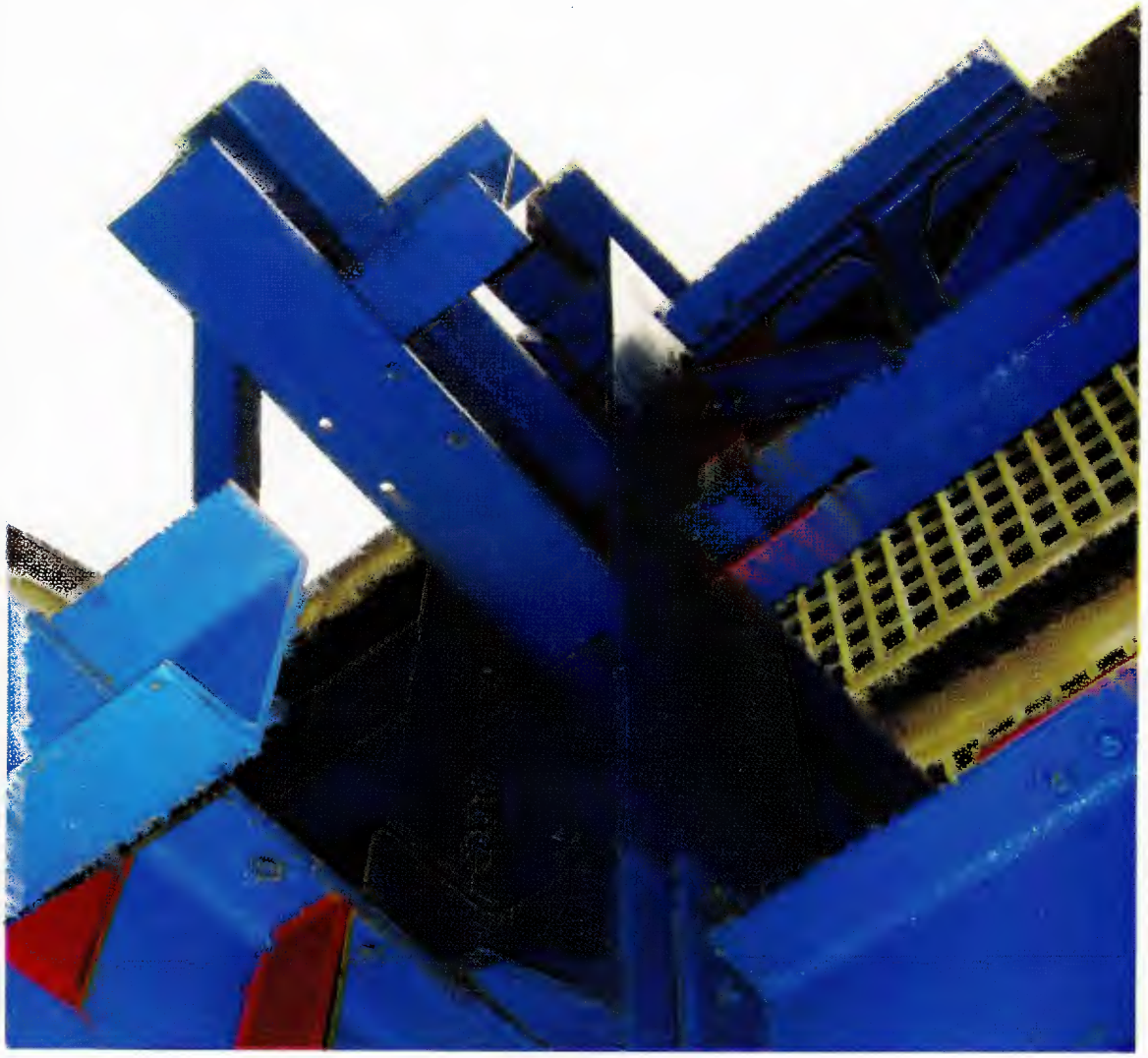
N° 11 - 2008

tekhne

Revista de la Facultad de Ingeniería



Universidad Católica Andrés Bello

Caracas, Venezuela

tekhne
Revista de Ingeniería

Rector
Luis Ugalde, S.J.
Vicerrectora Académica
Silvana Campagnaro
Vicerrector Administrativo
Rafael Hernández Sánchez-Ocaña
Secretaria
María Isabel Martínez

Director de la Revista
Wiliamer Pereira
Consejo Editorial
Prof. Elizabeth Arape (Dpto. de Lenguaje)
Prof. María Barreiro (Ingeniería Civil)
M.C. Guillermo Bonilla (Dpto. de Geometría Descriptiva)
Prof. Manuel Gaspar (Postgrado UCAB)
Prof. Lisseth de Gouveia (Dpto. de Matemáticas)
Prof. Henry Gasparin (Ingeniería Industrial)
Prof. María Isabel López (Dpto. de Química)
Prof. Marielena Mestas (Dpto. de Humanidades)
Prof. José Manuel Marino (Dpto. de Física)
Prof. Iñaki Mendizabal (Ingeniería de Telecomunicaciones)
Prof. Wilmer Pereira (Ingeniería Informática)

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

Diseño de Portada
Jhon Bruzual
Foto de la portada
Rowan Lozada

Depósito legal
Pp 97-0007
ISSN: 1316-3930

REVENCYT: RVT004
LATINDEX: Folio 16784

Website
Publicaciones de la Facultad de Ingeniería
http://www.ucab.edu.ve/ucabnuevo/index.php?seccion=190
tekhne@gmail.com

Publicaciones UCAB
Edificio de Biblioteca, tercer piso
Montalbán - La Vega
Apartado 20.332
Caracas 1020 - Venezuela
Telf: 407.42.08
Fax: 407.43.51

tekhne
Revista de Ingeniería
Universidad Católica Andrés Bello
Facultad de Ingeniería

n° 11

Editorial 3

ARTÍCULOS

1. Estudio de optimización del plan básico de numeración e identificacion de los usuarios y equipos terminales en la red transmisión de datos pública en la República Bolivariana de Venezuela. *Franklin Planchart* 5

2. Cambios en la percepción de la amenaza sísmica en Venezuela. *Jorge Grases* 24

3. Reflexiones en Torno de la Interdisciplinariedad a la Transdisciplinariedad del Conocimiento En El Siglo XXI En Ingeniería. *Ludwig Schmidt* 43

4. Comparación de los diferentes métodos de cálculo de carga máxima aplicada a las losas macizas con valores obtenidos experimentalmente sobre losas de igual diseño. *Karly C. Guzmán Peña - Neiris G. Rodríguez Ruz-Mario Paparoni* 57

5. Unidad de Telemetría para Supervisión y Control de Señales Analógicas y Digitales usando Protocolo de Internet y Basado en Páginas Web y Wap. *Juan Goncalves -José Cotúa* 76

6. Compresión de huellas dactilares empleando Transformada Ondícula *Maribel Borjas - Maria C. Stefanelli* 88

7. Motors Efficiency Estimation and Its Evaluation In Energy Analysis *Cristian Cárdenas-Lailhacar and Vitelio E. Silva* 105

8. Programación por Chequeo *Juan Luis Paz - William Torrealba* 120

Índices por autores 139

Norma de Publicación 147

Indicaciones para los árbritos 152

Universidad Católica Andrés Bello
Caracas

DIRECTOR DE LA REVISTA

Dr. Wilmer Pereira

JEFE DE REDACCIÓN

Lic. Neveska Rodríguez

COMISIÓN DE ARBITRAJE

Prof. Trina Adrián De Pérez (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Elizabeth Arapé (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Claudia Barenco (Universidad Simón Bolívar)
Prof. María Barreiro (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Eduardo Blanco (Universidad Simón Bolívar)
Prof. Gustavo Bonalde (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Biaggio Cante (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Edgar Castellanos (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Yudith Cardinale (Universidad Simón Bolívar)
Prof. José Cotúa (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Miguel Díaz (Universidad Simón Bolívar)
Prof. Alfredo García (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Henry Gasparín (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Arnaldo Gutiérrez (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Rodrigo Henríquez (Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado)
Prof. Emilio Hernández (Universidad Simón Bolívar)
Prof. Carlos Magurno (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Diógenes Marcano (Universidad Simón Bolívar)
Prof. Iñaki Mendizabal (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Marielena Mestas (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Víctor Nesterosky (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Rosaura Paladino (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Mario Paparoni (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Wilmer Pereira (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. César Pérez (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Carlos Reguetti (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Robinson Rivas (Universidad Central de Venezuela)
Prof. Soraya Rodríguez de Amorín (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Nelson Rodríguez (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Wilfredo Torres (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. Alirio Villanueva (Universidad Católica Andrés Bello)
Prof. María Elena Villapol (Universidad Central de Venezuela)

REVISTA
TEKHNE

EDITORIAL

Una de las claves para el éxito de cualquier empresa es, sin duda, la constancia. TEKHNE ha logrado llegar al número once gracias a la dedicación que desde un principio ha puesto la Facultad de Ingeniería en su publicación anual. Hoy en día el número de artículos que llegan a la dirección de la revista va en aumento, tanto en cantidad como en calidad, lo que presagia que, a muy corto plazo, la revista tenga un tiraje semestral.

Para satisfacción de todos los que, desde su creación, hace once años soñaron con una publicación de calidad, TEKHNE ya se encuentra indexada en REVENCYT y LATINDEX; igualmente se adelantan los procesos para hacerlo en el FONACIT, con lo cual se sumará a las revistas de la UCAB que ya están adscritas a este organismo.

La ley de Ciencia y Tecnología (LOCTI) ha contribuido significativamente al aumento de investigaciones en nuestra Facultad, lo cual se traduce en un número importante de artículos para la publicación, y será un gran estímulo para futuros Trabajos de Grado de nuestros estudiantes. Actualmente se llevan a cabo estudios en supercomputadores, robótica y ambiente —por mencionar algunas áreas— los cuales prometen resultados que serán de gran interés para el público lector.

Finalmente, gracias a los convenios internacionales, se llevan a cabo investigaciones con otras casas de estudio, como la Universidad de Carolina del Norte, donde estudiantes de ingeniería civil realizan un Trabajo de Grado de sobre vialidad en Caracas; el Instituto Tecnológico de Rochester, en el que se investiga sobre el tratamiento de agua con rayos ultravioleta a nivel de viviendas de bajos ingresos; y el exitoso programa con la Universidad Politécnica de Cataluña donde hacen investigación los estudiantes de nuestra Facultad. Todas estas iniciativas pueden constituir aportes valiosos para futuros números de la revista TEKHNE

Bajo una nueva dirección, esperamos llevar la revista a su publicación semestral, lograr el reconocimiento de índices nacionales e internacionales, para alcanzar el sitial que le corresponde.

José Ochoa Iturbe
Decano

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 TEKHNÉ

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.

OPTIMIZACIÓN DEL PLAN BÁSICO DE NUMERACIÓN E IDENTIFICACIÓN EN LA RED PÚBLICA DE TRANSMISIÓN DE DATOS DE VENEZUELA

■ Franklin Planchart[1,2,3]
[1]Telecom Venezuela.
fplanchart@Telecom.Gob.ve.
[2]Universidad Central de Venezuela.
Franklin.Planchart@Gmail.com
[3]Universidad Católica Andrés Bello.
Franklin.Planchart@Gmail.com
Fecha de Recepción: 1 de agosto de 2007
Fecha de Aceptación: 19 de junio de 2008

Resumen

En la actualidad el debate sobre el control político de los recursos numéricos es un hecho cotidiano. Este control va en función de la numeración IP y los nombres de Dominio. Protocolos como el ENUM (Mapa de Numeración Telefónica, tElectronic NUmber Mapping, RFC 2916), cuyo objetivo es separar la estructura telefónica del esquema de control actual mediante la integración de las redes IP y la PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada) basada en formato de numeración E.164, no han podido ser implementados debido a la restricción de otorgar una raíz de nivel cero por parte de ICANN (Corporación para la Asignación de Nombres y Números de Internet) para la creación del dominio E164.arpa, paralelo a in-adr.arpa (raíz del dominio actual). La solución propuesta en este documento ha sido la de recomendar la creación de un plan de numeración mundial basado en IPv6 tal que introduzca el concepto de nacionalidad en el formato IPv6. Igualmente se ha sugerido la creación de un sistema de nombres basado en el código de país, que permita direccionar y consultar los DNS (Sistema de Nombres de Dominio) de los países (a nivel de telefonía) sin tener que ir a un sistema de raíz controlado por una nación en particular. Es decir, se propone como solución una partición del DNS. La alternativa analizada integra el protocolo ENUM, la portabilidad y la movilidad a través de la conexión de la PSTN con la Red IPv6. El escenario de la introducción de IPv6 se da como una solución para poder introducir UMTS (Sistema de Telecomunicaciones Móvil Universal) en forma masiva y sacar el máximo provecho a la plataforma de xDSL

(Línea de Suscriptor Digital Genérico). La idea lleva a la conclusión de eliminar el NAT (Traslación de Dirección de Red) en forma definitiva a través de la sustitución del plan de numeración actual, el cual está basado en IPv4.

Palabras Clave: ENUM, VoIP, Plan de Numeración e Integración de Redes, Internet

OPTIMIZATION OF THE BASIC PLAN OF NUMERATION AND IDENTIFICATION IN THE PUBLIC NETWORK OF DATA TRANSMISSION OF VENEZUELA

Abstract

At the present time the debate on the politic control of the numbering resources is a daily fact. This control goes in function of number IP and the names of domain. Protocols like the ENUM (tElectronic NUmber Mapping, RFC 2916), whose objective is to separate the telephone's structure scheme of the present control by means of integration of networks IP and the PSTN (Public Switching Telephone Network) based on format of numbering E.164, could not have been implemented due to restriction to grant one root of level zero by part of ICANN (Internet Corporation Assigned of Names and Numbers) for the creation of the e164.arpa domain, parallel to in-adr.arpa (root of the present dominion). The solution raised in this document has been to recommend the creation of the plan of world-wide numeration based on IPv6 that it introduces the concept of nationality in the IPv6 format. Also has considered the creation of one system of names based on code country that it allows to address and to consult the DNS (Domain Name System) of the countries (at level of telephone's services) without having to go for a root system controlled by one nation in individual way. In fact the proposal in this document is a division of the DNS. This alternative has considered the integration of ENUM protocol, the portability and mobility through the connection of the PSTN with the Network IPv6. The exposition of the introduction of IPv6 occurs as a solution to be able to introduce UMTS (Universal Mobile Telecomunications System) in massive form and to get the maximum benefit to the platform from xDSL (x Digital Subscriber Line). The conclusion of this proposal is to eliminate the NAT (Network Address Translation) in totally way through the substitution of the plan of present numeration, which is based on IPv4.

Keywords: ENUM, VoIP, Numbering Plan and Network Integration, Internet

1. INTRODUCCION

El proceso de integración de las redes de transmisión de datos y los servicios de Telecomunicaciones requieren de grandes cambios en las estructuras y planes básicos referidos a la Numeración y la Identificación de usuarios y equipos terminales conectados a la red. Desde un esquema basado en números, hoy se presenta una fuerte evolución a un mundo mixto: números y nombres. Dos filosofías totalmente diferentes que requieren tratamientos diferentes orientados a una convergencia marcada por el mundo IP. Es así como han surgido grandes debates, de los cuales los más destacados son las discusiones entre la ICANN (Corporación para la Asignación de Nombres y Números en Internet, Internet Corporation Assigned Names and Numbers) y la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, International Telecomunication Union). Dado que la numeración es un recurso estratégico y a la vez escaso, se requiere de una Política Nacional y Normas Internacionales en este aspecto, lo que a la vez requiere de investigaciones en lo referente al proceso de integración y fusión de las normas E.164 y el mundo IP. El protocolo ENUM, es parte de esa estrategia, y un interesante resultado del trabajo conjunto entre ITU e IETF (Internet Engineering Task Force, Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet).

El propósito de esta investigación es plantear un nuevo esquema de estructuración y de procedimientos en la integración entre el croquis de Numeración e Identificación utilizado en telefonía clásica y el mundo IP con el objetivo de lograr una optimización en los planes básicos de señalización, enrutamiento y el uso de los protocolos de comunicación de la Red de transmisión de datos pública, tomando como caso de estudio las redes de CANTV en la República Bolivariana de Venezuela.

2. Problemática mundial de numeración e identificación

La situación hoy día ha llevado a una separación total de los planos de control y señalización en las estructuras de redes telefónicas y el mundo IP, lo cual ha sido solucionado parcialmente con la creación de nuevas capas en los protocolos de comunicaciones, tal que los problemas de Numeración e Identificación se perfilan como "invisibles" a los ojos del espectador (usuario o cliente). Los planes de numeración en lo que respecta a la norma E.164 y lo que respecta a IP se han mantenido como bloques separados, con Políticas totalmente separadas. El resultado de esa "invisibilidad" redunda en esquemas ineficientes en el proceso de conmutación, mayor complicación en la arquitectura de redes y por ende, mayores costos y dependencia en lo que al control de las comunicaciones nacionales e internacionales se refiere.

En opinión de Houlin Zhao, Director a la fecha (año 2007) del TSB (Telecomunication Standardization Bureau) del ITU-T http://www.itu.int/ITU-T/, habla de esta problemática y como grandes organizaciones como la que el representa (ITU-T) y otras como ICANN han llegado a grandes debates en lo que respecta al control político de la Numeración y la Identificación. Por otro lado, un incremento vertiginoso de la cantidad de sistemas conectados a la red, dadas las nuevas posibilidades tecnológicas en el acceso tales como las inalámbricas y xDSL, presiona a una lucha por los recursos escasos. Así, la movilidad y la portabilidad numérica, pasan a ser un aspecto importante a considerar en esta investigación. Un informe emitido por ICANN, revela lo complejo del problema y la necesidad de participar intensamente en las investigaciones y elaboración de Políticas en el área de Numeración e Identificación de abonados o clientes. Detalles al respecto puede ser ubicados en http://forum.icann.org/reform/.

La importancia de esta investigación es que al plantear nuevos esquemas en las estructuras de Numeración e Identificación, las mismas podrían ser discutidas en el seno de las grandes organizaciones mundiales y nacionales, y realizar un aporte al proceso de interconexión "libre" (término introducido por el autor, tomado de la teoría de Software Libre). Es decir, un esquema de interconexión que no dependa en modo alguno de un proceso de centralización internacional o nacional. Un esquema que permitirá evolucionar a la implantación de IPv6 (por ejemplo) pero en forma ordenada. Así como el aumento en la potencialidad de los protocolos de enrutamiento

(introducción de OSPF, Protocolo Abierto Primero el Camino más Corto, Open Shortest Path Firts, y otros) logró mantener un crecimiento continuo y exponencial de la Internet, una estrategia en la forma como se identifican y se enumeran las cosas (terminales de telecomunicación y otros dispositivos) nos llevará a una integración óptima de las redes de telecomunicaciones y los servicios que se prestan sobre ella, al igual que una explosión en nuevos servicios.

El conflicto en lo que respecta al control político de los recursos se ha reflejado en la red. La observación a esta problemática se visualiza en el momento de examinar un tema que está hoy en casi todos los encuentros mundiales de Telecomunicaciones: la Gobernanza. Se podría decir que la forma de trabajar en telefonía clásica presentaba una gran estabilidad en los acuerdos a nivel de gobiernos e industria en lo referente a los planes de Numeración e Identificación. Los protocolos de Internet introdujeron una gran entropía en los aspectos tecnológicos y políticos y el problema de control numérico e integración de servicios se ha elevado (entre otros muchos aspectos, como el contenido) a nivel de la ONU y la ITU-T a lo que se denomina la Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información, CMSI. Ello ha constituido un grupo de trabajo (WSIS-II/PC-3/DOC/5-5, 4 Agosto 2005).

Uno de las primeras labores de este grupo, fue definir el concepto de Gobernanza, el cual se ha precisado como el desarrollo y la aplicación por los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil, en las funciones que les competen respectivamente, de principios, normas, reglas, procedimientos de adopción de decisiones y programas comunes que configuran la evolución y la utilización de Internet .WSIS-II/PC-3/DOC/5-5.

La ITU-T ha trabajado en colaboración con este grupo. En el año 2004 emitió una Resolución 1222 del Consejo: "Actividades de la ITU-T relacionadas con la CMSI".

Sin duda alguna, ITU-T ha elaborado una gran cantidad de documentos concernientes a IP, sobre todo lo referente a la numeración. Uno de los trabajos recientes se refiere al protocolo ENUM y la internacionalización del DNS. En el año 2006 se hicieron pruebas en 36 países en lo que respecta a ENUM, lo que abona el camino de integración numérica de la red telefónica clásica y la Internet (inclusive las redes basadas en IP en forma general). Ello implica realizar cambios en cuanto al control de la raíz en el DNS, dado que la introducción de ENUM orienta a un control en la raíz e164.arpa, que es el esquema como estarían almacenadas todas las relaciones de números IP al formato E.164.

En función de solventar los conflictos políticos y tecnológicos, ITU-T ha realizado fuertes acercamientos a IETF (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet, Internet Engineering Task Force). De hecho, ENUM es un trabajo conjunto entre IETF e ITU-T. Sus conclusiones referentes a las políticas para asignación de recursos han sido muy certeras. Se enumeran algunas (La ITU-T y el desarrollo de Internet: P/ESP/ITU-T/BUREAU/DIR/216504S.ppt, por Houlin Zhao, Director de la Oficina de Normalización de Telecomunicaciones, Ginebra):

- La estructura de las direcciones IPv4 no es la mejor (aunque no es totalmente errónea).
- La política de atribución de direcciones IPv4 no es la mejor: primero en llegar, es el primero en ser servido.
- La gestión de las direcciones IPv4 está en manos de organismos privados.
- Poca participación de los gobiernos.
- En resumen: los problemas relativos a IPv4 se deben a factores políticos y tecnológicos.

En cuanto al IPv6, el mismo informe expresa:

- El espacio de direcciones IPv6 no es muy grande, según las políticas actuales de atribución. Esta aseveración se extrajo textualmente del informe del ITU-T. Sin embargo se puede decir que es una expresión errónea. Lo correcto sería decir: a pesar de tener un espacio de direcciones muy grande, IPv6 pudiese sufrir el efecto de una política de distribución errónea que conlleve a problemas semejantes confrontados por IPv4.

- En 2010 existirán 36 direcciones por habitante. En esa fecha la población mundial ascenderá a 10 mil millones de habitantes.
- El espacio se agotará rápidamente y deberán considerarse las políticas de atribución de direcciones.

En este orden de ideas, la ITU-T ha orientado sus esfuerzos a los asuntos de gestión de los nombres de dominio y direcciones en Internet, transición a la versión 6 del IP, protocolo ENUM y los nombres de dominio internacionalizados.

