la recuperación, operación y mantenimiento de sistemas de ventilación en túneles de carretera. Caso específico Túnel de Boquerón I.
3/1999: 45-58

Vainrub, R.
1998 ¿Tiene futuro la industria en Venezuela?
2/1998: 117-120

Vainrub, R.
2000 Uso de las teorías de verdad para la validación de un modelo heurístico.
4/2000: 7-21

Vainrub, R.
2003 El Flujo de caja Descontado. (Discounted Cash Flow).
6/2003: 32-37

Velásquez, O. J.
2001 Aplicación de las tecnologías CAD/CAE en el ámbito de la Ingeniería concurrente: caso de un equipo médico.
5/2001: 71-89

Ingeniería Informática

Angulo, J.
2007 Desarrollo de una herramienta de medición de desempeño en transmisión de datos para una red CDMA 1xEVDO.
10/2007: 76-91

Aponte, Á.
2007 Autómatas celulares y su aplicación a la modelación del tráfico automotor en la Ciudad de Caracas.
10/2007: 5-15

Banchs, R.
2005 Redes Neuronales para la caracterización de yacimientos: Del mito a las aplicaciones prácticas.
8/2005: 88-98

Carapaica, O.
2007 Herramienta software para el análisis de problemas cuya abstracción se fundamenta en grafos.
10/2007: 16-30

Cárdenas, K.
1998 Sistemas de amortiguación de vibraciones, para equipos de alta sensibilidad.
2/1998: 11-16

Castro, E.
1998 Sistemas de amortiguación de vibraciones, para equipos de alta sensibilidad.
2/1998: 11-16

Chaparro, J.
2006 Influencia de la Participación del Usuario en su desempeño Individual. Análisis de los Factores de Implementación de los Sistemas de Información.
9/2006: 56-64

Chang, D.
2005 Modelo de Operación del CIDI-UCAB basado en la Gerencia del Conocimiento y soportado en la Tecnología de la información.
8/2005: 65-87

Contreras, A.
2005 Modelo de Operación del CIDI-UCAB basado en la Gerencia del Conocimiento y soportado en la Tecnología de la información.
8/2005: 65-87

Chirico, A.
1997 Ingeniería informática.
1/1997: 57-70

Delgado, A.
2007 Herramienta software para el análisis de problemas cuya abstracción se fundamenta en grafos.
10/2007: 16-30

Dos Santos, D.
2005 Sistema autónomo de desplazamiento en robots con reconocimiento de patrones geométricos regulares.
8/2005: 99-115

Echagaray, E.
1998 Sistemas de amortiguación de vibraciones, para equipos de alta sensibilidad.
2/1998: 11-16

Fazzino, M.
2005 Mouse para minusválidos.
8/2005: 46-54

Font, J.
2003 MESEM: Mecanismo de Seguridad para Productos Multimedia.
6/2003: 106-126

Paz, J. L.
2008 Programación por Chequeo
11/2008: 88-138

Torrealba, W.
2008 Programación por Chequeo
11/2008:120-138

Gómez, A.
2007 Desarrollo de una herramienta de medición de desempeño en transmisión de datos para una red CDMA 1xEVDO.
10/2007: 76-91

Goncalves, Y.
2005 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.
8/2005: 125-132

Herrera, D.
2001 Flash: Excelente herramienta para un multimedia educativo.
5/2001: 113-114

López, M. I.
2001 Flash: Excelente herramienta para un multimedia educativo.
5/2001: 113-114

López, M. I.
2003 Reflexiones acerca de la evolución de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).
6/2003: 26-31

Medina, J. M.
2006 Influencia de la Participación del Usuario en su desempeño Individual. Análisis de los Factores de Implementación de los Sistemas de Información.
9/2006: 56-64

Moreno, J.
2007 Autómatas celulares y su aplicación a la modelación del tráfico automotor en la Ciudad de Caracas
10/2007: 5-15

Ortiz Sosa, L. M.
2004 Modelo de Clasificación y Evolución de Metodología de Desarrollo de Proyectos de Sistemas de Información.
7/2004: 5-16

Ortiz Sosa, L. M.
2004 Apreciación defectuosa de la tecnología de Información y Comunicación. Un enlace entre planeación estratégica y la gestión del conocimiento organizacional.
7/2004: 59-66