El Ipv6 se considera en un posible punto de inflexión. Igualmente opina Houlin Zhao de la ITU-T, que IPv6 es uno de los protocolos de transporte más útiles para los futuros entornos de las redes fijas e inalámbrica/movil. Desde el punto de vista de servicio y aplicación, la necesidad de protocolo IPv6 será cada vez mayor para la llegada de las NGN (Next Generation Network, Redes de Próxima Generación). Este protocolo deberá adaptarse al modelo de referencia y la arquitectura funcional de las NGN.

Esta idea de la necesidad de un cambio en las políticas y en las estructuras tecnológicas actuales se puede afianzar a través de la opinión de Athanassios Liakopoulos, Investigador griego, José Fernandez Fundación para una Computación Científica Nacional y Jeff Doyle, Juniper Networks, en entrevista realizada en las actividades de investigación europea (IPv6 and Broadband. IPv6 Cluster, http://www.ist-ipv6.org/, año 2006), en la cual coinciden en algunas opiniones que orientan a acciones en el área de Numeración e Identificación:

- Es necesario eliminar NAT. Pero, mientras se utilice IPv4, el NAT permanecerá.
- La seguridad y el manejo de parámetros de calidad de servicio es afectado cuando se utiliza NAT.
- Por otro lado: se incrementará la necesidad de utilizar IPv6 móvil, dada la introducción masiva de UMTS.

Igualmente se concluye que los conflictos presentados orientan a grandes esfuerzos en la realización de trabajos conjuntos para el tratamiento de los siguientes temas relacionados a la Numeración y la Identificación en las redes de Telecomunicaciones, específicamente la Internet:

- Temas de ccTLD (country code Top Level Domain).
- Temas del dominio arpa.
- Temas de internacionalización del DNS.
- Desarrollo y administración de políticas mundiales de dirección para direcciones IP y atribución de números AS (Sistemas Autónomos, Autonomus System).

3. Integración de numeración e identificación E.164 E IPv6

En la figura 1 se indican las alternativas de integración analizadas a continuación. Estas alternativas no son excluyentes. Se pueden aplicar en forma conjunta o separada según sean los escenarios de arquitectura de redes planteadas. Dichas alternativas están influenciadas acorde a los análisis nacionales e internacionales de los organismos de estandarización y regulación de los servicios de Telecomunicaciones.

4. Teoría de número de escape en el formato E.164

A través de todo el análisis de marco teórico se pudo llegar a la conclusión de que la arquitectura UTRAN (Red de Acceso de Radio Terrestre UMTS, UMTS Terrestrial Radio Access Network) deberá basarse en IPv6. La misma recomendación es para NGN. Igualmente será necesario realizar un plan de migración de toda la base de IPv4 a IPv6 a nivel nacional dado el colapso definitivo de IPv4 en el 2010, aproximadamente. Igualmente, se ha observado que el proceso de NAT bloquea la entrada a nuevos servicios. De allí que la recomendación es darle congelamiento a IPv4, al igual que las inversiones en switches Clase 5, switches ATM, mux SDH. El modelo de red sobre el cual se trabajará es el indicado en la figura 2.

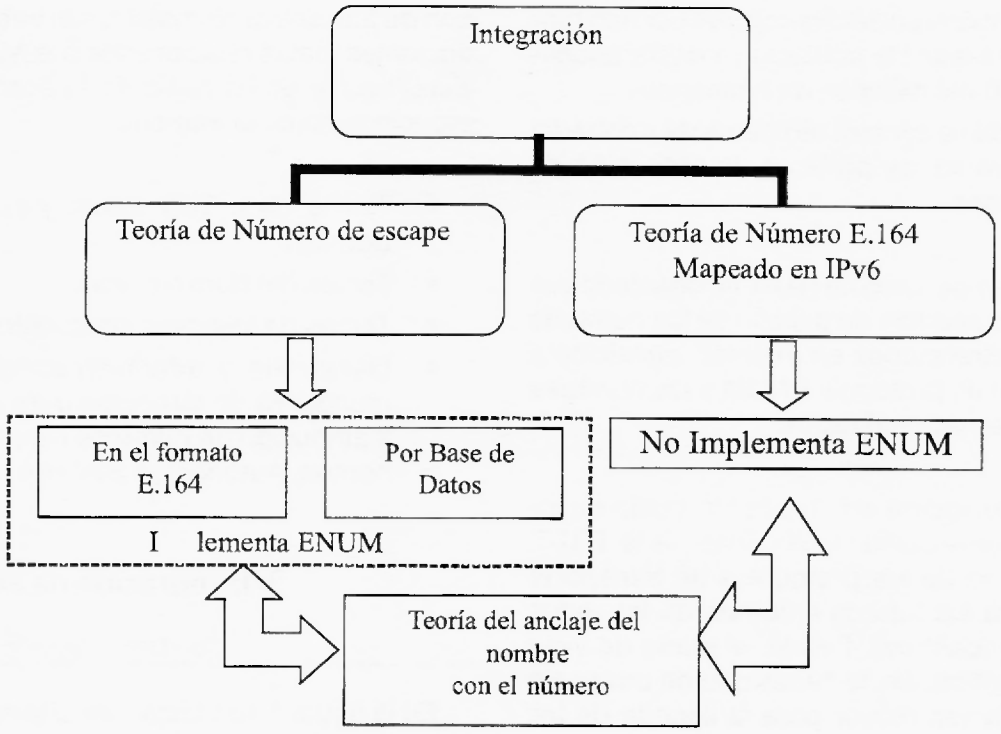


Figura 1. Alternativas de Integración de los planes de Numeración y Nombres en NGN

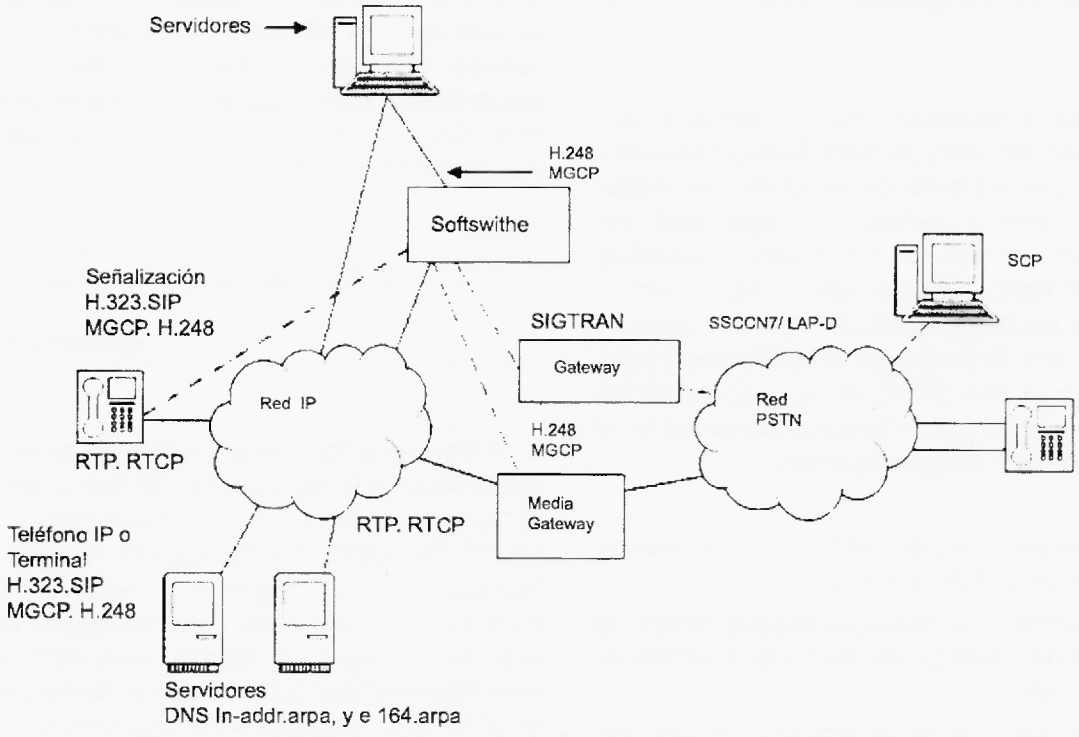
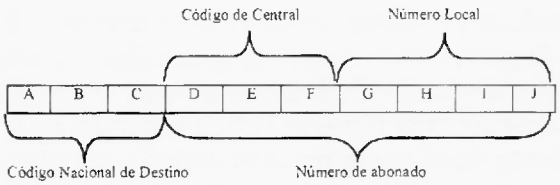


Figura 2. Modelo de Red sobre el que se plantean las alternativas

La numeración IPv6 hará "perforaciones" (túneles) a las

redes IPv4, cuando se requiera, a fin de facilitar la migración, aunque no se recomienda el proceso de túnel de IPv6 sobre IPv4.

El diagrama que se muestra en la figura 3, corresponde al formato E.164 utilizado en la República Bolivariana de Venezuela, el cual es la referencia para todo el fundamento a desarrollar en adelante.



A:	Indicativo de Servicio
BC:	Indicativo interurbano
A-BC:	Código Nacional de destino
DEF:	Código de Central
GHIJ:	Número local
DEF-GHIJ:	Número de abonado

Figura 3. Formato E.164 en Venezuela

4.1. Flujo PSTN-IP

El escape hacia el softswitche se realizará con A=3. Ello indicará que se está accediendo a un número telefónico conectado a la red IP nacional. Una situación de la numeración geográfica es que asume un solo operador. No hay diferenciación de quién ofrece el servicio. La diferenciación se puede hacer en la base de datos SCP (Punto de Control del Servicio en Redes Inteligentes).

Un cero antecede en el proceso de marcación a fin de que la central no se confunda con un código nacional que comience en 3. Para la realización de llamada desde la PSTN a la red IP se marcará siempre el cero. Luego el tres indicará que es ENUM. La red telefónica señalizará hacia el Softswitche (SS). El mismo realizará la conversión de señalización de SSCC7 (Sistema de Señalización por Canal Común Número 7) a SIP (Protocolo de Iniciación de Sesiones RFC 3261) y viceversa. El SS señalizará hacia el Media Gateway que permite la comunicación de voz entre la PSTN y la red IP (paquetes a circuitos y viceversa). EL SS interrogará al DNS invirtiendo el número E.164 y colocando el dominio e164.arpa. Este es el caso de base de datos centralizada.

La interrogación del SS al DNS e164.arpa es inversa. Es decir, la primera solicitud es un dominio, el cual se regresa al SS. Con el dominio, se activa la señalización que efectúa necesariamente una resolución de la dirección IP del dominio respectivo. Los códigos Nacionales deben tener una correspondencia en una base de datos local. De lo contrario se consulta al DNS de dominio in-addr.arpa, para que regrese el número.

Como la recomendación lleva implícito un anclaje al número IPv6, el SS consultará al DNS con la dirección IP del DNS ENUM del país respectivo. El número IPv6 geográfico estará relacionado con el plan E.164. De allí que el SS no necesite consultar una base de datos centralizada para el caso ENUM. En conclusión, el sistema de resolución devuelve al SS el nombre del usuario. Con este nombre se obtiene luego el número IP del cliente o usuario ENUM.

4.2. Flujo IP-PSTN

El cliente marcará un número E.164. Se notificará escape en la numeración utilizando A=3 en el formato E.164. Este escape indica al equipo Terminal que debe señalizar hacia el Softswitche. Antes de iniciar la comunicación al Softswitche (SS), el número se invierte y se coloca el dominio e164.arpa para consulta inversa, es decir, para obtener un nombre. Se obtiene el URI con la siguiente característica: tel: +xxxxxxxxxx. Un paso que se ha detectado como no necesario en ENUM es el retorno de un URI desde el DNS hacia el computador, dado que el URI contiene la siguiente estructura: tel:+ xxxxxxxxxx, donde xxxxxxxxxx es el número telefónico destino. Con este URI se obtiene la dirección IP que relaciona a E.164 con IP a través del DNS ENUM. El proceso de señalización SIP hará posible dicha traducción. El softswitche establece sesión con el respectivo Media Gateway. Es decir, para el mundo IP, la conversación se realizará entre el softswitche y el Media Gateway: el primero para señalizar y el segundo para el tráfico del servicio. En realidad el SS señaliza en SSCC7 hacia la PSTN y en SIP hacia la red IP, de tal forma que la información de

voz que viene de la red de paquete circule hacia la PSTN y viceversa a través del Media Gateway , y la señalización a través del SS.

El direccionamiento de consulta hacia un determinado DNS se hará según el código marcado. Es decir, las direcciones IP de los DNS de los países no tendrían, según esta recomendación, un proceso de centralización, sino que a través del código internacional habrá una relación directa para colocar la dirección IP destino del DNS.

Esta recomendación implica que el ITU-T podría analizar esta sugerencia y cambiar la teoría de DNS de dominio e164.arpa centralizado a una estructura descentralizada, dado que el número E.164 permite conocer el país en cuestión. Solo basta con relacionar una dirección IP con el código nacional.

A través del URI e164.arpa, se detecta que Media Gateway será utilizado en la comunicación, por el código de numeración, el cual aparece en el orden correcto. El símbolo (+) al inicio es una especie de código de escape. Cuando A no es igual a 3, el número telefónico está conectado la red IP. Por tanto el retorno de URI y la resolución de dicho nombre implicarán una señalización SIP con el SS y la comunicación directa a través de la red IP del tráfico del servicio respectivo.

4.3. Celular tercera generación a IPv6 FIJO

El MSCG (Compuerta de Centro de Conmutación Móvil, Mobile Switching Center Gateway) se comunica con la red IPv6. Dicha comunicación se efectúa a través de la señalización entre el el MSCG y el Softswitche. El mismo igualmente se comunica con el sistema de Media Gateways. Es necesario marcar: 0 3 BC+ número de abonado. Si la decisión es no utilizar un código de escape, la red de celular señalizará a través de la PSTN, antes de pasar por la red IPv6.

La forma de evitarlo es que la red de telefonía celular interrogue al SCP utilizado en telefonía fija. En general el procedimiento es igual a la comunicación fijo-fijo.

En la comunicación IPv6 fijo a celular, se resuelve un URI al celular, luego de la consulta inversa. Con dicho URI se realiza la señalización SIP con el SS. SIP obtiene la dirección IP relacionada al número E.164 y el SS orienta la señalización al respectivo Media Gateway conectado al MSCG.

4.5. Celular cuarta generación a IPv6 FIJO

Cada equipo tiene una dirección IP fija (cada interfaz a red, específicamente). En este caso se produce un mapeo directo de la dirección E.164 a la dirección IPv6. Adelante se explica el formato de dicha dirección IPv6. En este caso, la señalización puede ser directamente H.323 (estándar de la ITU-T para la video conferencia en redes conmutadas por paquetes, como las redes LAN e Internet) en vez de SIP. Aunque SIP está más difundido que H.323, por su versatilidad para el uso en aplicaciones.

4.6. Teoría del escape por base de datos

En esta opción, no se genera número alguno que diferencie entre los equipos terminales de una red o de otra. La diferenciación estaría en la base de datos de la Red Inteligente. Todos los números llamados serían consultados en SCP para determinar si es ENUM o no. Se requiere un ordenamiento mundial del dominio e164.arpa a fin de direccionar en forma sencilla y óptima los números de diferentes países.

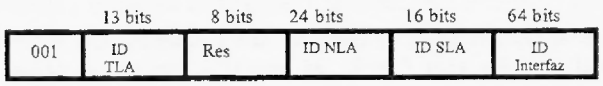
Si es ENUM, se hace el escape para señalizar a través de Softswitche. En esta alternativa no se utiliza código de escape en el formato E.164. Todos los números en la PSTN serán consultados en el SCP. La base de datos dirá quién es ENUM. Esta consulta sustituye la alteración de la numeración. Sin embargo tiene un costo: todos los números, así la comunicación se realice en la misma PSTN, deberán ir a un proceso de consulta. La ventaja es que no se diferencia a que red se está accediendo. Desde el punto de vista de IP, la conexión telefónica se puede realizar marcando directamente el URI. Igualmente se puede marcar el número sin código de escape. Una señalización del tipo Q.930,Q.931,Q.932 y Q.933 proveniente del Gateway indicará al SCP que

el recurso debe ser ubicado en la PSTN y no en una búsqueda de Gateway.

5. Teoría de número E.164 mapeado en el formato IPv6

Esta teoría implica un anclaje entre los mundos E.164 e IP sin necesidad de ir a un mapa en Base de Datos. En este caso, cuando se marque un número E.164, se obtiene el número IP mediante una operación de mapeado. Cuando la comunicación es desde la Red IP a una PSTN, se obtiene un URI que permite señalizar en MEGACO (Protocolo de Control de Media Gateway, Media-Gateway Controller Protocol) hacia el SS. Sin embargo, el URI es para obtener una dirección IP. La misma estaría disponible. La comunicación utilizando un URI directamente, requiere la obtención a través de MEGACO o SIP de los números IP.

A continuación se especifica la recomendación a la numeración IPv6 en la República Bolivariana de Venezuela, utilizada por NIC.ve. La figura 4 corresponde al formato utilizado.



Campo	Descripción
PF (3 bits)	Prefijo de formato (Valor 001)
ID TLA (13 bits)	Identificador de agregación de nivel superior
Res (8 bits)	Reservado para usos futuros
ID NLA (24 bits)	Identificador de agregación de siguiente nivel
ID SLA	Identificador de agregación de nivel del sitio
ID Interfaz (64 bits)	Identificador de la interfaz

Figura 4. Formato de una dirección IP unicast y descripción de campos de una dirección IPv6 unicast. Fuente: Informe del CNTI Políticas IPv6, año 2006.

El informe del CNTI (Centro Nacional de Tecnologías de Información, ente adscrito al Ministerio del Poder Popular para las Telecomunicaciones y la Informática) expresa que el bloque /48 con NLA1 00000000000 (NLA 0x0000), será asignado a la red interna del CNTI. Los métodos para la distribución de direcciones en la red de área local del CNTI, están fuera del alcance de este documento.

Ver en tabla 1, la información base para realizar la distribución.

Tabla 1. Codificación formato IPv6

Prefijo de Tipo	Tipo	Fracción
0000 0000	Reservado	1/256
0000 0001	Reservado	1/256
0000 001	Punto de acceso a red	1/128
0000 010	IPX (Novell)	1/128
0000 011	Reservado	1/128
0000 100	Reservado	1/128
0000 101	Reservado	1/128
0000 110	Reservado	1/128
0000 111	Reservado	1/128
0001	Reservado	1/16
001	Reservado	1/8
010	Dirección unidestino basada en proveedor	1/8
011	Reservado	1/8
100	Dirección unidestino geográfica	1/8
101	Reservado	1/8
110	Reservado	1/8
1110	Reservado	1/16
1111 0	Reservado	1/32
1111 10	Reservado	1/64
1111 110	Reservado	1/128
1111 1110 0	Reservado	1/512
1111 1110 10	Dirección local enlace	1/1024
1111 1110 11	Dirección local enlace	1/1024
1111 1111	Dirección multienvío	1/256

La estructura numérica asignada por NIC.ve orienta la distribución IP a sistemas nodales. Es decir, la agregación diferencia la ubicación de redes con un sistema de agregación que identifica al nodo.

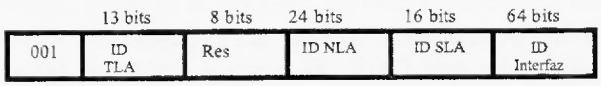
Si los números se distribuyen por bloques a los usuarios, el poder de agregación en el país se reduce, presentándose el mismo problema que IPv4. Así tal cual como el CNTI ha realizado una distribución nodal, lo cual beneficia el resumen de tablas IP, es posible crear un formato para el uso de los direccionamientos IP geográficos.

el recurso debe ser ubicado en la PSTN y no en una búsqueda de Gateway.

5. Teoría de número E.164 mapeado en el formato IPv6

Esta teoría implica un anclaje entre los mundos E.164 e IP sin necesidad de ir a un mapa en Base de Datos. En este caso, cuando se marque un número E.164, se obtiene el número IP mediante una operación de mapeado. Cuando la comunicación es desde la Red IP a una PSTN, se obtiene un URI que permite señalizar en MEGACO (Protocolo de Control de Media Gateway, Media-Gateway Controller Protocol) hacia el SS. Sin embargo, el URI es para obtener una dirección IP. La misma estaría disponible. La comunicación utilizando un URI directamente, requiere la obtención a través de MEGACO o SIP de los números IP.

A continuación se especifica la recomendación a la numeración IPv6 en la República Bolivariana de Venezuela, utilizada por NIC.ve. La figura 4 corresponde al formato utilizado.



Campo	Descripción
PF (3 bits)	Prefijo de formato (Valor 001)
ID TLA (13 bits)	Identificador de agregación de nivel superior
Res (8 bits)	Reservado para usos futuros
ID NLA (24 bits)	Identificador de agregación de siguiente nivel
ID SLA	Identificador de agregación de nivel del sitio
ID Interfaz (64 bits)	Identificador de la interfaz

Figura 4. Formato de una dirección IP unicast y descripción de campos de una dirección IPv6 unicast. Fuente: Informe del CNTI Políticas IPv6, año 2006.

El informe del CNTI (Centro Nacional de Tecnologías de Información, ente adscrito al Ministerio del Poder Popular para las Telecomunicaciones y la Informática) expresa que el bloque /48 con NLA1 00000000000 (NLA 0x0000), será asignado a la red interna del CNTI. Los métodos para la distribución de direcciones en la red de área local del CNTI, están fuera del alcance de este documento.

Ver en tabla 1, la información base para realizar la distribución.

Tabla 1. Codificación formato IPv6

Prefijo de Tipo	Tipo	Fracción
0000 0000	Reservado	1/256
0000 0001	Reservado	1/256
0000 001	Punto de acceso a red	1/128
0000 010	IPX (Novell)	1/128
0000 011	Reservado	1/128
0000 100	Reservado	1/128
0000 101	Reservado	1/128
0000 110	Reservado	1/128
0000 111	Reservado	1/128
0001	Reservado	1/16
001	Reservado	1/8
010	Dirección unidestino basada en proveedor	1/8
011	Reservado	1/8
100	Dirección unidestino geográfica	1/8
101	Reservado	1/8
110	Reservado	1/8
1110	Reservado	1/16
1111 0	Reservado	1/32
1111 10	Reservado	1/64
1111 110	Reservado	1/128
1111 1110 0	Reservado	1/512
1111 1110 10	Dirección local enlace	1/1024
1111 1110 11	Dirección local enlace	1/1024
1111 1111	Dirección multienvío	1/256

La estructura numérica asignada por NIC.ve orienta la distribución IP a sistemas nodales. Es decir, la agregación diferencia la ubicación de redes con un sistema de agregación que identifica al nodo.