Ortiz Sosa, L. M.
2007 Herramienta software para el análisis de problemas cuya abstracción se fundamenta en grafos.
10/2007: 16-30

Peña, G.
2005 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.
8/2005: 125-132

Peñalver, R.
2005 Sistema autónomo de desplazamiento en robots con reconocimiento de patrones geométricos regulares.
8/2005: 99-115

Ríos, J. M.
1998 La escuela de Ingeniería informática estrena su primera directora
2/1998: 131-132

Ríos, J. M.
1998 Lo que usted puede encontrar en la Web y no se atrevía a preguntar.
2/1998: 133-134

Sánchez, O.
2005 Mouse para minusválidos.
8/2005: 46-54

Schmidt H, L.
1997 Del "ingeniero" a la "ingeniería".
1/1997: 89-93

Stekman, I.
2005 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.
8/2005: 125-132

Uribe C., L. G.
2004 El CODIDAC.
7/2004: 50-58

Uribe C, L. G.
2005 Transformaciones entre Clips y Flops "D_JK_T".
8/2005: 23-29

Vera K., D.
2003 Construcción de una Aplicación que interactúe con un Robot a través de la Tecnología JINI.
6/2003: 127-144

Ingeniería en Telecomunicaciones

Alfaro, J.
2006 La información como una capacidad organizacional: Un planteamiento en el contexto de modelos de alineamiento y desde la perspectiva de recursos y capacidades.
9/2006: 19-28

Borjas, M.
2008 Comprensión de huellas dactilares empleando Transformada Ondícula
11/2008: 88-104

Chacón, L.
2007 Análisis y rediseño del sistema de cobertura para televisión abierta de RCTV en la zona del litoral central de Venezuela
10/2007: 62-75

Cotúa, J.
2008 Unidad de Telemetría para Supervisión y Control de Señales Analógicas y Digitales usando Protocolo de Internet y Basado en Páginas Web y Wap.
11/2008: 76-87

Fernández, V.
2004 Diseño de un plan de mejoras de los procesos existentes y elaboración de nuevos procesos en la gerencia de gestión red Internacional de la Empresa CANTV.
7/2004: 74-82

Goncalves, J.
2008 Unidad de Telemetría para Supervisión y Control de Señales Analógicas y Digitales usando Protocolo de Internet y Basado en Páginas Web y Wap.
11/2008: 76-87

Hernández, Á.
2006 Caracterización de los sistemas de información basados en las tecnologías de la información y las comunicaciones móviles.
9/2006: 50-55

Iglesias, S.
2006 Caracterización de los sistemas de información basados en las tecnologías de la información y las comunicaciones móviles.
9/2006: 50-55

Narváez, M.
2001 Ingeniería de Telecomunicaciones.
5/2001: 117-118

Stefanelli, M. C.
2008 Comprensión de huellas dactilares empleando Transformada Ondícula
11/2008: 88-104

Orero, A.
2006 Caracterización de los sistemas de información basados en las tecnologías de la información y las comunicaciones móviles.

9/2006: 29-37

Orero, A.
2006 La información como una capacidad organizacional: Un planteamiento en el contexto de modelos de alineamiento y desde la perspectiva de recursos y capacidades.
9/2006: 19-28

Planchart, F.
2008 Estudio de Optimización del plan básico de numeración e identificación de los usuarios y equipos terminales en la red transmisión de datos pública de la república Bolivariana de Venezuela
11/2008: 5-23

Sabal, M.
2007 Diseño e Implementación de un Sistema para el Control, Supervisión y Gestión de Redes Basadas en el Protocolo IPv4.
10/2007: 31-45

Salcedo, D.
2007 Diseño de un Sistema de reconocimiento del habla para controlar dispositivos eléctricos.
10/2007: 92-106

Teixeira, A.
2007 Diseño de un Sistema de reconocimiento del habla para controlar dispositivos eléctricos.
10/2007: 92-106

Troconis, H.
2004 Diseño de un Plan de Mejoras de los procesos existentes y elaboración de nuevos procesos en la Gerencia de Gestión Red Internacional de la Empresa CANTV.
7/2004: 74-82

Ingeniería Ambiental

Buroz Castillo, E.
1997 El desarrollo de la Ingeniería Ambiental.
1/1997: 75-80

Información General
1997 Especialización y maestría en Ingeniería Ambiental.
1/1997: 125