Si los números se distribuyen por bloques a los usuarios, el poder de agregación en el país se reduce, presentándose el mismo problema que IPv4. Así tal cual como el CNTI ha realizado una distribución nodal, lo cual beneficia el resumen de tablas IP, es posible crear un formato para el uso de los direccionamientos IP geográficos.

estructuras de DNS para la nueva numeración la respectiva dirección IP del cliente. En este caso, el nombre será utilizado por SIP para señalizar, al igual que la Dirección IP. El campo marcado como **Tipo**, diferenciará el tipo de comunicaciones, ejemplo: VoIP, IPTV y otros. El campo x.y.z definirá el tipo de organización, por ejemplo: .gob y otros.

La estructuración de las redes, sobre todo a nivel latinoamericano en Puntos de acceso para los NIC de cada país, permitirá establecer sistemas de enrutamiento para acceder directamente los DNS referidos a las comunicaciones telefónicas entre PSTN y la red IP de todos los países. Pero es necesario para ello la implementación de IPv6. Esto debe ser un esfuerzo conjunto.

En función de la continuidad del espíritu de integración no es conveniente ir en una línea diferente a lo planteado por el ITU-T. Lo recomendable es elevar la idea, a través de los órganos respectivos al ITU-T y someter el punto a debate. Inclusive es recomendable el debate interno. Se consideran instituciones claves en el debate: Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología, Ministerio del Poder Popular para las Telecomunicaciones y la Informática, Ministerio del Poder Popular para la Defensa.

Estas ideas para integrar los planes de numeración y a la vez regular una parte del espacio de las direcciones IP permitirán un uso eficiente del recurso limitado, a la vez que optimizar otros aspectos de la arquitectura de la Red. En lo que respecta a la República Bolivariana de Venezuela, es necesaria una re-estructuración de las funciones de NIC. VE, del CNTI y CONATEL con la finalidad de poder regular esta área en forma conjunta.

Hoy está totalmente separado, por supuesto por el origen histórico de estas organizaciones, muy relacionadas a la separación de tecnologías. Así mismo existe una separación en los protocolos de comunicaciones y los esquemas utilizados para establecer circuitos, que ha llevado a modelos de redes costosas de mantener, como se ha mencionado anteriormente.

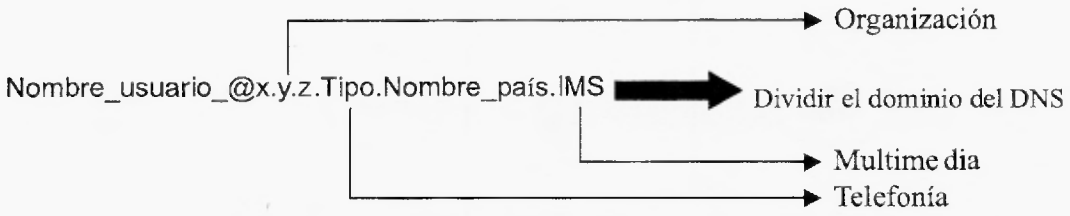


Figura 6. Nueva estructura de Nombre de Dominio propuesta para la integración en NGN

7. Solución al problema de la movilidad y la portabilidad numérica

El problema de la movilidad y la portabilidad en la propuesta realizada se puede implementar en forma sencilla aplicando un plan de numeración mundial. Este plan es el único mecanismo para avanzar hacia una descentralización de las Bases de Datos de Números y de Nombres.

Como se mencionó anteriormente la movilidad en telefonía GSM se soluciona a través de técnicas de consulta e intercambio de información entre el equipo Terminal, el VLR y el HLR. En este caso, HLR es el gran pivote, cuya base de datos es nutrida por el VLR. Estos últimos están dispersos por las diferentes celdas y mantienen comunicación con los equipos terminales. El sistema de VLR lo va registrando en la medida que el equipo se mueve. El VLR comunica al HLR la ruta completa para ubicar un determinado dispositivo, cuando HLR lo solicita. En IPv4 se actúa en función de un agente local y uno

remoto. Cuando el equipo se mueve, los paquetes son re-enrutados al punto donde se encuentra el equipo, dado que el sistema de origen conoce la situación. Sin embargo, este esquema orienta a una comunicación hacia el sitio donde se encuentra el agente local.

La propuesta en IPv6, la cual se utilizaría en UMTS, sería encapsular las direcciones originales origen destino y colocar las nuevas en el plano comunicacional. Estas direcciones reales en donde se encuentran los sistemas serían dadas por una base de datos igual al HLR.

Los equipos terminales, con el respectivo cambio de software en el protocolo de comunicaciones, se encargarán de des-encapsular la dirección única origen-destino IP originales.

En cuanto a la portabilidad, se han definido esquemas de redes donantes, receptoras y originadoras de la llamada. La portabilidad difiere de la movilidad dado que el número debe estar relacionado en la base de datos del nuevo operador como cliente de su red. Es necesario que exista una base de datos que lo indique. Esta relación aparece en la Base de Datos de Números Portados.

En este sentido, tanto en la red PSTN como en la UMTS se recomienda ir a un esquema de enrutamiento directo. Es decir, una vez que el operador, a donde se va a realizar el cambio, es informado referente a la portabilidad, el equipo es identificado a través de un número único de hardware. Se suministra la dirección de ubicación y se realiza el enrutamiento directo, sin pasar por la red donante. Este esquema se conoce en inglés como "All Call Query". Existen cuatro procedimientos: Onward Routing , Call Drop-Back, Query on Release y All Call Query (OR, CDB, QoR, ACQ). El primero siempre enruta a través de la red donante. CDB consulta a través de la red donante y enruta directo a la receptora, QoR realiza llamada a red donante y se le informa que el número ha sido portado. Luego consulta la BDNP (Base de Datos de Números Portados) directamente y enruta directo a la Red Receptora. El último método va directamente a consultar la Base de Datos.Todas las llamadas deben consultar la Base de Datos. En la figura 7 se observan los casos mencionados.

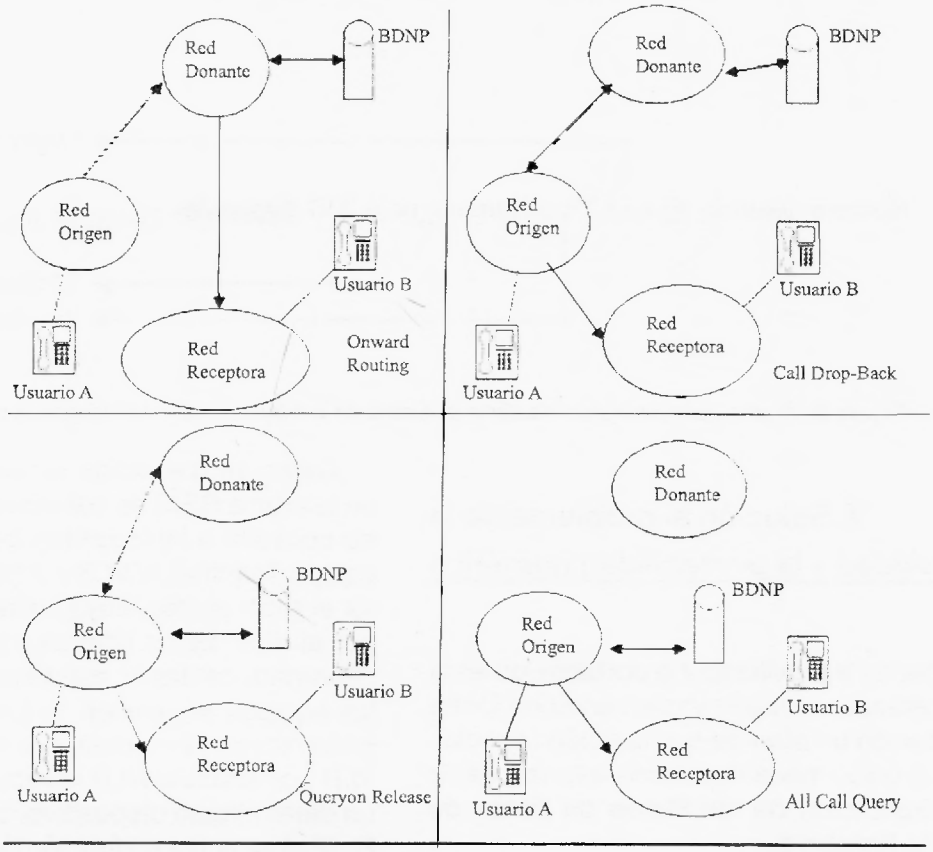


Figura 7. Alternativas de implementación de Portabilidad de Número

En la figura 8 se hace referencia a la arquitectura de red planteada con portabilidad de número, movilidad y Enum integrados. Así mismo, la Base de Datos tiene información referente al número donde está el cliente, bien sea por que hubo movilidad o porque hubo portabilidad. La base de datos contiene la información respectiva a la portabilidad e indicará si el número es ENUM o no. En este caso un vector de la Base de Datos BDNPEnum tendrá tres bits mediante la estructura indicada en la figura 9.

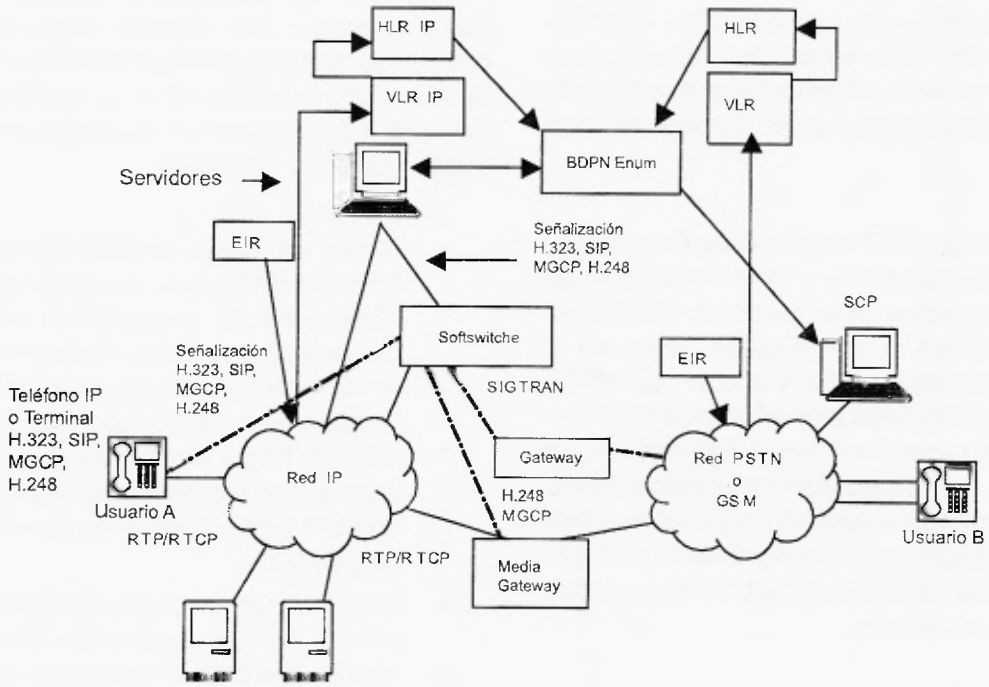


Figura 8. Arquitectura planteada con Portabilidad de Número, Movilidad y Enum integrados

B2	1	B0

B0= 1 si es Enum
B1= 1 Si equipo Terminal está fuera de origen
B2= 1 Número es portado.

Figura 9. Vector de estado en BDNPEnum

Las teorías anteriores de números encapsulados permitirán diferenciar los operadores y la nacionalidad del número. Así, se sabrá siempre a que Base de datos y DNS consultar a nivel mundial.

8. Impacto de la aplicación de las alternativas de integración de numeración e identificación

La creación de un nuevo formato en IPv6 y una nueva forma de distribución traerá un impacto en el volumen de tablas que manejan los nodos de enrutamiento. Igualmente se reducirán las tendencias a centralización de las bases de datos en el sistema de resolución de nombres. Los protocolos de comunicaciones se orientarán a una sencillez en el plano arquitectónico dado que el modelo utilizado por GPRS (Servicios de Radio Paquetes General, General Packet Radio Services) y UMTS implican una doble pila de protocolos IP, para la numeración. Ello se debe a la separación de los planos. Al estructurar un plan de numeración IP, el backbone IP de la telefonía celular no debería estar separado de la numeración que utiliza el cliente.

Por otro lado, el protocolo DNS no realizaría todas las consultas a un sistema DNS centralizado, sino que habría un proceso de descentralización: el nombre de alguna manera estaría relacionado a una estructura numérica.

A la vez, la constitución de etiquetas para los flujos de datos con diferentes QoS (Calidad de Servicio, Quality of Service) tendrán una reducción drástica en el sistema de tablas de los equipos nodales.

Una evolución de IPv6 en lo referente a la Numeración y la Identificación y la introducción de sistemas de red basados en etiquetas de flujo llevará a una disminución en la complejidad de la red al reducir las inversiones en ATM, y crecer con MPLS (Conmutación de Etiquetas para Múltiples Protocolos, Multi Protocol Label Switching). Esta tecnología de conmutación, unida a un plan novedoso en IPv6, bajo el concepto de estructuración regional-nacional y regional-latinoamericana, causará un efecto positivo en el manejo de los parámetros negociados con los usuarios o clientes.

9. Conclusiones

El sistema DNS actual presenta una tendencia a centralizar todas las consultas de resolución de nombres. Las contradicciones en los diversos encuentros referentes a las políticas del manejo de los recursos escasos, como la numeración IP han sido evidentes. Se pueden revisar las discusiones en el seno de la ICANN y la ITU al respecto.

Mientras, a pesar de que existe una planificación en el sistema de distribución de nombres, la misma no contempla un cambio en la forma como se establecen las comunicaciones. Por otro lado, los planos de control y de envío y las estructuras de protocolos de los sistemas de tercera y cuarta generación presentan un sobre-encapsulamiento de capas.

La propuesta de generar un Plan Integral Nacional de los sistemas de Numeración e Identificación, tendrán alto impacto en la arquitectura de la red, dado que ataca varios aspectos principales:

- Como descentralizar el sistema de resolución de nombres.
- Como integrar los planes de numeración IP, E.164 y el sistema de nombres.

Después de todos estos análisis se realizaron dos propuestas para integrar los planes de numeración y causar un impacto positivo en los planos de numeración, señalización y enrutamiento de la red nacional. Las dos propuestas estuvieron orientadas a las siguientes vertientes:

- Crear un nuevo servicio en la numeración E.164, identificando el tipo de servicio con el número tres (3) o realizando la identificación de escape en la base de datos del SCP. Este sería el código de escape a ENUM. Con ello, se aplicarían todos los protocolos de señalización hacia los sistemas de Softswitche y gateway respectivos. La resolución de nombre y direcciones es el corazón de esta propuesta.
- Creación de un nuevo formato IPv6 en un nuevo bloque asignado. Esta propuesta orienta a la construcción del número en ambos sentidos de comunicación: de la PSTN a IP y viceversa.

En ambas propuestas es necesaria la obtención de URI. Ello implica una consulta a DNS. Para orientar a un proceso de descentralización del DNS, al menos en lo que respecta a las comunicaciones telefónicas, se recomendó la creación de un nuevo dominio de tercer nivel (colocando a .gob como el segundo nivel y .ve como el primer nivel. La raíz para estos casos no existe). Los centros de NAP (Puntos de Acceso a Red, Network Access Point) tendrían toda la información referente a los códigos de número IP de los servidores DNS ENUM (pero en este caso, a diferencia de lo que recomienda el ITU-T, es un DNS de entrada por país), los cuales tienen una identificación IP única en el mundo.

En la misma forma se llegó a una conclusión referente a la movilidad y la portabilidad: es necesario que el esquema planteado en UMTS, al utilizar las direcciones IPv6 utilice el esquema empleado en GSM mediante la implementación del concepto de HLR y VLR a nivel de IP. Ello resuelve el problema

de la movilidad, con el formato recomendado en cuanto a la telefonía mundial en este Trabajo.

En lo referente a la portabilidad se recomienda utilizar el esquema "All Call Query", aprovechando la consulta para responder lo referente a Enum y la movilidad. De esta manera la BDNPEnum tendría un vector con tres bits que indican marcas de Estado: hubo Movilidad, Número fue portado, número está en otra red (PSTN o IP). A continuación entrarían en acción los protocolos de señalización para resolver el problema de establecimiento de la comunicación. Como consecuencia se dispone de los números origen y destino reales.

En primera instancia, para poder avanzar en estas propuestas, se trabajará a nivel del NIC.ve, dado que a nivel de los acuerdos internacionales, las asignaciones las hace LACNIC, a través de las políticas de ICANN.

Por otro lado, dado que ICANN no ha asignado la raíz de ENUM a ITU-T, y dado que aún dando la raíz para ENUM, se trabajaría nuevamente en un concepto de centralización, se ha hecho la propuesta de re-estructuración del sistema de nombres con la creación de un dominio de primer nivel independiente de la raíz actual: Nombre@x.y.z.Tipo.País.IMS. Ello implicará un cambio en el protocolo DNS de tal forma que cuando detecte IMS, lea el segundo campo de código país y obtenga en forma directa la dirección del próximo DNS de país, en lugar de ir a consulta al predominio de raíz actual.

En vías de esa recomendación se mencionó que el logro de una nueva estructura en la numeración y el sistema de nombres está totalmente relacionado a la forma como actúan las organizaciones mundiales y nacionales en las competencias de los temas tratados.

Así, se ha recomendado la re-estructuración de NIC.ve y CONATEL en función de asumir una nueva concepción en el proceso de integración de los servicios, lo cual está relacionado con la elaboración de un Plan Nacional de Numeración e Identificación en la República Bolivariana de Venezuela. El término re-estructuración puede estar orientado inclusive a la elaboración de mesas de trabajo lideradas por CONATEL. Lo importante es que parte del recurso de numeración IPv6, del bloque asignado a la República, está administrado por NIC.ve. El formato de numeración debe permitir la comunicación inclusive con otras extensiones de dominio diferentes al .ve. Este sería otro punto de investigación no alcanzado en el presente documento.

La base legal a estas recomendaciones está sustentada a través de un análisis de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (Gaceta Oficial N° 36.970, del 12 de Junio de 2000) y la Resolución del Plan Nacional de Numeración y Radiocomunicaciones Terrestres (Gaceta Oficial N° 37.193 del 09 de mayo de 2001).

A través de la propuestas realizadas se introduce una innovación tecnológica en la manera como se traducen los números de un formato a otro: de la forma centralizada de hoy a una descentralizada con libertad de consulta a cualquier sitio, incluida en el esquema ENUM descentralizado, dado que el concepto actual del ITU-T es ENUM centralizado. Igualmente, se orienta a un nuevo esbozo de la estructura de IPv6, mediante el encapsulado de E.164 en el formato.

Como consecuencia, los protocolos de comunicación reducirán la complejidad en lo que respecta al sobre encapsulamiento y número de consultas realizadas para buscar una dirección o un nombre.

La recomendación se ha centrado en abarcar un cambio para realizar comunicaciones en ambos sentidos entre la red Telefónica Pública Conmutada y la red basada en IPv6. En la evolución, IPv6 podría "perforar" la red IPv4 con túneles, pero no tendría sentido: es necesario construir una red que maneje QoS en forma eficiente. IPv4, por las limitaciones que empiezan a surgir presenta grandes dificultades. De allí la orientación a acelerar el cambio a IPv6 y construir una red fortalecida basada en ASON (Red Óptica Conmutada Automática, Automatic Switched Optical Network) que soporte la Diferenciación de Servicios (DifServ). Todo un reto para la re-estructuración de los Planes Básicos de Numeración e Identificación en la Red de Transmisión de Datos de la República Bolivariana de Venezuela.

En este orden de ideas, se recomienda la continuación de los análisis en diversas mesas de trabajo donde participe el gobierno, a través del Ministerio del Poder Popular para las Telecomunicaciones y la Informática de Venezuela, la industria privada, las universidades y centros científicos, los operadores de servicio, los ciudadanos y comunidades organizadas a fin de analizar el impacto de la aplicación de los formatos planteados de Numeración e Identificación en la Red, a nivel nacional y latinoamericano. Allí se abordarían y ampliarían los estudios a otros temas relacionados como la privacidad, la seguridad, la soberanía y la integración regional de la nación y de Latinoamérica, a través de una Red con mayor eficiencia y calidad.

10. Glosario de términos

ASON: Automatic Switched Optical Network

ATM: Modo de Transferencia Asíncrono. synchronous Transfer Mode

BDNP: Base de Datos de Números Portados

BDNPEnum:Base de Datos de Números Portados Enum

CMSI: Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información

CNTI: Centro Nacional de Tecnologías de Información

CONATEL:Comisión Nacional de Telecomunicaciones

DNS: Sistema de Nombres de Dominio. Domain Name System

EIR: Registro de Identidad de Equipos. Equipment Identity Register

ENUM: Mapa de Numeración Telefónica, tElectronic NUmber Mapping, RFC 2916

GATEWAY:Compuerta

GMPLS: Conmutación por Etiquetas Multiprotocolo Genérico. Generic Multiprotocol Label Switching.

GPRS: Servicio de Radio Paquete General. General Packet Radio Services

GSM: Sistema de Comunicación Móvil Global. Global System for Mobile Comunications

gTLD : Dominio de Nivel Tope genérico. Generic Top Level Domain

H.323: Estándar de la ITU-T para la video conferencia en redes conmutadas por paquetes, como las redes LAN e Internet.

HA: Agente Local. Home Agent

HLR: Registro de Localización Local. Home Location Register

H-MSC: MSC con el HLR

ICANN: Corporación para Asignación de Nombres y Números de Internet Internet Corporation Assigned of Names and Numbers

MAC: Control de Acceso al Medio

IETF: Grupo de Ingeniería de Internet. Internet Engineering Task Force

IMS: Internet Multimedia System

IP: Protocolo de Internet. Internet Protocol

ITU-T: Unión Internacional de Telecomunicaciones del TSB. International Telecomunication Union TSB

LACNIC:Latinoamerican and Caribean Network Identifier Center

LOTEL: Ley Orgánica de Telecomunicaciones.

MEGACO:Protocolo de Control de Media Gateway, Media-Gateway Controller Protocol, desarrollado por ITU-T e IETF.

MGCP: Media Gateway Controller

MMS: Servicio de Mensaje Multimedia. Multimedia Message Service

MPLS: Conmutación por Etiqueta Multi-Protocolo. Multiprotocol Label Switching

MSC: Mobil Switching Center. Centro de Conmutación Móvil.

MSCG: Compuerta de Centro de Conmutación Móvil, Mobile Switching Center Gateway

NAT: Network Address Translator.

NAP: Puntos de Acceso a Red, Network Access Point.

NIC.VE: Centro de Información de la Red de Venezuela. Network Information Center de Venezuela

NGN: Redes de Nueva Generación. Next Generation Network.

NLA: Próximo Nivel de Agregación. Next Level Agregators

NSAP: Punto de Acceso a Servicio de Red. Network Service Access Point

OSC: Capacidad de Servicio Abierto. Open Service Capability

OSPF: Primero el Camino Abierto más Corto. Open Shortest Path First

PABX: Central Telefónica Privada. Private Exchange

PDH: Jerarquía Digital Plesiócrona. Plesiochronous Digital Hierarchy

Q.930: Principios generales de señalización usuario-red.

Q.931: Mensajes usuario-red para el control de llamada básica.

Q.932: Mensajes para servicios complementarios.

Q.933: Señalización para servicios en modo trama.

QoS: Calidad de Servicio, Quality of Service

PSTN Red de Telefonía Pública Conmutada. Public Switched Telephone Network

SCP: Punto de Control del Servicio. Service Control Point

SDH: Jerarquía Digital Sincrónica. Synchronous Digital Hierarchy

SIP: Protocolo de Iniciación de Sesiones. Session Initiation Protocol. RFC 3261.

SLA: Nivel de Agregación de Sitio. Site Level Aggregators

SMS: Servicio de Mensaje Multimedia. Multimedia Message Service

SSCC7: Sistema de Señalización por Canal Común Número Siete. Signaling System for Common Chanel Number Seven

SSP: Punto de Conmutación del Servicio. Service Switching Point

STP: Punto de Transferencia de Señalización. Signaling Transfer Point

TLA: Nivel de Agregación Tope. Top Level Agregators

TSB: Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones. Telecomunication Standardization Bureau

TSON: División de Servicios de Telecomunicaciones, Explotación y Numeración

UIT/ITU Unión Internacional de Telecomunicaciones (International Telecommunication Union)

UMTS: Sistema de Telecomunicaciones Movil Universal. Universal Mobil Telecomunications System

URI: Identificador de Recurso Uniforme. Uniform Resource Identifier

UTRAN: Red de Acceso de Radio Terrestre UMTS, UMTS Terrestrial Radio Access Network

11. Referencias

[1] link&european comision and the ec ipv6. cluster (2005).IPv6 Cluster IPv6 and Broadband.

[2] Claude Doom (2000). IP Version 6. The new Internet Protocol. Computer Sciences Corporation.

[3] conatel. (2001). Resolución contentiva del Plan Nacional de Numeración para telefonía y Radiocomunicaciones Móviles terrestres. Gaceta Oficial N° 37.193 del 9 de Mayo de 2001.

[4] conatel (2000). Ley Orgánica de Telecomunicaciones. Gaceta Oficial N° 36.970 del 12 de Junio de 2000.

[5] ERICSSON (1999). La Evolución de la Red. Revista Review N° 1.

[6] ericsson (2004). The Public Ethernet-The next-generation broadband access network. Revista Review N° 1.

[7] ericsson (2005). EDGE, Introduction of high-speed data in GSM/GPRS networks. Revista Review N° 1.

[8] esmael d., a. kurochkin, s. kettani (2002). UMTS Interface System Planning and Optimization. Artículo.

[9] garcía y.a. (2005). Redes MPLS y GMPLS. Servicios y aplicaciones. Unitronics Comunicaciones SA. Artículo.

[10] gary k., m. southwick (2001). RDSI. Conceptos, Funcionalidad y Servicios. McGraw Hill Generation Network. Reproduced by permission of Frost&Sullivan- compliments of Sun Microsystems and Nortel Networks.

[11] LACNIC (2008). Registro de direcciones de internet para america latina y el caribe. Recuperado el día 17, Abril año 2008 en http://lacnic.net/sp/registro/ipv6.html

[12] LACNIC (2006). Indices de templates. Recuperado el dia 17 de Abril, año 2008 en http://lacnic.net/templates/ipv6-template-sp.txt .

[13] Gonzalez,M.M.,(2003). Análisis del nuevo plan de nombres de dominio bajo el código de país correspondiente a España (.ES). Recuperado el día 17 de Abril año 2008 en http://www.dominiuris.com/boletines/doctrinal/maria.htm

[14] Domisfera. (2008). Análisis de estadísticas de dominio de américa latina. Recuperado el día 17 de Abril, año 2008 en http://www.domisfera.com/tema/estadísticas.

[15] UIT-T. Sector de Normalizaciòn de Telecomunicaciones. (2004). Asamblea Mundial de Normalizaciòn de las telecomunicaciones, 5-14 de octubre de 2004. resoluciòn 20- procedimientos para la atribución y gestión de los recursos de numeración, denominación, direccionamiento e identificación internacionales de telecomunicaciones. Recuperado el 17 de abril, año 2008 en http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/res/t-res-t.20-2004-msw-s.doc

[16] Itu-t. (2002). IP telephony.recuperado el día 17 de Abril, año 2008 en http://www.itu.int/osg/spu/ni/iptel

[17] LatinoamerICANN. (2008). Registro de Nombres de Dominio em Amèrica Latina. Estadìsticas al 29 de Febrero del 2008. Recuperado el dìa 17 de abril año 2008 em http://www.latinoamericann.org/

[18] Wikimedia foundation, INC. (2007). RIPE NCC. Recuperado el 17 de Abril, año 2008 en http://es.wikipedia.org/wiki/RIPE_NCC

[19] Wikimedia foundation, INC. (2007). lacnic. Recuperado el 17 de Abril, año 2008 en http://es.wikipedia.org/wiki/lacnic

[20] The ipv6 portal. (2008). IETF examine future of the Internet by going Ipv6 Native. Recuperado el 17 de Abril, año 2008 en http://www.ipv6tf.org/index.php?page=news/newsroom

[21] huidoboro m., d. r. martinez, (2003). Integración de Voz y Datos. McGraw Hill.

[22] huidoboro m. (2002). Comunicaciones Móviles. Thomson-Paraninfo.

[23] inside telecom. (2007). La idea fija quedó atrás, Tecnologías Inalámbricas serán piezas del Gobierno en CANTV. Revista N° 15. Artículo.

[24] Instituto de Investigaciones de la Comuni-cación, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela (2005). Dossier Especial. Anuario Inc. Investigación de la Comunicación.

[25] lacnic. (2002). Políticas de Administración de Recursos de Internet en el área de Latinoamérica y el Caribe. Documental.

[26] lacnic (2005). Estrategia IPv6 de LACNIC para la región. Documental.

[27] limongi o. (2004). Diseño de un Modelo Técnico de Portabilidad Numérica con cambio de ubicación física en una misma localidad para las redes de telefonía fija local de Venezuela. Tésis de Grado Universidad Central de Venezuela. Escuela de Ingeniería Eléctrica.

[28] Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología de la República Bolivariana de Venezuela (2005). Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Construyendo un futuro sustentable. Venezuela 2005-2030. FS Imagen y Comunicación, Servi-K C.A.

[29] Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología de la República Bolivariana de Venezuela (2006). Software Libre. Uso y Desarrollo en la Administración Pública Nacional. Serie Conocimiento para el desarrollo sustentable. Gráficas Franco C.A

[30] NIC.ve (2006) . Evolución del dominio .ve. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. SCT/S1/3 (2001). Los nuevos Dominios Genéricos de Nivel Superior.

[31] Ortiz M. A. (2003). Factibilidad Técnica para la implementación del servicio de portabilidad numérica en la red telefónica de CANTV Universidad Central de Venezuela. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Trabajo Especial de Grado.

[32] Peralta Higuera J.L. (2005). Regulación de voz por IP. Cartagena, Colombia. Artículo.

[33] Pete D. (2000). The Softswith: Driving a New Vision of Communication as the Central

Element in the -Next-Generation Network. Artículo.

[34] Planchart C. F. (2006). Tecnologías Emergentes y Política Pública Asociada a Internet. Políticas Públicas para el acceso, uso y desarrollo de la Internet en la República Bolivariana de Venezuela. Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología.

[35] Real M. L. (2007). NGN, Redes de Próxima Generación. Artículo.

[36] Sendín E. A. (2004). Fundamentos de los sistemas de Comunicaciones Móviles. McGraw Hill.

[37] Stallings W. (2004). Comunicaciones y redes de Computadores. Pearson educación.

[38] Stallings William (2002). Redes e Internet de Alta Velocidad. Rendimiento y Calidad de Servicio. Pearson Educación.

[39] Tanenbaum A. S. (2003). Redes de Computadores. Pearson educación.

[40] Telecom Venezuela (2006). Estrategia de Desarrollo de Proyectos. Presentación.

[41] Telecom Venezuela. (2006) Democratizar las Telecomunicaciones. Telépolis. Año 1 Número 1. Noviembre.

[42] U.I.T. (2002). Unión Internacional de Telecomunicaciones. El UIT-T y la Reforma de la ICANN. Artículo.

[43] U.I.T. (2002). Unión Internacional de Telecomunicaciones. Implementación mundial del ENUM: documento didáctico. Artículo.

[44] U.I.T. (2005). Unión Internacional de Telecomunicaciones Folleto de Visión General del UIT-T

[45] U.I.T. (2005). Unión Internacional de Telecomunicaciones . Documento Informativo de la UIT: Aspectos de Tecnología y Política en Redes IP.

[46] U.I.T. (2006). Unión Internacional de Telecomunicaciones. Concepto y Arquitectura de las redes NGN. Elementos de Red.

[47] U.I.T. (2006). Unión Internacional de Telecomunicaciones. La UIT y el desarrollo de Internet.

[48] U.I.T. (2006) Unión Internacional de Telecomunicaciones). Redes basadas en el Protocolo de Internet (IP).

[49] Universidad Nacional Autónoma de México. (1999). Fundamentos para los planes de marcación IP.

[50] Vivas C. (2004). Voz sobre IP. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia.

Element in the -Next-Generation Network. Artículo.

[34] Planchart C. F. (2006). Tecnologías Emergentes y Política Pública Asociada a Internet. Políticas Públicas para el acceso, uso y desarrollo de la Internet en la República Bolivariana de Venezuela. Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología.

[35] Real M. L. (2007). NGN, Redes de Próxima Generación. Artículo.

[36] Sendín E. A. (2004). Fundamentos de los sistemas de Comunicaciones Móviles. McGraw Hill.

[37] Stallings W. (2004). Comunicaciones y redes de Computadores. Pearson educación.

[38] Stallings William (2002). Redes e Internet de Alta Velocidad. Rendimiento y Calidad de Servicio. Pearson Educación.

[39] Tanenbaum A. S. (2003). Redes de Computadores. Pearson educación.

[40] Telecom Venezuela (2006). Estrategia de Desarrollo de Proyectos. Presentación.

[41] Telecom Venezuela. (2006) Democratizar las Telecomunicaciones. Telépolis. Año 1 Número 1. Noviembre.

[42] U.I.T. (2002). Unión Internacional de Telecomunicaciones. El UIT-T y la Reforma de la ICANN. Artículo.

[43] U.I.T. (2002). Unión Internacional de Telecomunicaciones. Implementación mundial del ENUM: documento didáctico. Artículo.

[44] U.I.T. (2005). Unión Internacional de Telecomunicaciones Folleto de Visión General del UIT-T

[45] U.I.T. (2005). Unión Internacional de Telecomunicaciones . Documento Informativo de la UIT: Aspectos de Tecnología y Política en Redes IP.

[46] U.I.T. (2006). Unión Internacional de Telecomunicaciones. Concepto y Arquitectura de las redes NGN. Elementos de Red.

[47] U.I.T. (2006). Unión Internacional de Telecomunicaciones. La UIT y el desarrollo de Internet.

[48] U.I.T. (2006) Unión Internacional de Telecomunicaciones). Redes basadas en el Protocolo de Internet (IP).

[49] Universidad Nacional Autónoma de México. (1999). Fundamentos para los planes de marcación IP.

[50] Vivas C. (2004). Voz sobre IP. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia.

CHANGES IN THE PERCEPTION OF SEISMIC HAZARD IN VENEZUELA

Abstract

This paper summarizes changes of the perception of seismic hazard of Venezuela since 1898. Previous to the 1967 Caracas earthquake, such perception was based on the identification of areas historically affected by past events. Along the last 40 years, seismic hazard is quantified by means of the probabilistic analysis of seismic-tectonic models; in this way, short time dependent actions as well as permanent ones are evaluated. With relation to site dependent effects, the use of time histories of accelerations and normalized response spectra has gained space thanks to progressive incorporation of engineers and researchers in this new discipline. This explains the enrichment of initiatives by Venezuelan authors from which only a small number is mentioned along the paper. Finally brief descriptions of applications are given in order to illustrate preventive measures related to safer earthquake engineering decisions, as well as seismic reliability analysis of systems. Updating of seismic design codes reveals to be paramount, particularly through new available seismic hazard evaluation results.

Seismic hazard; influence of soil conditions; earthquake engineering history; codes; Venezuela

1. Antecedentes y alcance

Como consecuencia del terremoto de 1812 se pide opinión a la Diputación de Cumaná sobre las medidas más convenientes para que las construcciones de la época pudieran resistir nuevos sismos. Estas, resumidas en el llamado 'Reglamento de Policía' destinado a la reconstrucción de viviendas, están entre los antecedentes más antiguos en Venezuela sobre medidas para mitigar la acción vibratoria del terreno. Fueron solicitadas a las autoridades de la región del país que se consideró más experimentada en la materia, lo cual es un reflejo de la percepción sobre la mayor peligrosidad sísmica del oriente del país que aún subsiste. También puede citarse el testimonio de observadores según los cuales, en sismos anteriores al siglo XX, ciertas áreas urbanizadas fueron más afectadas que otras como consecuencia de sismos destructores. En la (Nota 1) se citan los trabajos pioneros de Ernst con ocasión del terremoto que arruinó Cúa el año 1878.

Veinte años después, se publica en México en México el primer mapa de zonificación sísmica del territorio que hoy es Venezuela. Fue obra de un pionero de lo que en su época se denominaba la 'geografía sísmica', primeras consideraciones formales sobre la amenaza sísmica [50] (Figura 1). Ese mapa, desconocido en nuestro medio hasta fines del siglo XX, al igual que las observaciones de campo citadas más arriba, no alcanzaron a ser de utilidad práctica en nuestra Ingeniería Estructural.

En este trabajo se hace énfasis en las implicaciones que el Terremoto Cuatricentenario de Caracas (29 de julio de 1967) tuvo en la evaluación de la amenaza sísmica y sus aplicaciones; el mismo puede considerarse dividido en tres grandes partes: (a) contribuciones y Normas hasta 1967; (b) Normas COVENIN y especificaciones con fines de diseño sismorresistente hasta el presente; (c) aplicaciones para la reducción del riesgo sísmico, con énfasis en los estudios de sitio. La primera parte, Sección 2, facilita la comprensión de las dos siguientes.

2. Contribuciones y normas hasta 1967

2.1. Mapas de las Primeras Normas

En las décadas de los años 30 y 40 del siglo pasado se publican en Venezuela algunos trabajos dirigidos a mitigar los efectos vibratorios generados por los sismos; destaca entre ellos la tesis de Juan Francisco Stolk, en la cual se dan recomendaciones constructivas especialmente dirigidas hacia la mampostería reforzada, aún válidas [68]. Si tuvieron repercusión, fue de ámbito muy limitado; algo similar puede decirse sobre otras recomendaciones hechas públicas en el país a comienzos del siglo pasado (Nota 2).

En 1939, el Ministerio de Obras Públicas promulgó la primera Norma para el Diseño de Estructuras [54]. En su Capitulo 2, Art. 7, N° 31, se establece lo

siguiente: "Es necesario estudiar la estabilidad de las edificaciones contra los movimientos sísmicos, debiéndose comprobar dicha estabilidad en aquellos edificios de más de tres pisos en todo el país y, en particular para las regiones montañosas de los Andes y la costa, se hará en todos los casos". Es decir, que: '...las regiones montañosas de los Andes y la costa' reflejan la percepción de una elevada amenaza sísmica en ese entonces.

Este documento fue sustancialmente ampliado y, por resolución N° 2 del Ministerio de Obras Públicas del 23 de agosto de 1947, se declara oficial con carácter de: "Normas para el Cálculo de Edificios" [47]; estas se promulgan por disposición de la Junta Revolucionaria de Gobierno, por ser: "... la práctica usual del Ministerio". En este documento se establece la acción de los movimientos sísmicos, con el mapa de zonificación sísmica del país que se reproduce en la Figura 2a. Destacan allí tres aspectos: (i) el mapa de zonación sísmica recién mencionado no refleja lo que ya se había publicado en el país sobre sismos históricos, especialmente el contenido de la obra de Centeno Graü, Estudios Sismológicos, editado en Caracas el año 1940; (ii) por vez primera se establecen coeficientes sísmicos de diseño función de las zonas sísmicas del mapa; los mayores en el oriente de país; (iii) se dan criterios para la repartición de las fuerzas cortantes actuantes en la base de edificaciones de más de un nivel (Nota 3).

Antes de referirnos a las Normas MOP en su versión de 1955, no puede omitirse un hecho que llama la atención. Es el aparente desconocimiento de la obra del Dr. Centeno Graü, quien fuera: destacado Ingeniero Civil, Decano de la Facultad de Ingeniería de la UCV, académico de renombre pues además de fundador de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales fue su presidente entre los años 1945 y 1947 (Nota 4).

A finales de los años 40, en otros países ya se manejaba un amplio bagaje de conocimientos sobre esta nueva disciplina; de ello ha quedado constancia en publicaciones norteamericanas y europeas que eran de aparición periódica. Entre los múltiples aportes que dejaron huella, se debe señalar aquí la síntesis de la experiencia japonesa hecha por Suyehiro, ingeniero japonés algo olvidado, en un ciclo de conferencias que dictó en California [70] y que sin duda tuvo repercusiones en el primer código sísmico de la ciudad de Los Ángeles en 1933 (Nota 5); la promulgación de este documento, probablemente fue precipitada por el sismo destructor del 10 de marzo de ese año en el área de Long Beach, cercana de Los Ángeles. Esa normativa, modificada en 1943, fue adoptada por el MOP en 1947. También deben señalarse las contribuciones de Westergaard [74], Biot [10], así como la de Housner [34], y tantas otras que sería largo enumerar. El resultado de estas contribuciones modificó la vieja percepción de la 'geografía sísmica', pues el problema de la amenaza sísmica, en adición a la identificación de zonas riesgosas, se centró en la forma de cuantificar sus acciones vibratorias con fines de ingeniería. Este nuevo enfoque, resultado de la necesidad de ingenieros proyectistas y constructores, fue sintetizado en un documento pionero en estos temas presentado por el Comité Conjunto SEAONC- ASCE; en él se incorpora por vez primera, los espectros de respuesta y fórmulas simplificadas para la estimación de períodos de vibración de edificaciones de cierta altura, proposición publicada en 1949 [62] (Nota 6).

Tal como se explica en la recién mencionada Nota 6, las ideas recién mencionadas fueron conocidas en Venezuela y no tuvieron acogida. Prueba de ello es que en 1955, el MOP modifica con pocos cambios la versión de la vieja Norma del año 1947 y se publica cuatro años después [48]. Las acciones sísmicas sufren modificaciones discretas y el mapa de zonación es actualizado (véase la Figura 2b); el mapa aprobado en 1955 amplía las áreas de mayor peligrosidad, como consecuencia de los efectos de sismos ocurridos en los Andes y El Tocuyo, y suprime las áreas de la frontera sur del país, erradamente supuestas como sísmicas en la versión anterior del mapa.

2.2. Inicio de la Sismología Instrumental en el País

A mediados de los años 50 el Dr. Günther Fiedler es invitado a incorporarse al observatorio Cajigal para hacerse cargo de la interpretación de los registros sismográficos; ya a partir de 1959, Fiedler da inicio a la publicación mensual de los Boletines del Cajigal los cuales aparecieron en for-

ma ininterrumpida hasta 1978. Por su formación e inquietudes, estudia las descripciones conocidas sobre los grandes sismos venezolanos [23] e inicia la elaboración de un mapa de zonación más realista que los anteriores del MOP. Intercambia información con geólogos y, en la versión del mapa que se hará pública poco después del sismo de 1967 (Figura 3), es fácil reconocer que en adición a lo que se sabía sobre la historia sísmica del país desde inicios del siglo XVI, Fiedler también tomó en consideración la información tectónica conocida en esa época, así como la interpretación hecha por él de los registros sismográficos de eventos sucedidos en territorio venezolano durante la década anterior; vistos los efectos constatados en diferentes áreas, urbanizadas o no, al tipo de subsuelo se le da cierta importancia.

De modo que este último mapa, incluido en la Norma Provisional del MOP [49], ya refleja un progreso con relación a todos los mapas que le preceden, pues en los anteriores la amenaza sísmica con fines de Ingeniería Estructural está exclusivamente sustentada por los efectos conocidos de sismos pasados; es decir, esos mapas debían ajustarse a los efectos de nuevos sismos, con lo cual perdían su carácter preventivo.

Debe destacarse aquí que dos años después del sismo de 1967 y por iniciativa de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, se publica la edición post mortem de Estudios Sismológicos del Dr. Melchor Centeno Graü; acompaña esta segunda edición, un nuevo mapa de zonación posiblemente inconcluso cuando llega el fin de sus días en octubre de 1949 (véase la Nota 4). En ese mapa, la región de Caracas ya estaba señalada como de máximo peligro, coincidente con el desconocido mapa de Montessus del año 1898 (Figura 1) y con el recién aprobado de Fiedler.

El sismo de 1967 despierta interés en el mundo académico. Además de los trabajos relacionados con los efectos en edificios de varios niveles de Caracas y Caraballeda, así como los efectos del subsuelo, se dan a conocer los resultados de estudios sobre aspectos de la amenaza sísmica en diferentes áreas del país: Sardi [61]; Fiedler [24] y [25]; Bergeret [9]; Lustgarten [43]. Son manifestaciones de una inquietud que se materializó con la creación de FUNVISIS en 1972.

2.3. Información Tectónica sobre la Región Centro-Norte del País

El interés por la tectónica de la región centro-norte del país es comprensible pues en ella se encuentra ubicada su capital. Entre los primeros estudios deben citarse los de los Geólogos Pedro I. Aguerrevere (1925) [2] y Santiago E. Aguerrevere (1932) [3]; años después se publica la muy completa interpretación sobre la neotectónica del norte de Venezuela [60].

En el órgano de divulgación de la Unión Americana de Geofísica, Journal of Geophysical Research, se publica en 1968 un vasto estudio ('a comprehensive study') sustentado por 155 contribuciones de especialistas en geología, tectónica, geofísica, sismología, gravimetría, batimetría y otras disciplinas, cuyo resultado final es el ensamblaje de la información sismológica y de tectónica activa conocida en ese momento. Ese trabajo [37], valida la teoría de la deriva de los continentes postulada por Alfred Wegener a inicios del siglo XX. Según ella, la región centro-norte de Venezuela es zona de interacción de dos placas tectónicas: la del Caribe, que se desplaza hacia el este, respecto a la de América del Sur que se traslada hacia el oeste.