Ingeniería de la Organización

Araya, S.
2006 De los recursos y capacidades de la organización al capital intelectual, la gestión del conocimiento y el aprendizaje organizativo: posibilidades de un modelo integrado a través de los sistemas de información.
9/2006: 29-37

Chaparro, J.
2006 De los recursos y capacidades de la organización al capital intelectual, la gestión del conocimiento y el aprendizaje organizativo: posibilidades de un modelo integrado a través de los sistemas de información.
9/2006: 29-37

Ortiz Sosa, L. M.
2006 De los recursos y capacidades de la organización al capital intelectual, la gestión del conocimiento y el aprendizaje organizativo: posibilidades de un modelo integrado a través de los sistemas de información.
9/2006: 29-37

Química

Adames M., J.
2004 Estudio Nutricional de las Hojas de Grifo Negro (Mocrolobium Bicuspidatum).
7/2004: 40-49

Gorrochotegui, A.
2007 "La Bioética en la Cultura de los Gerentes y Líderes Avanzados".
10/2007: 143-152

Lascurain, J. A.
1998 Ventajas de la ecuación de estado de Peng-Robinson.
2/1998: 89-91

Lascurain, J. A.
1999 Modelos matemáticos para el diseño de equipos separadores gas-gas en procesos de permeación.
3/1999: 7-15

López, M. I.
2001 Estudio del equilibrio líquido-vapor de una solución acuosa no ideal. Sistema metanol-agua.
5/2001: 49-53

Luzardo, M.
2004 Estudio Nutricional de las Hojas de Grifo Negro (Mocrolobium Bicuspidatum).
7/2004: 40-49

Márquez, N.
1998 Ventajas de la ecuación de estado de Peng-Robinson.
2/1998: 89-91

Márquez, N.
1999 Modelos matemáticos para el diseño de equipos separadores gas-gas en procesos de permeación.
3/1999: 7-15

Mostany, J.
1999 Distribución espacial de núcleos electrocristalizados.
3/1999: 39-43

Scharifker, B.R.
1999 Distribución espacial de núcleos electrocristalizaos.
3/1999: 39-43

Serruya, A.
1999 Distribución espacial de núcleos electrocristalizados.
3/1999: 39-43

Serruya, A.
2001 Estudio del equilibrio líquido-vapor de una solución acuosa no ideal. Sistema metanol-agua.
5/2001: 49-53

Soledad, B.
2004 Estudio Nutricional de las Hojas de Grifo Negro (Mocrolobium Bicuspidatum).
7/2004: 40-49

Humanidades

Biord, H.
1997 VIH-SIDA: una reflexión sobre los retos
1/1997: 13-18

Carrano, A.
1999 El acercamiento cooperativo de las fábricas de aprendizajé y su impacto en los estilos de aprendizaje.
3/1999: 17-25

Javier Pérez, F.
2000 El ingeniero Alfredo Jahn. Contribución lingüística.
4/2000: 101-106

Ortiz Sosa, L. M.
2005 Gestión de Conocimiento Tácito presente en la UCAB y en AUSJAL.
8/2005: 5-16

Ortiz Sosa, L. M.
2005 Gestión de Conocimiento Tácito en Universidades Jesuitas de América Latina: Modelo para el desarrollo de la investigación
8/2005: 133-159

Palacios MS, L. E.
1998 La educación integral. El intercambio tecnológico en la formación del ingeniero.
2/1998: 113-115

Schmidt H., L.
2008 Reflexiones en Torno a la Interdisciplinariedad a la Transdisciplinariedad del Conocimiento en el Siglo XXI en Ingeniería
11/2008: 43-56

Taylor, J. B.
1999 El acercamiento cooperativo de las fábricas de aprendizaje y su impacto en los estilos de aprendizaje.
3/1999: 17-25

Área de la salud

Pinto, A.
1998 Estudio comparativo de Dializadores Comerciales, Reacciones de hiper-sensibilidad
2/1998: 49-63

Serrano, D.
1998 Estudio comparativo de Dializadores Comerciales, Reacciones de hiper-sensibilidad
2/1998: 49-63

Soledad, B.
1998 Estudio comparativo de Dializadores Comerciales, Reacciones de hiper-sensibilidad
2/1998: 49-63

Zambrano, C.
1998 Estudio comparativo de Dializadores Comerciales, Reacciones de hiper-sensibilidad
2/1998: 49-63