Esto no hizo sino despertar el interés de geólogos y geofísicos, y poco después comienzan a publicarse trabajos relacionados al tema de la correlación sismo-tectónica entre los cuales es pionero el de Fiedler en 1970 [25]. Pocos años después destaca el valioso empeño del Dr. Carlos Schubert por una mejor comprensión de la tectónica del área; entre sus contribuciones se señalan [63], [64], [65], [66] y [67].

Con todo, el umbral de registro instrumental de sismos seguía siendo alto, razón por la cual durante años solo queda constancia de una fracción de los eventos sísmicos. En las Figuras 4a y 4b se compara la sismicidad del área en dos lapsos consecutivos: 1955-1982 y 1982-1996, respectivamente, cambio esencialmente atribuible a una mejor red de registro sismográfico en fechas más recientes. También se aprecia al comparar esas dos figuras una más completa información tectónica, en buena medida resultado de la compilación del geólogo Carlos Beltrán a escala 1:2.000.000 [28].

3. Normas covenin y especificaciones para el diseño sismorresistente

3.1. Antecedentes

No es el momento de una revisión sobre esta parte de nuestra historia reciente; en la Nota 7 se mencionan algunos de los trabajos que contribuyeron en la fase de preparación de las nuevas normas. Sí corresponde destacar aquí, por ser tema de esta reseña, que el primer mapa con fines de aplicación en proyectos de Ingeniería, con un sustento probabilista, puede considerarse resultado de tres acciones complementarias: (a) las iniciativas que surgieron en el Curso Multinacional de Postgrado a Nivel de Maestría en la UCV, iniciado en 1973 y que ha perdurado sin mayores interrupciones; (b) la síntesis sismo-tectónica del país organizada y explicada por el Profesor Virgil Winkler, en el curso pionero que sobre esa materia dictó desde 1973 en el seno de la Maestría recién mencionada, complementado por la inquietud de investigadores sobre la tectónica del país como Carlos Schubert, Alirio Bellizia, Günther Fiedler y otros; (c) los trabajos hechos en el seno de FUNVISIS por Jean Pierre Soulas, André Singer, Omar Pérez, Yash Aggarwal y otros.

El mapa resultante sustentado por el análisis de un 'modelo sismotectónico', si se quiere aún primitivo, arrojó curvas de isoaceleraciones máximas del terreno para períodos medios de retorno de 475 años (10% de excedencia en 50 años), siguiendo las pautas establecidas en el ATC-3, 1978.

3.2. La primera Norma COVENIN 1756

Es preciso señalar aquí, que esa cuantificación novedosa de la peligrosidad sísmica explicada en el párrafo anterior, se encontraba en cierta forma presionada por los resultados de la exhaustiva revisión que sobre los criterios de análisis y diseño sismorresistente fueron adelantados en norteamérica con posterioridad al terremoto destructor de San Fernando, Los Ángeles, en febrero de 1971. Para ello los profesionales de ese país fundaron el Applied Technology Council (ATC), cuerpo técnico del más alto nivel, aún en funciones, que elaboró el documento conocido como ATC-3 y cuya versión del año 1978 fue estudiada en nuestro medio. El formato y esquema final de la Norma COVENIN 1756, muy ceñido a esa 'mamá de Normas' como bautizáramos el ATC-3, solo se lograba, con todas las limitaciones del caso, con una cuantificación probabilista de la amenaza sísmica. La versión del mapa con fines de ingeniería, delimitó las zonas sísmicas ciñendo en lo posible, las curvas de isoaceleración a la división política del país (Figura 5).

La aplicación con fines de diseño de este mapa y algunas de sus limitaciones, se dan en el Comentario de la Norma COVENIN 1756 del año 1982, documento en el cual aparece por vez primera. Su validación aproximada con la historia sísmica conocida fue discutida en el III Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica (Caracas, 1981) y publicado como Nota Técnica por FUNVISIS años después [30].

Otros documentos y especificaciones con un sustento similar fueron aprobados por EDELCA [20], CADAFE [11], Metro de Caracas [45], La Electricidad de Caracas [20] y otros. Destaca entre estos el mapa elaborado en el IMME, UCV, para el diseño sismorresistente de puentes, en respuesta a la solicitud hecha por el Profesor William Lobo Quintero, ponente de la propuesta para una novedosa Norma sobre este tema [42] (Figura 6).

En 1991 la Industria Petrolera actualiza su Manual de Ingeniería de Diseño. Incorpora por vez primera especificaciones para el diseño y la evaluación sísmica de instalaciones de esa industria. En las especificaciones, las acciones sísmicas deben determinarse en función de las posibles consecuencias del malfuncionamiento de una determinada instalación; el riesgo aceptado viene definido por la probabilidad de excedencia de los movimientos del terreno durante la vida útil asignada a dicha instalación [55]. La variedad de riesgos, así como la extensión de áreas ya ocupadas por la industria y otras en proyecto, requirió presentar los resultados según un formato versátil, según el cual la probabilidad de excedencia en t años, ($P_{e,t}$), del movimiento máximo del terreno (a_o) quedó expresado como:

$$P_{e,t} = 1 - \exp\{- t\,(a_o/a^*)^{-\gamma}\} \qquad (1)$$

Donde a^* y γ son dos parámetros que caracterizan la amenaza sísmica en una localidad determinada.

Elaborados los mapas de iso-valores de a^* (gal) y γ (adimensional) para el país, mapas que acompañaron la correspondiente especificación JA-221, el valor de a_o se obtiene de la fórmula (1) como:

$$a_o = a^* \left\{ \frac{1}{t}\left[-Ln(1 - Pe,t) \right] \right\}^{-1/\gamma} \quad \text{(gal)} \qquad (1a)$$

donde los valores de a^* y γ son leídos en los mapas correspondientes.

3.3. Actualización del Mapa de Zonación

A inicios de los años 90 y por iniciativa del entonces presidente de FUNVISIS, Ing. Cesar Hernández A., se emprende la revisión de la Norma COVENIN 1756. Un conocimiento más amplio de la sismotectónica del país, así como información recabada sobre sismos que alcanzaron a generar algún tipo de daño (San Antonio del Táchira en octubre de 1981, Boca del Tocuyo en abril de 1989, Curarigua en agosto de 1991, Cariaco en julio de 1997) y una más amplia estadística de registros a nivel mundial, dieron pié a la actualización del mapa de zonificación sísmica de la citada Norma COVENIN; este se elaboró en 1998 y se incorporó sin cambios en la versión de la Norma vigente desde 2001 (Figura 7).

A diferencia de los primeros mapas de zonificación, los procedimientos empleados en la cuantificación de la amenaza sísmica a largo de los últimos 25 años, ha traído como resultado que extensas áreas del país en las cuales se exigen acciones sísmicas de diseño relativamente severas, por razones de ausencia de registro escrito, no cuentan con evidencias históricas sobre afectación por sismos. Tal es el caso por ejemplo, del área de Jose (Hose) ubicada en la costa norte del estado Anzoátegui; aún cuando no se tiene conocimiento de sismos que hayan afectado esa área costera, que aisladamente justifiquen ese pronóstico, la existencia de fallas geológicas reconocidamente activas en su entorno conduce a acciones preventivas equivalentes a las de la región de Caracas. Los criterios de diseño establecidos 15 años atrás no han sido puestos a prueba; no obstante, se considera que esas medidas preventivas aseguran una adecuada confiabilidad en el desempeño de estructuras y condiciones de operación, de costosas inversiones hechas en esa región de Venezuela.

En la Tabla 1 se comparan algunos de los valores obtenidos con sustento probabilista entre 1982 y 2001.

TABLA 1
ALGUNOS DE LOS DOCUMENTOS EN LOS CUALES SE ESTABLECE LA PELIGROSIDAD SÍSMICA DEL PAÍS CON SUSTENTO PROBABILISTA

DOCUMENTO (Año de aprobación)	RIESGO BASE DE a_o (1)	FACTORES DE IMPORTANCIA α	NÚMERO DE ZONAS (2)	COMENTARIOS
COVENIN 1756 (1982)	475	1.0; 1.25	4	Máximo valor de a_o = 0.3g
EDELCA (1984)	~1.300	1.0	3	Máximos valor de a_o = 0.5g
CADAFE (1985)	~1.300	1.0	3	Máximo valor de a_o = 0.5g
PUENTES (1987)	650	1.0; 1.25	4	Máximo valor de a_o = 0.4g
JA-221 (1991)	Variable	--	--	Función del Riesgo Adoptado
COVENIN 1756 (1998 = 2001)	475	1.0; 1.15; 1.30	7	Máximo valor de a_o = 0.4g

(1) Periodo medio de retorno en años, para α = 1.0; (2) Excluida la Zona 0

4. Estudios de sitio y aplicaciones para la reducción del riesgo sísmico

4.1. General

Los mapas de zonificación deben entenderse como una generalización de la amenaza sísmica. En las versiones que empleamos actualmente, las áreas de mayor peligrosidad incluyen fuentes sismogénicas en las cuales predominan eventos con hipocentros someros, sin que esto sea indicado de manera explícita. Por tanto una cuantificación más realista debería incorporar la ubicación y actividad esperada de tales fuentes, por ejemplo en la forma establecida en la última versión del UBC [36].

El empleo de mapas generalizados como los recién mencionados, puede no ser adecuada en casos particulares que requieran minimizar los riesgos de excedencia ó en los cuales sea necesario que los análisis se hagan en el dominio del tiempo. Se justifican allí los llamados *Estudios de Sitio* que cuantifican: (i) la contribución explícita de las fuentes sismogénicas, cercanas o distantes, para niveles de excedencia de los movimientos máximos del terreno preestablecidos; (ii) las características de las historias de aceleración, que faciliten la generación o selección de acelerogramas representativos de los movimientos esperados; (iii) otras acciones sísmicas, temporales o permanente, a considerar en el proyecto.

4.2. La Influencia del Subsuelo

De acuerdo con las Normas vigentes, la acción sísmica a ser empleada es el resultado de multiplicar las ordenadas de espectros medios normalizados, por el valor de la aceleración máxima del terreno. Se asigna a esta última la incertidumbre asociada al pronóstico de las acciones de diseño; aquella asociada a los espectros medios normalizados, igualmente importante, no se menciona en las Normas.

Los espectros medios normalizados dependen de las condiciones locales del subsuelo. Sus efectos en áreas urbanas se han constatado en numerosos sismos, entre otros los que se mencionan como antecedentes venezolanos al comienzo (Nota 1). También la acción vibratoria debida a sismos ha puesto de manifiesto particularidades geotécnicas que requieren evaluación como son los fenómenos de pérdida de capacidad portante debido a la licuefacción de suelos saturados [4] o amplificaciones no contempladas en normas ya obsoletas (Nota 8).

4.3.- Contribución de Fuentes Cercanas o Distantes

Tal como se indica en la Tabla 1, para factores de importancia $\alpha = 1.00$ el período medio de retorno empleado para seleccionar los valores de $\mathbf{a}_0$ en las Normas COVENIN vigentes es igual a 475 años; es decir, una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años de vida útil de la estructura. En general, para los niveles de aceleración establecidos, a esa probabilidad contribuyen diversas fuentes sismogénicas: unas más cercanas que otras, distinción que es necesaria en la evaluación de la vulnerabilidad de cierto tipo de obras.

Viene al caso citar como ejemplo, la contribución de fuentes sismogénicas en las aceleraciones de diseño para edificaciones en áreas del Bajo Caroní: los sismos cercanos, de fuente muy somera, con magnitudes esperadas en el orden de M_S 5 a 5.5, de pocos segundos de duración, contribuyen prácticamente por igual que otras fuentes distantes, con magnitudes M_S hasta de 7.8 y duraciones esperadas de varias decenas de segundos. Son dos tipos de 'escenarios sísmicos' posibles, con probabilidades similares de ocurrencia y que, por las diferencias de sus efectos esperados, deben ser considerados en la evaluación de obras vulnerables a la duración de las vibraciones del terreno como puede ser el caso de ciertas obras de tierra (Nota 9).

4.4. Cruce de Fallas Activas

Esta es una de las acciones sísmicas de naturaleza permanente, a la cual se ha prestado atención creciente en nuestro país al establecer los criterios de diseño preventivo de obras de infraestructura como son: líneas férreas, puentes o viaductos, tuberías de aducción de agua potable o de gas, etc. En estos casos, la interacción con geólogos especializados en neotectónica resulta fundamental.

Viene al caso citar un terremoto que, aún cuando foráneo, es excepcional y de fecha reciente; a

puesto a prueba las medidas de prevención sísmica establecidas un cuarto de siglo antes de que sucediera el evento. Se trata del Trans-Alaska-Pipeline (TAP), que cruza Alaska desde la bahía de Prudhoe al norte hasta puerto Valdez al sur; es un poliducto de 1287 km de longitud y de 1.2 m de diámetro, con capacidad para transportar un millón de barriles de petróleo diarios. A lo largo de su recorrido, el TAP cruza la falla de Denali en la cual se anticipan desplazamientos permanentes del terreno hasta de 9 m para eventos de magnitud extrema. En su diseño se establecieron medidas muy estrictas para limitar accidentes que pudiesen afectar la ecología de la región.

En noviembre de 2002, la citada falla de Denali generó un sismo de magnitud 7.9, con rotura visible en superficie de 340 km de extensión y que cruzó la línea del TAP. El desplazamiento permanente en los 200 m de ancho que tiene la zona de intersección de la tubería con la falla, alcanzó 5.5 m. Revisada la línea en esa zona y las adyacentes, se constató que la mayoría de los daños menores que sufrió, tanto por vibraciones del terreno hasta de 0.36g como por el desplazamiento permanente señalado sobre patines 'ad-hoc', ocurrieron en una banda de unos 1000 m a cada lado de la falla [33]. De modo que, unas 14 horas después del sismo, concluida la revisión y pequeños ajustes necesarios, se reiniciaba la operación del sistema; o sea, que el sistema respondió a un sismo severo, según lo previsto en las medidas preventivas incorporadas en su diseño y cuyos lineamientos fueron publicados 27 años antes del evento descrito [52] (Nota 10).

El caso recién descrito contrasta con los efectos de los sismos del 5 de Marzo de 1987 que afectaron la Provincia de Napo, Ecuador, eventos que ocasionaron disrupción en la exportación de petróleo durante meses. Por las razones que se dan en la (Nota 11), este evento sísmico dio lugar a pérdidas económicas cercanas a un millardo de US$, lo cual representó una pérdida importante para ese país.

4.5. Estudios de Sitio

Estudios de esta naturaleza se iniciaron en nuestro país hacia finales de los años 70. Entre ellos cabe citar: la evaluación sísmica de de tres sitios para la instalación de un astillero; los criterios de diseño para la expansión de la planta termo-eléctrica de Tacoa en Arrecifes (Edo Vargas); el cálculo de las tensiones esperadas en una tubería submarina de aducción de agua potable de gran diámetro, por el cruce de una falla geológica activa; la evaluación de la seguridad a sismos de instalaciones petroleras; la respuesta de equipos de S/E de extra-alta tensión (800 KV). Más recientemente y también con fines preventivos, pueden citarse otras iniciativas como son: la cuantificación de la amenaza sísmica para la verificación de la seguridad del nuevo viaducto ubicado sobre la quebrada de Tacagua, o los cambios previsibles en la amenaza sísmica como consecuencia de la sismicidad inducida por el llenado de grandes embases.

4.6. Adecuación de Edificaciones y Obras de Infraestructura

La adecuación de edificaciones, sean de vivienda ó esenciales como es el caso de hospitales y centros de salud, se ha beneficiado de las nuevas normativas, ocasionalmente complementadas con estudios de sitio.

De igual modo y tal como se indicó más arriba, la industria petrolera ha dedicado esfuerzos dirigidos hacia la adecuación de sus instalaciones con el fin de reducir a valores tolerables el riesgo de malfuncionamiento. Destaca entre estas acciones, modificaciones hechas al dique de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo (COLM), principalmente por su vulnerabilidad a grandes sismos distantes en las condiciones en las cuales se encontraba a inicios de la década de los años 90. Para una descripción más detallada del caso, véase: [18].

4.7. Evaluaciones de la Confiabilidad Estructural

Es sabido que la cuantificación de la seguridad de estructuras o instalaciones a acciones inciertas como son las sísmicas, requiere el reconocimiento de la naturaleza probabilista de acciones y capacidades. En forma sencilla la probabilidad de alcanzar el estado E, en un tiempo t, se puede expresar como:

$$P[E,t] = \Sigma P[E/Ai, t] \times P[Ai, t] \qquad (2)$$

Donde P [E/A_i, t] representa la vulnerabilidad a la acción Ai y P [Ai, t] es una medida de la amenaza sísmica. Por ejemplo si Ai representa el rango de aceleraciones entre los valores a_i-1 y a_i, la probabilidad de que A_i suceda en t años, se puede expresar a partir de la fórmula (1) como:

$$P[Ai, t] = \exp\{-t\,(ai / a^*)^{-\gamma}\} - \exp\{-t\,(a_{i-1} / a^*)^{-\gamma}\} \quad (3)$$

Ejercicios en esa dirección han sido publicados, entre otros, por: Marinilli [44] y Barreiro, [6].

4.8. Confiabilidad de la Operatividad de Sistemas

Entre los estudios hechos en Venezuela sobre la operatividad de sistemas, puede citarse el estudio de una parte del sistema de aducción de agua potable a Caracas desde los Valles del Tuy. Este, denominado Tuy II y ubicado en un área históricamente afectada por sismos localmente destructores, está conformado por un conjunto de elementos en serie con muy limitada redundancia. Su evaluación fue hecha en los años 90 y los resultados publicados en: [32].

4.9. Sistemas de Disipación de Energía Sísmica

En casos particulares, resulta conveniente controlar los eventuales daños estructurales por medio de dispositivos 'ad-hoc' que actúan como fusibles; es decir, sistemas que se deforman en el rango inelástico sin mayor pérdida en la capacidad portante. De este modo se limitan las máximas fuerzas cortantes transmitidas a los apoyos.

Este es el principio empleado en los tableros de los viaductos de grandes vanos de la línea férrea Caracas – Valles del Tuy, con el fin de reducir las fuerzas cortantes en pilas de más de 60 m de altura. El sustento analítico y experimental de este novedoso sistema aplicado por el Profesor Robert Pérez, director de PSN Ingeniería, se describe en [57]. Se señala allí que en la evaluación de la respuesta dinámica del sistema, se emplearon acelerogramas representativos de los resultados que arrojaron los estudios de amenaza sísmica de la región, tanto para eventos de fuente cercana como aquellos de fuente distante, lo cual condiciona: las aceleraciones máximas del terreno, la duración del registro y su contenido frecuencial. Se señala igualmente en el trabajo, que se diferenciaron los sismos de verificación con períodos de retorno de 50 años, de aquellos de diseño cuyos períodos medios de retorno son iguales a 900 años.

5. Comentario final

Este escrito recoge parte de la historia e iniciativas de un aspecto esencial en la Ingeniería Sismorresistente, como es la percepción y cuantificación de la amenaza sísmica para el caso particular de Venezuela. Sin duda el Terremoto Cuatricentenario de julio de 1967 marca un antes y después. Una medida de su trascendencia entre nosotros, obviamente también influenciada por el desarrollo mundial de esa nueva disciplina, es la multiplicidad de iniciativas y autores que participan en ella, de los cuales aquí solo se ha citado una pequeña fracción. En una forma u otra, los profesionales de la ingeniería sustentan sus decisiones e investigaciones en los resultados de los estudios de amenaza, todo ello encaminado a la reducción del riesgo asociado a inevitables sismos futuros.

Los pronósticos implícitos en las cuantificaciones hechas sobre esta amenaza de la naturaleza, requieren revisión periódica, con el fin de incorporar nueva información para su validación; el trabajo de Bendito de Santiago [8], es uno de los que señala esa dirección. Su incorporación en los documentos normativos, tiende a minimizar el riesgo de situaciones catastróficas como las descritas en la (Nota 8) de esta reseña.

6. Notas

Nota 1: Según las crónicas de la época, el llamado terremoto de San Bernabé de Junio de 1641, afectó más las partes altas de Caracas. De igual forma, se señala que el terremoto del 26 de Marzo de 1812, tuvo efectos moderados al sur-oeste de esa ciudad, hacia lo que es hoy San Juan y la plaza Capuchinos. Deben citarse aquí las observaciones del Prof. A. Ernst con ocasión del sismo que arruinó Cúa en Abril de 1878. Los efectos locales que este naturalista describe, publicados en revistas de prestigio en esa época [21] y posteriormente recogidas en el Boletín del Ministerio de Obras Públicas, se considera como los primeros trabajos de campo en áreas afectadas por sismos, hechos en el país [22].

Nota 2: Entre las contribuciones publicadas en el lapso señalado cabe citar a Vizcarrondo [73], Centeno Graü [14] y [15], Kulik [39]. Uno de los trabajos bien documentados para esas fechas, fue la mencionada tesis de Juan Francisco Stolk para optar al título de Doctor en Ciencias Físicas y Matemáticas en la UCV [68]. Parte de sus recomendaciones y dibujos, aplicadas en varios países ribereños del Caribe, así como las que hiciera Vizcarrondo se comentan en [31], p 41-43.

Nota 3: Las necesidades de la época no requerían métodos para el análisis de estructuras de muchos niveles. Sobre este problema ya se había publicado en Norteamérica, la contribución pionera de Westergaard para el análisis dinámico de edificaciones de varios niveles [74].

Nota 4: Además de sus inquietudes por el conocimiento sobre algunos fenómenos naturales, como fueron los sismos y el relámpago del Catatumbo, Centeno también se interesó por los problemas del concreto armado aún cuando no vinculado al tema sísmico, lo cual hubiese sido algo excepcional en esa época [13] y [12]. También mantuvo una vida activa como servidor público durante el gobierno del general Juan Vicente Gómez, pues ocupó cargos relevantes: diputado por el estado Monagas (1914), Ministro de Hacienda (1922-1929) y de Obras Públicas (1932), Senador por Carabobo (1931), Director del Banco Obrero (1933) (Fundación Polar, 1997); acaso esto haya influido en una menor difusión de su aporte en el área de la sismología. La obra del Dr. Centeno cobra relevancia después del terremoto de 1967, cuando el Dr. Guillermo Zuloaga, miembro de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, rescata los originales de la segunda edición en la cual venía trabajando su autor y logra se publiquen como Volumen VIII de esa Academia en 1969.

Nota 5: Suyehiro fue invitado a California a dictar conferencias sobre sus experiencias; estas su publicaron en los Transactions del ASCE, con notable detalle [70]. Entre otras iniciativas, este Ingeniero japonés describe allí un equipo construido por él, que constaba de un conjunto de sensores de registro simultáneo del movimiento del terreno, cada uno de ellos con período diferente y amortiguamiento similar. Por tanto, lo que realmente había diseñado era un espectrógrafo, en el cual quedaban registradas las respuestas máximas de osciladores con diferentes períodos de vibración, para un determinado movimiento sísmico. Concluyó que en las partes bajas de Tokio, predominaban los movimientos de período largo en comparación con las partes altas de esa capital donde las sacudidas eran de período más corto [51]. En los comentarios del Profesor Charles Richter al referenciar la publicación del ASCE sobre las conferencias de Suyehiro, las califica como: 'Of much more than engineering interest, and highly informative', página 12, y 'A valuable general discusión, with many specific illustrations from Japan', página 102, ambas son citas de su obra aún vigente [59].

Nota 6: El trabajo de Housner del año 1947, citado como contribución pionera de los espectros de respuesta, fue un procedimiento propuesto por H. Benioff en 1934, en el mismo Bull. of the Seism. Soc. of Amer., vol. 24, bajo el título: 'The physical evaluation of seismic destructiveness'. Una diferencia sustancial estriba en que Housner dispuso de registros como los de El Centro del año 1940 y de otros que posteriormente incluye en trabajo que suscribe conjuntamente con Alford y Martel en 1953, sustento de las Normas del SEAOC. Esa nueva cuantificación de la amenaza sísmica, en términos de espectros de respuesta elástica, no coincidía con la percepción de nuestros profesionales. Prueba de ello, es que no se atendió la propuesta que los ingenieros Julián De La Rosa y Oscar Urreiztieta publicaron en 1953, en tres números consecutivos de la Revista del CIV; en su presentación, los autores dejan constancia al inicio de ese largo documento que: "Las fuerzas por sismo que incluye el documento, están basadas en The Lateral Force Code, del Joint Com. of the Struct. Eng. Assoc. of North. Cal, SEAONC and the San Francisco, ASCE Cal. Sec." (SEAONC-ASCE, 1951). Ese documento recoge la aplicación práctica de los espectros, cuya propuesta original apareció en: Engineering News Record, 01-12-1949, pp 28-29.

Nota 7: Pocos días antes del sismo del 29 de Julio de 1967, se celebraban en Caracas dos eventos técnicos conjuntamente: las XII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural y el III Simposio Panamericano de Estructuras. Sobre el tema que aquí se comenta, tienen relevancia las ponencias presentadas por el Prof. Luís Esteva de la UNAM, México, importancia y trascendencia progresivamente comprendidas. Señalaban el inicio de la cuantificación probabilista de la peligrosidad sísmica y la importancia de los espectros en el diseño, temas sobre los cuales diez años después comenzaron a aparecer trabajos en el país; entre ellos: Ugas [71]; Grases [29]; Ugas et al. [72]; Fiedler y Rivero [26]; Lobo Quintero [41].

Nota 8: Entre los casos que han originado situaciones catastróficas en Venezuela, en la literatura especializada sobre el tema se cita con frecuencia el terremoto del Caracas de julio de 1967, que ocasionó la pérdida de más de 300 vidas, lo cual dio como resultado la modificación inmediata de las Normas vigentes para ese momento; de igual modo, poco después del sismo la Industria de Seguros incorporó en sus criterios de control de cúmulos tres 'microzonas' en el área de Caracas, basadas en los efectos conocidos en nuestra capital [69]. Más recientemente y como consecuencia del terremoto de Cariaco de julio de 1997, un edificio de 7 niveles se desplomó en Cumaná, ubicado a unos 85 km del epicentro de ese sismo de magnitud MS 6.9, lo cual causó irreparables pérdidas de vidas; a las marcadas irregularidades de esa estructura, tanto en planta como en elevación, se sumó el efecto de amplificación del subsuelo que generó acciones en su base que excedieron las establecidas en la norma vigente para el momento de su diseño [38]. Este último caso, también ejemplifica la importancia de actualizar los cambios en la cuantificación de la peligrosidad que reflejan las Normas. En efecto: el diseño de la misma edificación, con base en la Norma COVENIN 1756-2001 vigente, manteniendo exigencias de refuerzo comparables a las de la fecha de su diseño original, ubicada en el mismo sitio donde se encontraba la que se desplomó, requeriría acciones sísmicas de diseño del orden de 4 veces mayores que las del documento normativo que se encontraba en vigencia para el momento del Proyecto, más un conjunto de penalizaciones por sus irregularidades tanto en planta como en elevación, solo exigidas en la Norma COVENIN 1756 vigente desde 2001.

Nota 9: En instalaciones de alto riesgo, ubicadas en zonas que pueden ser afectadas por terremotos, se han seguido procedimientos deterministas en la caracterización de las acciones sísmicas. Hecho el despiste de fallas geológicas activas, así como la presencia de de suelos potencialmente inestables o licuables, la selección de los movimientos del terreno con frecuencia obedece a criterios deterministas. En esos casos, seleccionados los eventos más desfavorables,

la variabilidad resultante está más condicionada por incertidumbres en las profundidades focales, los posibles mecanismos focales y eventuales fenómenos de direccionalidad.

Nota 10: Es interesante señalar que los desplazamiento totales de la falla de Denali, medidos pocas horas después del sismo, fueron: 2.3 m (transcurrente dextral) y 0.8 m (vertical). Ocho días después, mediciones hechas en los mismos sitios, duplicaron los antes citados: 5.5 m (transcurrente dextral) y 1.5 m (vertical); en Venezuela, se constató algo similar con ocasión del terremoto de Cariaco de Julio de 1997. Este no es un tipo de observación nueva pues ya es mencionada en sismos del siglo XIX y XX [59].

Nota 11: El 5 de marzo de 1987 y con diferencia de 3 horas, sucedieron dos sismos con epicentro al oriente de Quito: el primero, considerado como premonitor, con magnitud 6.1 y el segundo, designado principal, con magnitud 6.7- 6.8. De naturaleza destructora en el área, se desea destacar aquí que en las cercanías de esos epicentros, las faldas del volcán Reventador se encontraban en estado inestable por las intensas lluvias caídas durante el mes anterior, especialmente los 5 días previos a los temblores. Al pié del volcán discurría el poliducto que va desde los campos petrolíferos del oriente del país (Shushufindi – Aguarico - Lago Agrio) hasta el puerto y refinería de Esmeraldas; esta arteria principal de los 144 mil barriles de petróleo destinados a exportación, así como el gasoducto con dirección Quito, fue severamente afectada [16]. Los deslaves generados por el sismo, barrieron estas líneas vitales construidas entre 1974 y 1976, no enterradas y dispuestas en la margen izquierda del río Quijos o Coca al pie del volcán, a lo largo de un total cercano a los 10 kilómetros. Entendemos que el poliducto fue reubicado en la margen derecha del río.

7. FIGURAS

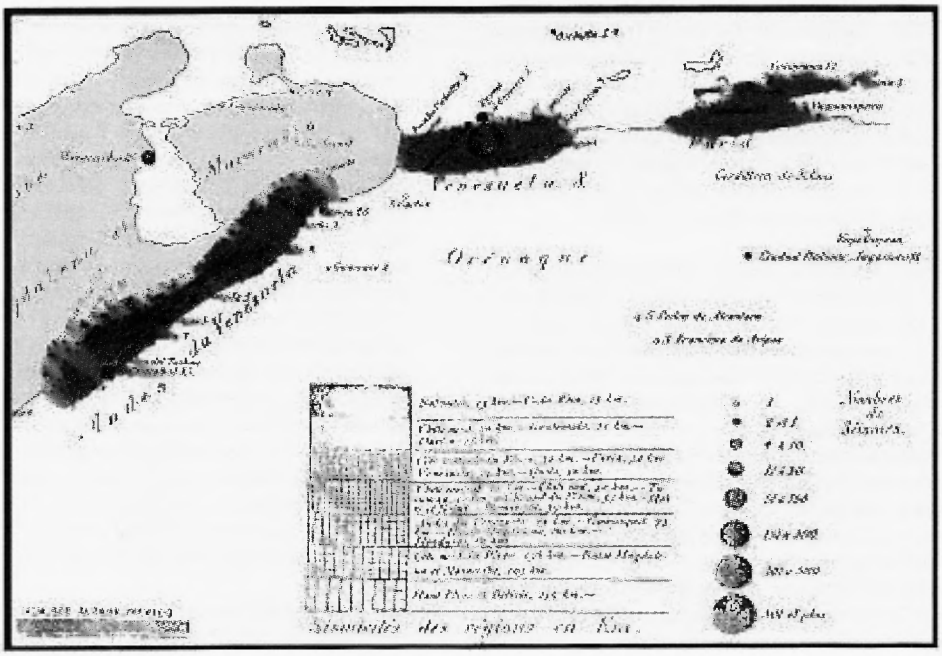


Figura 1. Regionalización Sísmica de Norte América (Fuente: Montessus de Ballore, 1898)

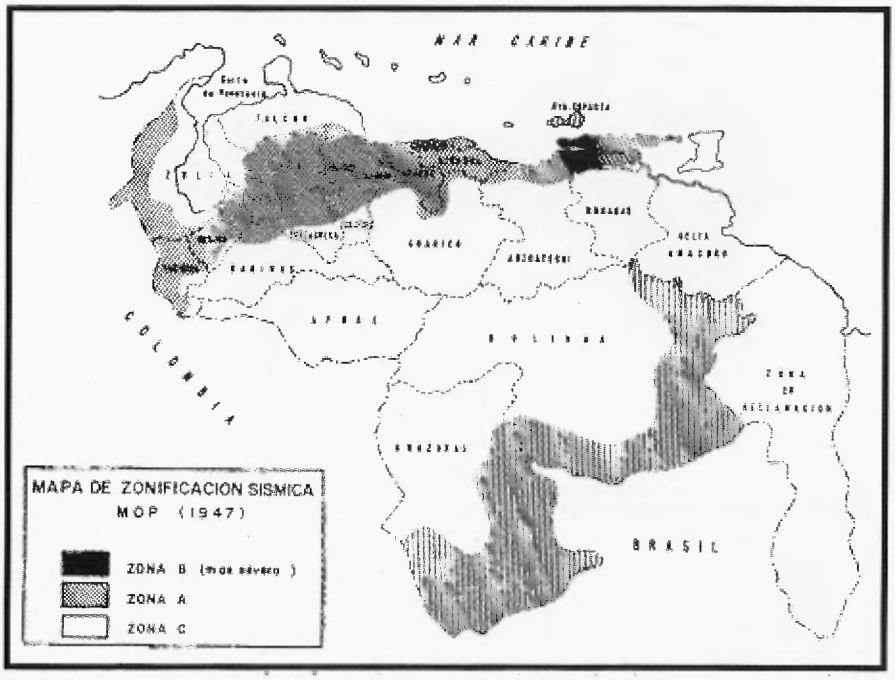


FIGURA 2a. Zonas Sísmicas de Venezuela según la Norma MOP (1947)

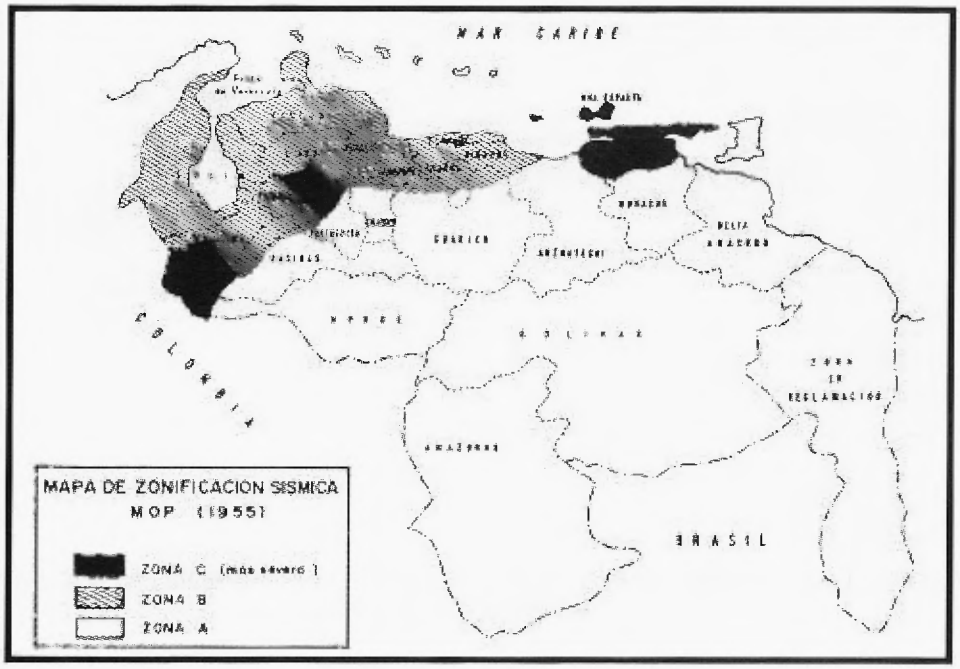


FIGURA 2b. Zonas Sísmicas de Venezuela según la Norma MOP (1955)

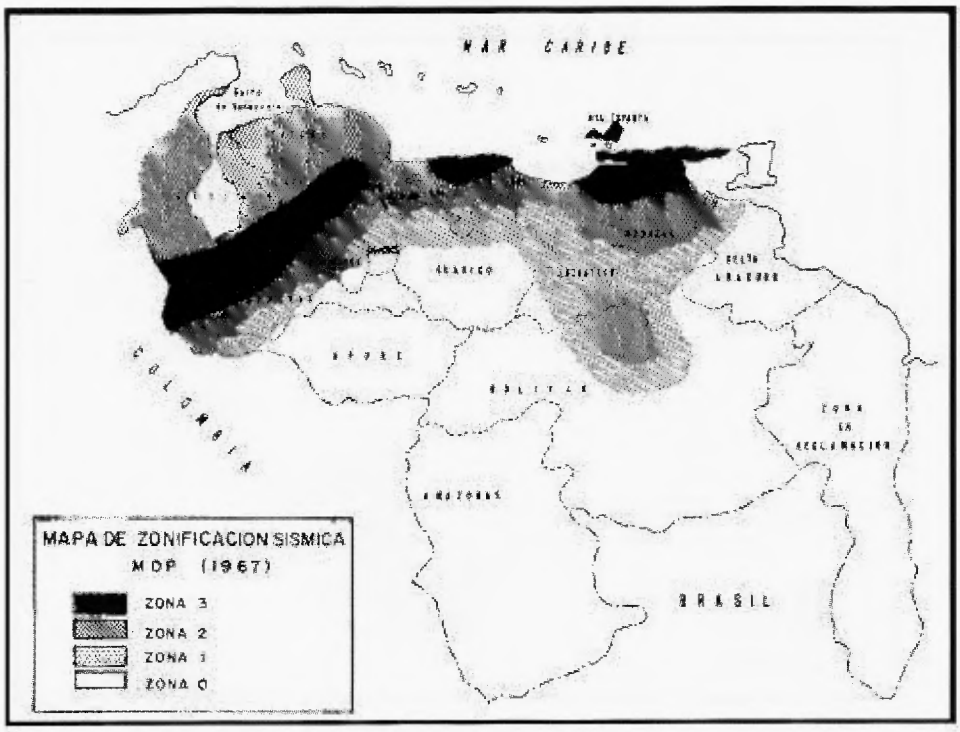


FIGURA 3. Zonas Sísmicas según la Norma Provisional MOP (1967)

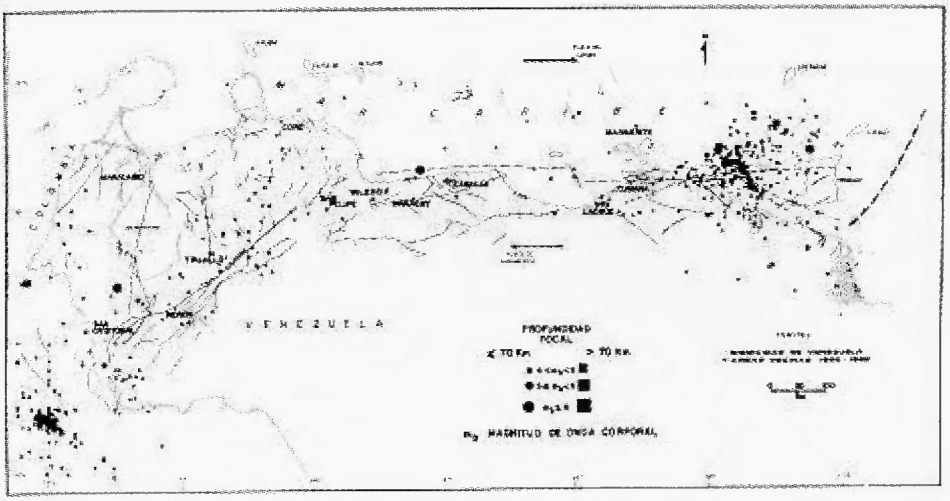


FIGURA 4a SISMICIDAD DE VENEZUELA Y ÁRES VECINAS (1955-1982); MGNITUDES mb · 4.0
(Ref.: PÉREZ et al., 1984)

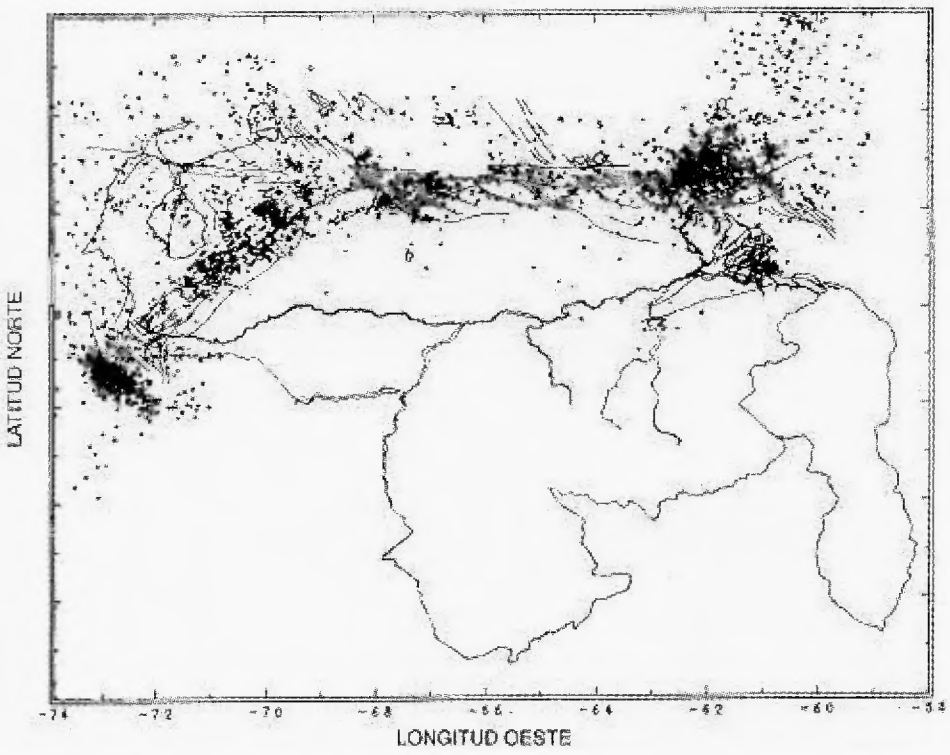


FIGURA 4b MAPA DE EPICENTROS DE SISMOS REGISTRADOS ENTRE 1982 Y 1996 CON LA RED DE FUNVISIS (Ref.: RENDÓN et al., 1997)

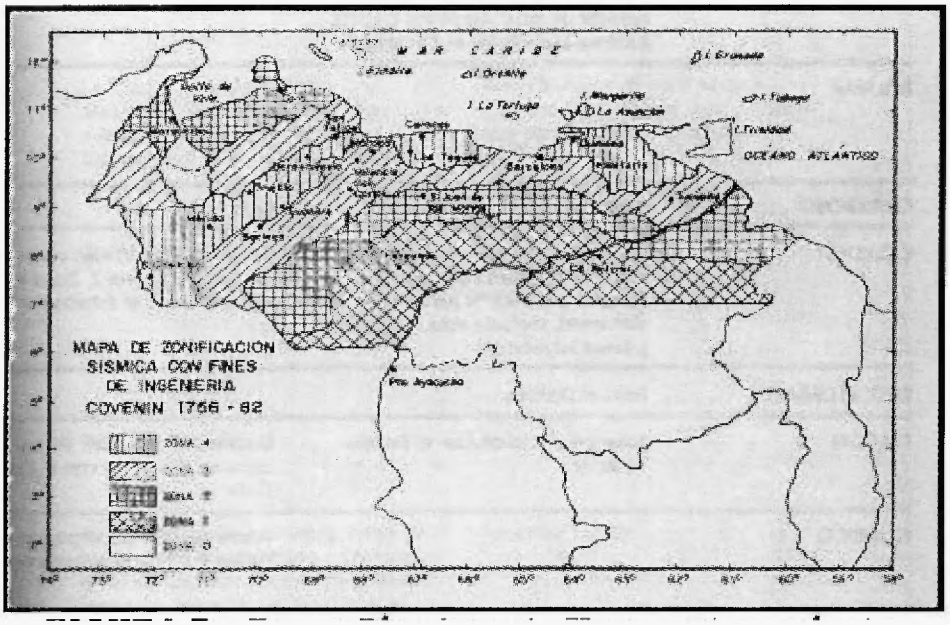


FIGURA 5. Zonas Sísmicas de Venezuela según la Norma Covenin 1756 (1982)

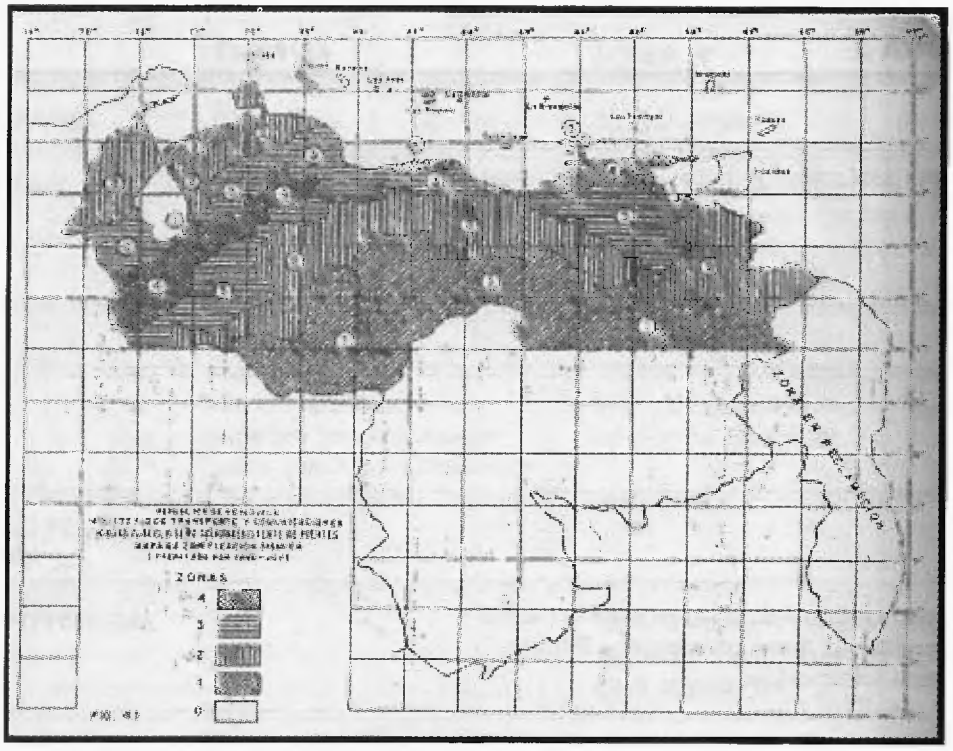


FIGURA 6. Zonas Sísmicas de Venezuela. Propuesta de Norma para Diseño Sismorresistente de Puentes (Fuente: Lobo Quintero, 1986)

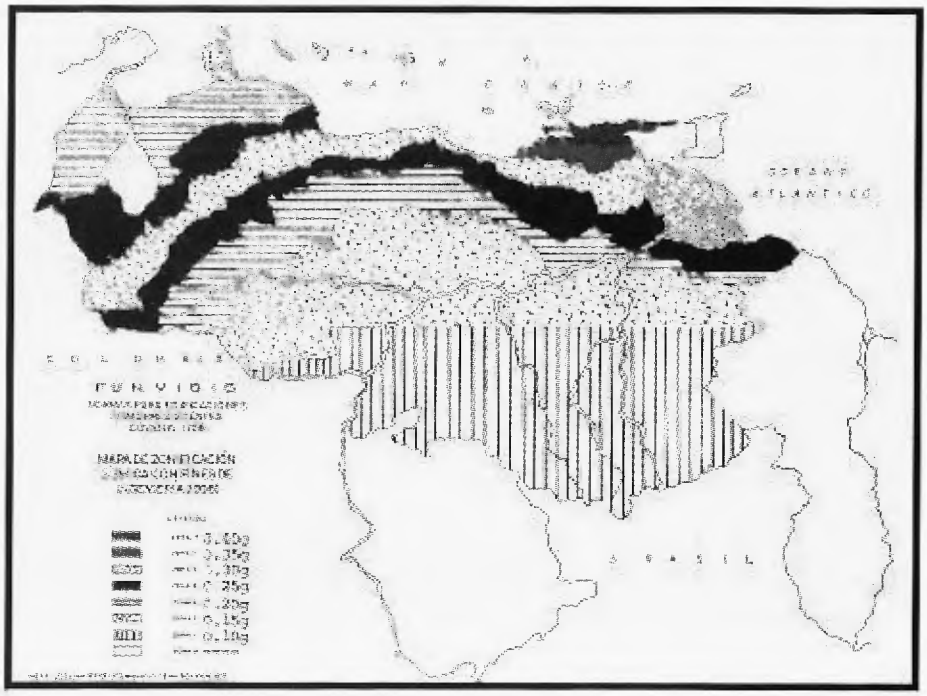


FIGURA 7. Mapa de Zonificación con fines de Ingeniería de la Norma COVENIN 1756 (2001)

8. Referencias

[1] ACADEMIA DE CIENCIAS FÍSICAS, MATEMÁTICAS Y NATURALES (1997). *Diseño Sismorresistente. Especificaciones y Criterios empleados en Venezuela.* Biblioteca de la Academia, Vol XXXIII; una contribución al Decenio para la Reducción de las Catástrofes Naturales. Ed. J. Grases, Binev, Caracas, 662 p.