Información General

Belardi, N.
1997 Formación continúa. Cursos de extensión.
1/1997: 123-124

Información General
1997 Las tres carreras de la Facultad de Ingeniería de la UCAB .
1/1997: 117-120

Información General
1997 Postgrado en gerencia de Proyectos .
1/1997:127-128

Información General
1997 Autoridades de la Facultad de Ingeniería. Año académico 1995-1996.
1/1997: 129-130

Ríos, J. M.
1997 El curso propedéutico.
1/1997: 121

Ríos, J. M.
1998 Creación de CIDI.
2/1998: 135

Secretaría Facultad
1997 Trabajos especiales de grado. Año lectivo 1995-1996.
1/1997: 99-101

Secretaría Facultad
1997 Directorio profesoral. Facultad de Ingeniería. Segundo semestre, Año 1995-1996.
1/1997: 107-116

NORMAS DE PUBLICACIÓN

1. Generalidades.

Tekhné es una revista arbitrada que recibe y publica trabajos de todas las áreas de ingeniería y ciencias básicas. Los artículos deben tener un contenido científico y/o tecnológico, con aporte original, pudiendo estar redactado en español, inglés, francés o portugués. No se aceptarán trabajos en Tekhné que hayan sido publicados en otras revistas científicas o conferencias arbitradas.

2. Postulación de artículos.

El comité editorial de la revista Tekhné hace, por un lado, llamados periódicos para la postulación de artículos en los cuales se incluyen fechas, requisitos de formato y medios de entrega. Por otro lado, designa los árbitros idóneos que sean expertos reconocidos en el área sobre el cual versa cada uno de los artículos sometidos al arbitraje.

3. Formato para la presentación.

Los artículos postulados, para su inclusión en la revista Tekhné, deben satisfacer las siguientes características:

- Un máximo de 20 páginas tamaño carta, sin numeración.
- El cuerpo del artículo debe estar escrito a dos columnas en el tipo de letra Times New Roman 10.
- Incluir los nombres de los autores, sus direcciones de correo electrónico y la institución y país al cual se vinculan.
- Debe incluir dos resúmenes, que no excedan de 300 palabras, con sus respectivas palabras claves (máximo cinco). Un resumen en el idioma original del artículo y el otro en cualquier otro idioma de preferencia del autor, redactados de manera impersonal.
- Los gráficos y tablas deben conservar el mismo tipo de letra del texto y deben estar numerados consecutivamente con números arábigos. La leyenda debe estar separada por una línea en blanco.
- Las fórmulas y ecuaciones deben estar generadas por editores de ecuaciones.
- Incluir las secciones correspondientes a toda investigación formal, para lo cual se sugieren las siguientes partes:
  - Planteamiento y objetivos del problema
  - Trabajos relacionados y estado del arte
  - Metodología
  - Pruebas y resultados
  - Conclusiones
  - Recomendaciones o acciones futuras
- Las referencias bibliográficas corresponden a los textos citados explícitamente en el artículo y solo aparecen al final del mismo; cada cita debe finalizar con un número entre corchetes, en forma ascendente, que remita a su correspondiente referencia. Por su parte, la bibliografía debe incluir también textos que no fueron citados en el artículo, pero que fueron consultados.
  - Libro:

    I.I. Apellido. Título del libro. Tr. I.I. Apellido del traductor. Lugar de publicación: Editorial, año, pp.(Páginas consultadas)
  - Artículo de Libro:

    I.I. Apellido. "Título del Artículo". En Título del libro. I.I. Apellido del editor o compilador del libro (ed.) o (comp.). Tr. Apellido del traductor. Lugar de publicación: Editorial, año, pp.(Páginas consultadas)
  - Artículo de Revista:

    I.I. Apellido. "Título del Artículo". Título de la revista. (Lugar de Procedencia). Vol.,y/o n°., pp.,mes. Año. No.
  - Página de Internet:

    Título del documento. Autor o Editor de la página. Nombre de la empresa o institución responsable de la página. Fecha de Acceso, Disponible: Dirección Electrónica.
  - Artículo Presentado en una Conferencia:

    [#] Autor. (año, mes). Título. Presentado en Título de la Conferencia [Tipo de medio electrónico]. Disponible: Dirección Electrónica.