[2] AGUERREVERE P.I. (1925). Un estudio sobre los terremotos. Sus referencias a Caracas. *Rev. del Col. de Ing. de Venez.,* III:30:93-98, Junio, Caracas.

[3] AGUERREVERE S.E. (1932). Sobre el pronóstico de los temblores de tierra. *Rev. del Col. de Ing. de Venez.,* Nº 93:911-913, Caracas.

[4] AMUNDARAY J. I. (2006). Suelos potencialmente licuables y medidas de remediación. Cap VIII de: *Ingeniería Forense y Estudios de Sitio.* Ed. J. Grases, Consulibris, ISBN 980-12-2289-1, Caracas, 389 p.

[5] APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL (ATC-3) (1978). *Final review draft of recommended comprehensive seismic design provisions for buildings* Redwood City, California.

[6] BARREIRO M. (2006). Cambios en las normas sísmicas y confiabilidad estructural. Cap VII de: *Ingeniería Forense y Estudios de Sitio.* Ed. J. Grases, Consulibris, ISBN 980-12-2289-1, Caracas, 389 p.

[7] BELLIZIA A., PIMENTEL N., y BAJO R. (1976). *Mapa geológico- estructural de Venezuela.* Escala 1:500.000, Dirección de Geología, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, ed. FONINVES, Caracas.

[8] BENDITO DE SANTIAGO A. (2000). Análisis de sismicidad y curvas de isoaceleración para estados de desempeño estructural en el occidente venezolano. Tesis de Maestría, ULA, Mérida.

[9] BERGERET DE COCK J. (1969). Estudio probabilista de la frecuencia de ocurrencia sísmica en Caracas. Trabajo para reválida de Título, Facultad de Ingeniería UCV, Caracas, 46 p.

[10] BIOT M.A. (1943). Analytical and experimental methods in Engineering Seismology. *Transactions, ASCE,* vol 108:365-408.

[11] CADAFE (1984). *Norma NS-P-420 para la calificación de equipos de subestaciones eléctricas.* Caracas.

[12] CARRILLO J. M. (2003). *Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Datos Históricos y Biográficos.* Vol I, Col. de Biog., Fundación Polar-ACFIMAN, ISBN: 980-379-063-3, Caracas.

[13] CENTENO GRAÜ M. (1920). *Vigas de concreto armado.* Tipografía Americana, Caracas, 16 p./ Leído en la sesión del 26 de Septiembre de 1923 del Colegio de Ingenieros.

[14] CENTENO GRAÜ, M. (1940a). *Estudios Sismológicos.* Litografía del Comercio, Caracas. /Segunda edición en 1969, aumentada y corregida: Vol. VIII Acad. de Cienc. Físic., Matem. y Nat., Talleres Cartografía Nacional, Caracas/.

[15] CENTENO GRAÜ, M. (1940b). Construcciones y sus fundaciones en pisos apropiados. Cap IX de su libro: *Estudios Sismológicos*; /Contiene recomendaciones para construcciones sismorresistentes; sin modificaciones en la edición de 1969/.

[16] CERESIS (1984). *El terremoto de la zona Centro-Nororiente del Ecuador del 5 de Marzo de 1987.* Informe Técnico, elaborado por: C. Lomnitz et al., CERESIS/UNESCO, Lima, 163 p.

[17] COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES, COVENIN (1982). *Edificaciones antisísmicas.* Norma Venezolana, MINDUR-COVENIN 1756-82. Caracas, 67 p + comentarios.

[18] CONTRERAS M. (2006). Diques de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo. Cap IX en: *Ingeniería Forense y Estudios de Sitio.* Ed. J. Grases, Consulibris, ISBN 980-12-2289-1, Caracas, 389 p.

[19] DE LA ROSA J. y URREIZTIETA O. (1953). Normas para el uso del Concreto Armado. *Revista del CIV* Nº 206:9-17; Nº 207:4-17; Nº 208:4-13, Caracas. /Por su presentación, la autoría de ese trabajo corresponde a la Dirección de Obras Públicas del Distrito Federal, División de Control de Construcciones/.

[20] EDELCA (1983). *Especificaciones generales de Ingeniería para la línea de 800 mil voltios. Mapa de zonificación sísmica.* Caracas.

[21] ERNST A. (1878). Earthquake in Venezuela (Cúa). *Nature,* XXVIII, p 130, London.

[22] ERNST A. (1891). Observaciones sobre los temblores en Venezuela. *Boletín del Ministerio de Obras Públicas,* # 101, 103, 105, 107-108, Caracas. /Texto reproducido en: *Obras Completas de Adolfo Ernst,* ed. Blas Bruni C., vol VII: 552-593, Caracas, /.

[23] FIEDLER G. (1961). Áreas afectadas por terremotos en Venezuela. *Memorias III Cong. Geol. Venez.,* Tomo IV p1791-1810, Caracas.

[24] FIEDLER G. (1968). Estudio sismológico de la región de Caracas con relación al terremoto del 29 de Julio de 1967. *Boletín IMME,* VI: 23-24, 127-221.

[25] FIEDLER G. (1970). Die seismische Aktivität in Venezuela in Zusammenhang mit den wichtigsten tektonischen Brüchzonen. *Geolog. Rundschau,* 59:3, pp 1203-1215.

[26] FIEDLER G. y RIVERO L. (1977). Mapa sísmico. Principales sismos ocurridos en Venezuela (1530-1975). Caracas. /Reproducido en: *Atlas de Venezuela*, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR), Dirección de Cartografía Nacional. Caracas, 1979/.

[27] FUNDACIÓN POLAR (1997). *Diccionario de Historia de Venezuela.* 4 tomos. Caracas.

[28] FUNVISIS (1993). *Mapa Neotectónico de Venezuela* (escala 1:2.000.000). Compilación de C. Beltrán, Caracas.

[29] GRASES J. (1975). Acerca de la estimación de las aceleraciones máximas del terreno en la región de Caracas. *Memorias de las XVII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural y V Simposio Panamericano de Estructuras.* Caracas, 7 p.

[30] GRASES J. (1985). *Fundamentos para la elaboración del nuevo mapa de zonificación sísmica de Venezuela con fines de Ingeniería.* FUNVISIS Serie Técnica 05-84, Caracas, 32 p.

[31] GRASES J. (1987). *Concreto armado en zonas sísmicas. Requisitos de diseño.* DIVISIDER, SIVENSA, ISBN: 980-265-916-9, Caracas, 252 p.

[32] GRASES J., GRASES G. y CONTRERAS I. (1997). Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado frente a deslizamientos, sismos y otras amenazas naturales. Publicado por OPS-OMS bajo el título: *Estudio de caso: vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a deslizamientos.* Cent. Panam. de Ing. San. y Cien. del Amb. (CEPIS), Lima, 99p.

[33] HAEUSSLER P.J. and NAEIM, F. (2004). The 2002 Denali Fault, Alaska, Earthquake. *Earthquake Spectra*, vol 20, N° 3, 1045 p, EERI, ISSN-8755-2930, Oakland, Ca.

[34] HOUSNER G. (1947). Characteristics of strong-motion earthquakes. *Bull. of the Seism. Soc. of Amer.*, vol 37:19-31, January.

[35] HOUSNER G. W., ALFORD J. L. and MARTEL R. R. (1953). Spectrum analysis of strong motion earthquakes. *Bull. of the Seism. Soc. of Amer.*, vol 43:97-119, April.

[36] ICBO (1997). *Uniform Building Code*, Chapter 16, Division IV, Earthquake Design, Whittier, California.

[37] ISACKS B., OLIVER J. and SYKES L.R. (1968). Seismology and the New Global Tectonics. *Journal of Geophysical Research,* 73:18, 5855-5899, Richmond, Virginia.

[38] IMME (1998). *Informe Sismorresistente de las Edificaciones Derrumbadas durante el Sismo de Cariaco del 09-07-1997.* Informe N° 209209, Agosto, Caracas, 249 p.

[39] KULIK J. (1947). Temblores de tierra y construcciones antisísmicas. *Rev. del Col. de Ing. de Ven.,* año XXV, N° 166:214-220, Julio-Agosto, Caracas.

[40] LA ELECTRICIDAD DE CARACAS C. A. (ELECAR) (1994). Diseño sismorresistente para el sistema eléctrico. Norma DNI ND-C-B-01-94. Caracas.

[41] LOBO QUINTERO W. (1979). Código antisísmico de Mérida: una proposición. *Boletín Técnico IMME,* XVII (64):57-83, Caracas.

[42] LOBO QUINTERO W. (1986). *Norma venezolana para el diseño sismorresistente de puentes.* Propuesta para la Dirección de Estudios y Proyectos del Ministerio de Transporte y

Comunicaciones, articulado y comentarios. Mérida, Julio. /Los diez primeros capítulos de esta propuesta se reprodujeron como *Anexo E* en: Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (1997)/.

[43] LUSTGARTEN P. (1974). Predicción probabilística de sismos para un período de 50 años para la ciudad de Caracas. *Primer Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica,* Memorias. Caracas.

[44] MARINILLI A. (1999). Confiabilidad estructural y funcional de instalaciones hospitalarias. *Boletín Técnico IMME*, Vol 37-3, 1-8, Caracas.

[45] METRO DE CARACAS, C.A. (1990). *Normas de proyecto. Acciones debidas al sismo.* Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Caracas.

[46] MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP) (1939). *Normas para el cálculo de edificios.* Ministerio de Obras Públicas, Caracas. /En 1945 se cita un documento con el mismo título, publicado en 1947. Este documento es diferente al *Manual para el Cálculo de Edificios*, del MOP, en el cual se recogen fórmulas, tablas y ábacos de cálculo, publicado en 1942/.

[47] MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP) (1947). *Normas para el cálculo de edificios.* Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios e Instalaciones, Imprenta Nacional, Caracas.

[48] MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP) (1959). *Normas para el cálculo de edificios, 1955.* Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios e Instalaciones. Caracas, Tipografía Italiana, pp 164-171.

[49] MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP) (1967). *Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas*. Caracas, 18 p + mapa.

[50] MONTESSUS DE BALLORE F. (1898). L'Amérique Centrale et l'Amérique du sud Sismiques. *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, XI: 34, pp 263-277, México.

[51] NAITO T. (1960). Fifty years of earthquake engineering practice. *Proc. of the II World Conf. on Earthq. Eng.*, pp 127-131, Tokyo-Kyoto.

[52] NEWMARK N.M. and HALL W.J. (1975). Pipeline design to resist large fault displacements. *Proc.of the U.S. Nat. Conf. on Earthq. Eng.*, Univ. of Michigan, Ann Arbor, pp 416-425.

[53] OLIVARES A. E. (1997). Datos históricos sobre las observaciones sismológicas y normas sísmicas en Venezuela hasta 1967. En: *Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales* (1997), Tema 1, pp17-24.

[54] OLIVARES A. E. (2004). Presentación del texto: *Normas y Especificaciones para el Análisis, Diseño y Ejecución de Obras Civiles.* Tomo I, Estructuras. Ed.: J. Grases y A. Gutiérrez, p 7-8, Acad. de Cien., Fís., Mat. y Nat., y Acad. Nac. de la Ing. y el Háb., Vol XL, Caracas, 718 p.

[55] PDVSA (1991). Diseño antisísmico de instalaciones industriales, PDVSA JA-221. *Manual de Ingeniería de Diseño de PDVSA*, Especialidad 18 "Estructuras", Caracas.

[56] PÉREZ O., NOGUERA C., RENDON H., GAVIDEZ N., GARCÍA A., RODRIGUEZ F., BARROETA I., LÓPEZ F. y PÉREZ J. (1984). Boletín Sismológico de Venezuela, FUNVISIS, Enero-Marzo, pp 1-27, Caracas.

[57] PÉREZ R., NIETO J.J. y SOLÓRZANO E. (2001), Criterios de diseño del sistema de disipación sísmica en los viaductos del ferrocarril Caracas-Tuy Medio. *TEKHNE, Revista de Ingeniería*, N°5: 7-14, UCAB, Fac. de Ingeniería, Caracas.

[58] RENDÓN H., APARICIO J., AVENDAÑO J., LAFAILLE J., LÓPEZ F., RAMOS C., ROMERO G. y SALAS H. (1997). Red sísmica de Venezuela. En: *Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales* (1997), Tema 4, pp 51-57.

[59] RICHTER C. (1958). *Elementary Seismology.* W. H. Freeman and Company, San Francisco, 768 p.

[60] ROD E. (1956). Strike-slip faults of northern Venezuela. *Am. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, 40:457-476.

[61] SARDI V. (1968). *Contribución al estudio de la frecuencia de los sismos en Caracas*. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Caracas, 22 p.

[62] SEAONC-ASCE (1951). STRUCTURAL ENGINEERS ASSOCIATION OF NORTHERN CALIFORNIA and AMERICAN SOCIETY

OF CIVIL ENGINEERING. Lateral forces of earthquake and wind. Presented by the Joint Com. in: *Proceedings - Separate* N° 66, April.

[63] SCHUBERT C. (1980). Contribution to the paleolimnology of Lake Valencia, Venezuela: seismic stratigraphy. *Catena*, 7: 275-292.

[64] SCHUBERT C. (1981). Are the Venezuelan fault systems part of the southern Caribbean plate boundary? *Geologishe Rundschau,* 70, 542-551.

[65] SCHUBERT, C. (1988). Neotectonics of La Victoria fault zone, north-central Venezuela. *Annales Tectonicae*, Vol. II, N° 1:58-66.

[66] SCHUBERT C. y KRAUSE F. (1981). Fallamiento a los largo de la costa norte central de Venezuela: zona de falla de Morón. *Memorias III Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica*, Caracas.

[67] SCHUBERT C. and LAREDO M. (1979). Late Pleistocene and Holocene faulting in lake Valencia basin, north - central Venezuela. *Geology*, 7: 289 - 292.

[68] STOLK J. F. (1932). Datos útiles para las construcciones contra temblores. Tesis para optar al Grado de Doctor en Ciencias Físicas y Matemáticas, UCV, Caracas.

[69] SUPERINTENDENCIA DE SEGUROS (1989). *Mapa de Zonificación Sísmica (1:2.000.000). Tarifa de Seguros de Terremotos*. Consejo Nacional de Seguros, República de Venezuela. Caracas.

[70] SUYEHIRO K. (1932). Engineering seismology. *Proc. of the Am. Soc. of Civ. Eng.,* 58:4, Part 1 and 2, 110 pp.

[71] UGAS C. (1974). Espectros para diseño antisísmico en función de las condiciones locales del subsuelo. *Boletín Técnico IMME,* vol XI, N° 48: 25-57, Caracas, Oct-Dic.

[72] UGAS C., GRASES J. y MOLINA Y. (1976). Estudio del riesgo sísmico y potencial de licuefacción en tres localidades de la costa venezolana. *Informe Técnico IMME 195064*, 130p, Facultad de Ingeniería UCV, Caracas.

[73] VIZCARRONDO J. A. (1934). Consideraciones generales acerca de las construcciones antisísmicas. *Revista del Colegio de Ingenieros de Venezuela,* N° 102, pp 1121-1124, Caracas.

[74] WESTERGAARD H. M. (1933). Earthquake-shock trasmition in tall buildings. *Eng. News Record,* 111, 418-472.

Reflexiones en torno de la interdisciplinariedad a la transdisciplinariedad del conocimiento en el siglo XXI en Ingeniería

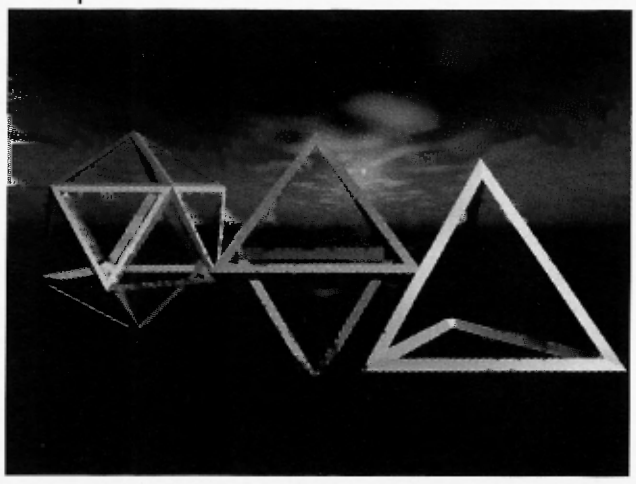


Imagen tomada de la página de Richard Hawkins. Digital Archives. Synergic Geometry Images http://www.newciv.org/Synergetic_Geometry/prime_structures.JPEG (21/02/2008)

■Ludwig Schmidt H.
Facultad de Derecho, Escuela de Derecho
Universidad Católica "Andrés Bello"
Caracas, D.C. Venezuela
lschmidt@ucab.edu.ve

Fecha de Recepción: 6 de marzo de 2008
Fecha de Aceptación: 8 de mayo de 2008

Resumen

La Ingeniería nace con el homo sapiens sapiens, específicamente, cuando se emplearon las primeras piedras como instrumentos para encender el fuego. La historia de la humanidad está llena de múltiples obras civiles, medios de transporte hasta la estación espacial, la nanotecnología, los algoritmos genéticos, la biónica, la cibernética y la telemedicina. Con el transcurso del tiempo, la Ingeniería se fue especializando, llegando en el siglo XVIII a constituirse en una multidisciplina universitaria, que en los años 70 pasa a ser una interdisciplina y que para esta década puede llegar a convertirse en una transdisciplina, debido a los esfuerzos que realiza para indagar los conocimientos requeridos para ofrecer nuevas cuotas de saber científico que permitan la realización de diversas obras ingenieriles. Este desarrollo de la Ingeniería es complementario y progresivo hacia una concepción de la complejidad ante el destinario (ser humano, naturaleza, ciencia), que trasciende del corpus de saber disciplinario e interdisciplinario, para nutrirse de la búsqueda conceptual y epistemológica holística. Este corpus de saber transdisciplinario obliga al ingeniero a comprender la relación de la tecnología y el ser humano, ergo con la vida y la ciencia misma, desde perspectivas multivariables en beneficio de la humanidad.

Palabras clave: Ingeniería, ingenio, conocimiento, disciplina, multidisciplinariedad, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad.

Abstract

The concept of engineering has existed since ancient times; it dates back to the Homo sapiens sapiens period, specifically, when stones were used as instruments to ignite fire. The history of humanity is full of multiple man-made works, from transportation devices to space stations, from genetic algorithms, nanotechnology, bionic science, to cybernetics and telemedicine. Over time, engineering has got more and more specialized, constituting itself during the XVII century as a multi-discipline in universities and colleges, evolving throughout the 1970s as an inter-discipline, and possibly becoming a trans-disciplinary science during the present decade; due to the investigation of knowledge required to achieve and, to offer new quotas of scientific data that will allow the accomplishment of diverse engineering creations. This engineering development is complementary and progressively moving towards a complex concept in front of the recipient (to be human, nature or science), which goes beyond the corpus of the disciplinary and interdisciplinary knowledge, to nourish itself from the conceptual search and epistemological holistic. This trans-disciplinary corpus of knowledge compels engineers to understand the relationship between technology and human beings, ergo with life and science itself, from a multivariable perspective in the benefit of humanity.

Key words: Engineering, Wit (or Ingenuity), Knowledge, Discipline, Multi-disciplinary, Inter-disciplinary, Trans-disciplinary.