4. Consignación de Artículos.

Para estar en el número más reciente en edición, hay un plazo establecido en la correspondiente convocatoria. Todos los artículos pueden ser entregados físicamente o vía correo electrónico. En caso de entrega física debe hacerse sobre medio electrónico en un CD o DVD que incluya:

- Un directorio denominado artículo que contendrá el trabajo de investigación tal como está impreso y en formato de documento de Word, o látex (De preferencia en formato Word para efectos de publicación).
- Un directorio denominado imágenes que únicamente contendrá los elementos no textuales (gráficos, fotos, tablas, etc.) incluidos en el artículo y en formato de documento .JPG de alta calidad.

La dirección a enviar los recaudos es:

Universidad Católica Andrés Bello, Urb. Montalbán, Facultad de Ingeniería, Centro de Investigaciones y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería, La Vega, Caracas.

En caso de una entrega vía e-mail, se debe enviar a: tekhne.revista@gmail.com indicando el nombre del autor y la ciudad y país desde donde se envía el trabajo. Para más detalles consultar la página Web: http://www.ucab.edu.ve/revista-tekhne.html

1. Introduction.

Tekhné is a scientific journal which consider for publication papers dealing with engineering and applied sciences. Articles must have a scientific or technological original contribution and can be written in spanish, english, french or portuguese. Papers accepted in Tekhné can not have been published in another scientific journal or international conference. Tekhné issues two number by year. All contributions are submitted to referees. Names of referees will be kept confidential and their comments are send to the authors.

2. Format for papers.

Final submission can be delivered in MS Word or PDF format and following these indications:

- Paper must not exceed 20 pages.
- Use font Times New Roman 12, two columns, without numeration.
- Include two abstract, one in the original language and another one in a language preferred by the author(s). Both must not exceed 300 words and include at least five key words related with specialized domain.
- The figures and tables must use the same font of the text, numbered consecutively using Arabic numerals with their respective caption and legends.
- The formulas and equations must be generate by equation editor and consecutively numbered with Arabic numerals. It is placed in brackets in the right-hand margin.
- The recommended sections for the papers are:
  - Problem studied and objectif
  - Related works and state of arts.
  - Methodology
  - Test and results
  - Conclusions
  - Recommendations
- References to cited literature should be identified in square brackets in numerical order of appearance. The format is as given:
  - Book:

    [#] Last Name, Name. *Book Title*. Place of publication, editorial, year, pp.
  - Article in a book:

    [#] Last Name, Name. "Article Title". In Book Title. Last Name of editor or book coordinator (ed.) o (comp.). Place of publication, editorial, year, pp.
  - Article in a Journal:

    [#] Last Name, Name. "Title of article". Journal title, Place of publication, Vol, and/or n°, pp, month and year.
  - Web Page:

    [#] Document Title. Author or Web page editor. Name of enterprise, page responsible. Available: Electronic address.
  - Paper Conference:

    [#] Last name, Name. (year, month). Title. Presented in Title of the Conference [Type of electronic reference]. Available: Electronic address.

3. Paper postulation.

Authors can present papers to Tekhné journal address at:

Universidad Católica Andrés Bello, Urb. Montalbán, Facultad de Ingeniería, Centro de Investigaciones en Ingeniería, La Vega, Caracas.

Electronic version can be delivered to: tekhne.revista@gmail.com More details: http://www.ucab.edu.ve/inicio.1969.html

1. Definición de Consejo de Arbitraje.

Tekhné es una revista arbitrada de trabajos inéditos en las diversas áreas de ingeniería y ciencias básicas. Los miembros del Consejo de Arbitraje son propuesto, inicialmente, por el Comité Editorial por ser personalidades reconocidas de instituciones académicas y/o investigación tanto nacionales como internacionales. Una vez que se reciben los artículos, el Comité Editorial evalúa la temática del artículo y la contrasta con los lineamientos y objetivos de la revista. Los que se hallen en sintonía con estos criterios, y cumpla con los requisitos mínimos de presentación, serán seleccionados para el arbitraje. El comité Editorial designa al menos tres árbitros para cada artículo y asumen el compromiso de mantener estos nombres en el anonimato.

2. Procedimiento de evaluación.

Cada árbitro recibe una copia del artículo, junto con una planilla de evaluación y dispone de 30 días contiguos, contados a partir de la fecha de su recepción. Si el árbitro solicita no evaluar el artículo o expira el lapso de evaluación, el Comité Editorial designará otro experto en el área. Una vez recibida las evaluaciones se ponderan las calificaciones obtenidas por el artículo y el Comité Editorial fija un umbral que es importante en la toma de decisiones en caso de que existan dudas para la aceptación del artículo. Como principio básico se acepta todo artículo que sea recomendado favorablemente por al menos dos de los árbitros.

3. Consideraciones finales.

Los miembros del Consejo de Arbitraje que tengan participación activa en la evaluación de artículos, son incluidos en la edición del número. Además recibirán un ejemplar de la revista y un reconocimiento escrito por su valiosa colaboración.

Por otro lado, cada autor recibe notificación por escrito sobre la decisión del Consejo de Arbitraje. En caso de aceptación debe realizar las modificaciones sugeridas por los árbitros para que su trabajo sea publicado. El Comité Editorial vela porque estas observaciones sean tomadas en cuenta. En caso de rechazo, el autor recibe las observaciones escritas sobre las planillas de evaluación para que sean tomadas en cuenta, si el autor así lo considera, y le permitan continuar mejorando su trabajo.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA

PLANILLA PARA LA REVISIÓN DE PROPUESTAS DE ARTÍCULOS REVISTA TEKHNÉ

TÍTULO:

FECHA DE RECIBIDO:
FECHA DE ENTREGA:

Por favor devuelva esta planilla junto al artículo antes de **Fecha de Cierre,** en caso de que esto no sea posible devuelva todo el material al Consejo Editorial en la dirección señalada al final de este documento.

COMENTARIOS	**Alto 5**	**4**	**3**	**2**	**Bajo 1**	**NO APLICA**
Bibliografía apropiada						
Calidad Global del trabajo						
Calidad y claridad del texto						
Calidad y uso apropiado de figuras, tablas, etc.						
Conclusiones adecuadamente soportadas por los datos						
Originalidad del tema						
Relevancia del trabajo para la Tekhné						

Recomendaciones:

1. _____Esta obra representa una contribución significativa en su campo y debe ser publicada como está.
2. _____Esta obra merece ser publicada sujeta a revisiones menores indicadas.
3. _____Es necesario considerar revisiones mayores antes de su publicación.
4. _____Se recomienda no sea publicada debido a que:
   - _____El contenido global es muy deficiente
   - _____El material presentado no es una contribución significativa al tema
   - _____Otros (Especifique)

Comentarios:

ARBITRO: Título Apellido

FIRMA:

Favor devolver esta planilla a la siguiente dirección:

Urbanización Montalbán-La Vega. Universidad Católica Andrés Bello. Edificio Laboratorios, Planta Baja. Facultad de Ingeniería. Apartado Postal 29.068 Caracas-Venezuela.

A la atención de: Prof. Wilmer Pereira. Director de la Revista Tekhné.

Teléfonos: 58-0212-4074541/4074484. Correo electrónico: tekhne.revista@gmail.com

Forma de publicación a través del Convenio de Canje por medio de Publicaciones UCAB, la persona encargada es el Licenciado Emilio Píriz Pérez

Dirección:

Edificio de Biblioteca, Dirección de Biblioteca,
piso 3, Universidad Católica "Andrés Bello".
Teléfonos: 0212-407-42-07
Correo Electrónico: epiriz@ucab.edu.ve
Fecha de Impresión:
Tiraje: 500 ejemplares

CONSEJO DE ARBITRAJE

Para formar parte de nuestro grupo de destacados árbitros, se debe dirigir a:

a) Director: Prof. Wilmer Pereira:
Email: wpereiragonzalez@gmail.com
Teléfono(s): 0212-4074443
b) Jefe de Redacción: Prof. Neveska Rodríguez
Email: nerodrig@ucab.edu.ve
Teléfono(s): 0212-4074136 o 4074484

COLABORADORES:

Para publicar en la Revista Tekhné puede comunicarse con nosotros a través de:

a) Nuestra dirección de correo electrónico:
tekhne.revista@gmail.com;
b) A través del director de la Revista el Profesor Wilmer Pereira:
wpereira@ucab.edu.ve Teléfono 02124074443.

Para mayor información leer en la sección anexa de la revista las Normas para Publicar en la Revista Tekhné o en la página web: http://www.ucab.edu.ve/revista-tekhne.html