1. Prolegómenos

Me pareció interesante plantear el tema: "De la interdisciplinariedad a la transdisciplinariedad del conocimiento en el siglo XXI en Ingeniería", por la oportunidad que este tema reviste ante la eventual actualización de la curricula de las carreras universitarias con miras a la acreditación u homologación internacional de títulos. El trabajo no será abordado desde el enfoque filosófico, sino desde el educativo y experiencial, debido a las vivencias personales que desde mis inicios como egresado de ingeniería en electrónica tuve que afrontar en el desarrollo de nuevos instrumentos biomédicos, la mejora de instalaciones y dotaciones en servicios asistenciales modulares y estructurados con capacidad de ampliarse, el diseño de proyectos de gran escala para la fabricación de equipos y sistemas de información, hasta llegar a ser hoy, un diácono y docente universitario dedicado a la Bioética y las Neurociencias. En todo este periplo de vida he tenido que transitar en la "Torre de Babel del conocimiento" entre las Ciencias Puras y las Ciencias Aplicadas, específicamente con profesionales de Medicina, Psicología, Educación, Filosofía y Teología, para poder percibir, comprender y construir "algo" que era requerido por "terceros" lo más efectivamente posible y con la calidad que permitiese un modesto aporte en beneficio de la humanidad.

Como punto de partida, tomo como primera referencia el artículo "Del 'ingenio' a la 'ingeniería'" publicado en esta revista, en su primer número. En él cuestioné ¿qué es ser ingeniero? Y prácticamente expresé que es un profesional que mediaba entre la técnica y la práctica, entre las disciplinas del saber científico y la ética, con miras a buscar la mejor solución posible a una necesidad. Entonces me pregunto: ¿La ingeniosidad puede abstraerse del contexto en que se aplica de su principal destinatario, el ser humano? Dependiendo de su respuesta, sería conveniente cuestionarse: ¿Cómo se puede diseñar un corazón extracorpóreo sin tomar en cuenta el paciente? ¿Cómo conceptualizar un vehículo sin considerar al conductor que lo manejará y sus limitaciones? ¿Cómo plantear una estación espacial sin tomar en cuenta a los astronautas que pasarán tiempo en ella aislados y en condiciones diferentes a las habituales? Puede que parezca obvio mencionarlo, pero muchas veces no se toman en cuenta estos criterios, por considerar más el producto tecnológico que el destinatario (usuario) y las condiciones ambientales, quedando relegadas a una segunda o tercera prioridad. Imagínense si se está diseñando nanorobots capaces de manipular moléculas o estructuras atómicas del tamaño de una millonésima de milímetro, que podrán habitar el interior del cuerpo humano (principalmente para vuelos tripulados hacia otros destinos estelares) para que estén siempre atentos a enfrentar cualquier virus o enfermedad que pudiera aparecer. ¿Qué

ocurrirá si se reprograman? ¿Cómo extraerlos en caso de malfuncionamiento o que entren en competencia con los glóbulos blancos u otras funciones del sistema inmunológico?

En el artículo mencionado anteriormente, se demostró que el "ingenio" es una competencia profesional que requiere de ciertas condiciones mínimas en la persona, una mentalidad abierta, despierta y creativa, más allá de ser un maestro teórico o técnico. El ingeniero es más que un mero título, como todas las profesiones se desarrolla con la maduración en el ejercicio profesional. La invención e innovación de "cosas" u "objetos", "dispositivos", "aparatos", "artificios", "artilugios", "armas" e "industrias" (obras ingenieriles), surgen de los "sueños", la "necesidad" o de "una idea genial". Imagínense emular a Leonardo DaVinci, quien supo combinar el arte con el ingenio de manera magistral, pero sí, considerar su sabiduría y criterios empleados en el diseño de sus obras. Obviamente, sin el espíritu de comparación y desde las inquietudes, habilidades y destrezas de cada uno.

2. Cambios de currículo

En la actualidad, a 40 años de la Reforma educativa de mayo de 1968, se vuelve a replantear el proceso curricular y tener que modificar los planes de estudio con miras a contextualizar los cursos y sus contenidos programáticos a las actuales circunstancias, a la rapidez de los cambios que la tecnología impone y la sociedad requiere para su desarrollo tecnológico y progreso social. Esta iniciativa parte de la Unión Europea[1] de facilitar el proceso de profesionales y la convalidación de títulos en la Comunidad, pero su concepción, ha recibido una aceptación mundial. Sin embargo, uno puede cuestionar si dicha acreditación realmente será una solución para la "aldea particular" o para la "aldea global". Todo tiene su "doble efecto".

3. Divorcio entre las ciencias y las humanidades

Circunscribiéndose a la problemática que se analiza ¿cómo se lograría una proporcionalidad entre lo técnico y lo humanístico? O tal vez, preguntarse: ¿Qué hace falta para que la obra del hombre no sea su destrucción? Y, ¿qué debería enseñarse para que se piense más integralmente en el diseño, construcción y puesta en marcha de una "obra ingenieril"? Es más, ¿cómo dar respuesta a estructuras y edificios más sanos? ¿Cómo extraer minerales sin contaminar el ambiente? ¿Por qué lanzarnos a una industrialización sin considerar las consecuencias de sus subproductos en la biosfera? ¿Por qué crear grandes complejos urbanizacionales sin considerar los requerimientos de privacidad y espacio que requiere el ser humano, además de todas las redes de servicio y aprovisionamiento requeridos para la supervivencia sana de sus futuros pobladores?

Lo cierto es que la intención no es suficiente; se requiere de una visión más amplia u holística, y esto no se resuelve simplemente con poner algunas materias humanísticas, para cumplir con un requisito solicitado por autoridades o para cumplir con exigencias regulatorias del gobierno. Se necesita establecer ejes transversales[2] de contenidos técnicos y humanísticos. Me centraré en el contenido antropoético, una perspectiva bioética en los programas de estudio que establezcan vinculaciones entre las ciencias y las humanidades que permitan comprender la dimensión humana dentro de las obras que se realizan, el cumplimiento de su gran fin de beneficio del hombre y de su mundo[3].

Ello se lograría con un estudio de necesidades de formación integral, en que el currículo sea estudiado en su globalidad y sus contenidos programáticos sean adecuados para el cumplimiento de las competencias de los futuros egresados. En esta línea, me llamó la atención leer un artículo publicado en el diario International Herald Tribune por John Schwartz, el 29 de septiembre del año pasado, en su sección de Negocios: "Building a better engineer" (Construyendo mejores ingenieros)[4], donde el autor destacaba la experiencia del Franklin W. Olin College of Engineering, destacando los resultados de su metodología, la cual se acogía a los criterios innovadores de la enseñanza-aprendizaje (que no son más que los propuestos por la UNESCO[5], hace casi diez años). Así mismo, matizaba que si bien contenía un plan de estudios estándar de ingeniería, se les enseñaba ética para el mejor uso de la tecnología. Sin embargo, si se debería considerar desde la "realidad" de las "obras ingenieriles" realizadas en la actualidad.

4. Aproximación interdisciplinaria

En Venezuela, en los años 70, se comenzó a innovar el currículo de las diversas carreras, tras las secuelas del 68. Obviamente, los responsables del currículo de Ingeniería hicieron su parte e introdujeron una serie de materias humanísticas. Cursos que tal vez sirvieron para "pensar otras cosas" diferentes a las asignaturas técnicas que a veces abrumaban, aunque siempre había como un resquemor del "porqué se daban estos cursos en vez de otras materias técnicas que uno pensaba que se necesitaban más". Décadas después, sigue la inquietud del ¿por qué estudiar materias humanísticas en Ingeniería? Creo conveniente que los docentes reflexionen sobre estos aspectos en sus cursos. Siempre hay oportunidades para reflexionar sobre las características de un buen diseño, sus implicaciones prácticas en la vida en general. Más aún, si estas materias llegan a constituirse en un eje transversal en el currículum de todas las carreras de Ingeniería se logrará el cometido de una formación integral del futuro egresado. Me pregunto: ¿Realmente se ha logrado hacer? ¿Se cuenta con mediciones de indicadores de proceso y resultado a través de cambios de actitudes y valores? ¿Cómo se garantiza una formación integral, permanente y útil para los futuros egresados? ¿Se está evaluando el impacto de estos profesionales en la sociedad? ¿Cómo establecer un currículo integral? ¿Cómo competir a nivel mundial con nuestros egresados? ¿Cómo homologar títulos y competencias profesionales? ¿Qué y cómo disponer de un modelo de pensum más acorde a las exigencias actuales? ¿Se ha realizado algún sondeo con los egresados de la universidad sobre los programas y su participación en el contexto del país? ¿Se ha evaluado la utilidad de la formación impartida con lo exigido en la calle? ¿Se habrá evaluado la idoneidad de los contenidos técnicos y humanísticos? Muchas preguntas tal vez, pero que deberían ser resueltas progresivamente para garantizar una idoneidad y eticidad de profesionales que además del ejercicio de su profesión, están haciendo transformaciones, tendiendo grandes puentes entre la Ciencia, el Hombre, la Tecnología, la Sociedad y el Ambiente.

Por ello, a finales del siglo XX, Jacques Delours (1996) [6] y un equipo destacado de especialistas internacionales, presentaron un informe a la UNESCO sobre la Educación para el Siglo XXI. Un informe que acertadamente contiene también en su título "encierra un tesoro" un erario aún no plenamente descubierto, como plantea Platón en el mito de la caverna (Rep. VII; 514a-517c y 518b-d) y de la metáfora de la línea[6] (Rep. VI, 509d-511e). Y, que fundamentalmente parte de una de las inscripciones atribuidas a los antiguos legisladores griegos, entre ellos los denominados Siete Sabios, grabadas en el frontón del templo de Delfos que Platón describe un diálogo entre Critias y Sócrates (Cárm., 165b): «conócete a ti mismo»[7]. Aunque como ingeniero se preferirá más la fórmula árabe de Ali Babá y los 40 ladrones «Ábrete sésamo». Ambos criterios deben tenerse en cuenta, la necesidad de un conocimiento personal, como contar con una clave para entrar a compartir el banco de conocimientos de la humanidad. Un conocimiento que aún está centralizado en las grandes bibliotecas del mundo, hoy comienzan a estar disponibles en prácticas bibliotecas virtuales y bancos de conocimiento especializados multilingües. Un tesoro que solo requiere el buen uso de la Internet y de su disponibilidad para hacer llegar este acervo documental a la educación virtual asincrónica. Pero al igual que es una gran oportunidad también tiene su espada de Damocles, al no saber qué y cómo pedir los trabajos, definir con criterios claros la evaluación a ser empleada y propiciar la investigación creativa que evalúe el aprendizaje.

En este mismo informe de la UNESCO, se plantea la necesidad de un replanteo de la educación ante los nuevos contextos, métodos y tecnologías disponibles. ¿Cuál ha sido el esfuerzo realizado por introducir los cuatro pilares de la formación en el currículo de ingeniería (aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos, aprender a ser)[8]? ¿Se ha pensado en un currículo más insertado a las necesidades locales? ¿Se ha pensado que el ingeniero tiene un papel preponderante en la sociedad y en la participación política del país?

Posteriormente, se aprueba La Declaración de Locarno (1997) que definió la universidad para el mañana y hacia una evolución transdisciplinar de la Universidad[9]. A partir de ese momento, se ha progresado en esta reflexión sobre la transdisciplinariedad, en especial, por la Ciencia y la Educación.

5. La ingeniería

A título anecdótico, en Argentina, el Ing. Alberto Luís Farina rememora para el día del Ingeniero un acontecimiento del año 1870, evocando las dificultades que otrora tuvieron que afrontar los primeros ingenieros universitarios para que se les respetase su titularidad y que a tal fin se designó especialmente una Comisión por parte del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, en ella se definió qué era la Ingeniería y cuál es su práctica[10]:

> Ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar, de manera óptima los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, en el contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales.
>
> La Práctica de la Ingeniería comprende el estudio de factibilidad técnico económica, investigación, desarrollo e innovación, diseño, proyecto, modelación, construcción, pruebas, optimización, evaluación, gerenciamiento, dirección y operación de todo tipo de componentes, equipos, máquinas, instalaciones, edificios, obras civiles, sistemas y procesos. Las cuestiones relativas a la seguridad y la preservación del medio ambiente, constituyen aspectos fundamentales que la práctica de la ingeniería debe observar.

Esta experiencia ocurrió de forma parecida en casi todos los países latinoamericanos, incluso en Venezuela. Los ingenieros rápidamente se dedicaron a participar en la solución de diversas inquietudes a nivel nacional. Ganándose así un sitial que no es cuestionado por ningún sector[11]. Si se hace una lectura de las biografías de los grandes ingenieros de la historia, se apreciará que todos fueron personas polifacéticas, visionarias, apegadas a ideales ambiciosos y factibles, dirigidos a la persona y la sociedad. Los ingenieros por su formación, son dados a tener diversas inquietudes intelectuales ante el mundo que les rodea.

Puede entonces definirse la Ingeniería (en sentido amplio), como una aplicación de la ciencia, en particular, en una de sus ramas básicas (química, física, biología y matemática), al proceso de transformación de algo en un producto más útil (obra ingenieril), aprovechable o de mayor valor. De igual manera, como una interdisciplina que aprovecha la experiencia y la práctica, para aplicarla con juicio en el desarrollo de manera sencilla, tecnológica y económica de información, recursos, métodos, y materiales.

Entonces si el ingeniero es un profesional, un tecnólogo, un maestro «que discurre con ingenio las trazas y modos de conseguir y ejecutar algo» (DRAE), que por sus competencias se apoya principalmente en disciplinas científicas (ciencias puras y aplicadas) y en su destinario. Éste, busca en los estudios humanísticos una comprensión de las dimensiones del hombre, especialmente antropoética. Vale la pena aclarar que el ingeniero no tiene porque convertirse en un humanista para ser un buen ingeniero, sino comprender los fundamentos antropológicos, éticos y sociales que lo habiliten para construir un mejor futuro para la humanidad y la supervivencia en el planeta que habitamos. Una forma de "consiliencia" o unidad de la ciencias que irá equilibrándose con el tiempo, en la medida que su experiencia se lo exige. ¡Claro está! Se deberá racionalizar esta realidad cuando se es estudiante y ante ciertos docentes que se enclaustran en sus materias y no visualizan la realidad «más allá de los caminos del bosque» (Holzwege) como diría Heidegger[12]. Se vive en un bosque penetrado por los diversos caminos sin rumbo concreto que los leñadores abren con el único fin de hacer transitable el bosque que talan. La cuestión de la técnica engloba el análisis de cómo la época moderna se caracteriza por una consideración del ente en la que lo que se prima es la estructura a priori que nuestro entendimiento anticipa en él, convirtiéndose, pues, la realidad en algo así como una extensión del Yo y no en algo dado a cuya donación correspondemos, sino como algo que ha de ser dominado por el cognoscente. O al menos, como escribió Nicolás de Maquiavelo para «conocer los caminos que conducen al infierno para evitarlos».

Independientemente que cuando se estudia la carrera, los contenidos humanísticos son considerados como relleno académico por parte de algunos docentes y estudiantes, sólo el desempeño profesional les irá descubriendo: ¿Hasta qué punto eso es cierto o no? ¿Cuánto del conocimiento científico no se ha nutrido del conocimiento humanístico? ¿Se seguirá viendo al mundo de las Ciencias Puras y Aplicadas divorciado del mundo Humanístico? En

este sentido coincido con Edward Osborne Wilson (1999) [41]: «Ni la ciencia ni las artes pueden estar completas sin combinar sus puntos fuertes respectivos. La ciencia necesita la intuición y el poder metafórico de las artes, las artes necesitan la sangre nueva de la ciencia».

6. Superada una época

La ingeniería pasa a ser una carrera universitaria en el siglo XVII donde se le consideraba una ciencia y un arte a la vez. Sin embargo, hoy se ve a la ingeniería como una pseudociencia, una tecnología o una disciplina aplicada de las Ciencias.

Los años 20: Una multidisciplina de la Ciencia
Ello es debido a que en los comienzos del siglo XX, marcado por las dos Guerras Mundiales, un tiempo de muerte, restricciones económicas y graves situaciones sociales, fue a la vez de creatividad y de avance científico. Este período estuvo marcado por las corrientes de la filosofía analítica[13], del empirismo lógico y del neopositivismo. Contexto propicio para que en 1922 se constituyese el Círculo de Viena (como será recordado posteriormente), constituido por eminentes pensadores de la época, liderizados por Moritz Schlick, catedrático de Filosofía de la Ciencia de la Universidad de Viena.

Este movimiento filosófico internacional fue el principal promotor del positivismo lógico[14]. Así mismo, del logicismo de Russell y las ideas del Tractatus de Wittgenstein sobre la demarcación entre ciencia y filosofía. Estos autores influyeron en las ideas filosóficas de la época, cuyos rasgos fundamentales fueron la defensa de una visión científica del mundo a través de una ciencia unificada, y el empleo del análisis lógico en la línea de Frege, Whitehead y Russell, aplicado a una orientación científica de la misma filosofía, junto con la impugnación de la posibilidad de la metafísica[15]. Así la Ciencia era sólo lo que cumpliera como plantea Mario Bunge (en sentido amplio) lo que se emplea para referirse al conocimiento en cualquier campo, pero que suele aplicarse sobre todo a la organización del proceso experimental verificable; o como diría Trefil James «La ciencia puede caracterizarse como conocimiento racional, exacto y verificable». Era como una condición de honor esta segregación, lo que llegó a ser un sueño obsesivo de la ciencia moderna, cuya ilusión era el control, la previsibilidad y la predictibilidad. A partir de ese momento, unos eran hombres de ciencia o eran humanistas. Y todavía la formación secundaria hace esa diferenciación en sus últimos años, para darte un título de "Bachiller en Ciencias o Bachiller en Humanidades". En contraste, Georges Steiner (2002) [34] en una conferencia pronunciada a humanistas y estudiantes de humanidades en la Cátedra Ferrater Mora de la Universidad de Girona expresó: «Hasta que los estudiantes de humanidades no aprendan seriamente un poco de ciencia, hasta que la gente que estudia lenguas clásicas o literatura española no estudie también matemáticas, no estaremos preparando la mente humana para el mundo que vivimos»[16]. Existe por tanto, una seria preocupación tanto por científicos como humanistas de establecer vínculos que permitan comprender e interpretar mejor la realidad actual desde diversos puntos de vista. ¿Cómo puede hablarse de bioética, de sustentabilidad, de neurociencias, ingeniería genética, del universo o del átomo?

Los años 70: Un intento de reencuentro
Así, décadas después de que se conformase el Círculo de Viena otro hito histórico lo constituyó la década de los 70 del siglo XX, donde se reitera por diversos pensadores la necesidad de establecer puentes[17] entre las ciencias y las humanidades [30]. La necesidad por construir nuevos espacios o "puentes" que permitan construir "nuevos saberes", mejores comprensiones de la realidad con sentido de responsabilidad, desde lo particular a lo global sobre las posibilidades enormes e impensables un tiempo atrás y que ofrece la tecnología.

En este período la Ingeniería viene ganando espacios en un amplio espectro del conocimiento y de la praxis humana. Grandes obras y cambios, la endiosación del hombre por sus obras. A partir de esos años se da inicio a una serie de acontecimientos que propiciaron la concepción de paradigmas holísticos ante la globalidad, sobre todo ante un vertiginoso desarrollo tecnológico, especialmente en electrónica, informática, comunicaciones, transporte, medicina y biotecnología moderna. El mundo se globaliza

como plantea Herbert Marshall McLuhan, quién pronosticó que el futuro estaría marcado por la globalidad en su obra la aldea global[18], un futuro donde se incrementa el flujo de la información y la entropía[19] y el modo en que éste se percibe viven una completa revolución[20]. Se aprecia un crecimiento desproporcionado de la tecnología y a su vez de la pobreza social, de las nuevas tecnologías educativas, de comunicación e información y donde la gente se individualiza más. Hoy se conoce más de lo que ocurre en el otro lado de la tierra y no lo que le ocurre al vecino de su casa. Además, la tecnociencia, de la que se pensaba que sólo aportaba beneficios, conlleva en estos tiempos un cuestionamiento sobre el peligro atómico y bioterrorista (guerra mundial, los atentados del metro en Japón, del 11-S en Nueva York o el 11-A en Madrid, la influenza y diversas aplicaciones de la ciencia pueden ser terriblemente inhumanas).

En los 70 se desarrollan Nuevas Técnicas Educativas, Tecnologías de Información y Comunicaciones, la Ingeniería del Conocimiento, la Robótica, la Bioética, Bioingeniería, la Biotecnología, la Ingeniería Genética con una gran cantidad de logros, pero también desaciertos, casos como las biopatentes, el uso de la información genética, los organismos modificados genéticamente (OMG) descontextualizados. Así puede citarse, el impacto ambiental de las nuevas tecnologías sobre la biosfera, el surgimiento de los grupos ecologistas, el bioterrorismo y la biopiratería, la destrucción masiva de embriones, el uso de células madre embrionales. ¿Es que todo lo que la tecnociencia realice es éticamente aceptable? ¿Hasta qué punto favorecen al hombre? ¿Hasta dónde? La actividad tecnocientífica se caracteriza como una sucesión contingente de oportunidades y circunstancias en el entramado complejo de la ciencia, la tecnología y la sociedad en torno a la vida y el ser, pero como todo, falible y sujeta a cuestionamientos bioéticos[21].

Una nueva etapa: hacia una transdisciplinariedad

Los albores del siglo XXI traen consigo nuevas problemáticas emergentes, las disciplinas revisan sus fundamentos epistemológicos, se comienzan a tener nuevos conocimientos que ponen en tela de juicio algunos de sus fundamentos, que vienen siendo tratadas con la argumentación de la pendiente resbaladiza. Por otro lado, se ha incrementado la necesidad de una ética de la profesión, la flexibilidad y apertura desde el propio campo disciplinar y multidisciplinar que caracterizó la Ingeniería, lo cual implica ciertas renuncias o aproximaciones. Desde las apreciaciones de Rene Lourau [16], mantener siempre presente una multirreferencialidad teórica, que supone saber lo que no se sabe y tener presenta la referencialidad de otras disciplinas. Imagínense un director de orquesta que tiene la tarea de coordinar un grupo de maestros que interpretan según una partitura una pieza musical, escrita para cada instrumento según un sistema de composición que toma en cuenta los rangos o registros de estos. La sonoridad esperada es función de la dirección y sus intérpretes. El director tiene que llevar el compás, indicar las entradas, marcar los acentos, grados (rubato, allegro, forte) y cualquier detalle sonoro de la pieza musical. ¿Qué pasaría si hay un retardo o cambio de nota o acento de alguna interpretación por un músico?

Además si se conjuga lo anterior con los planteamientos de Edgar Morín [22] en Los siete saberes necesarios para la educación del futuro, a saber:

1. Una educación que cure la ceguera del conocimiento.
2. Una educación que garantice el conocimiento pertinente.
3. Enseñar la condición humana.
4. Enseñar la identidad terrenal.
5. Enfrentar las incertidumbres.
6. Enseñar la comprensión.
7. La ética del género humano.

Se podrá comprender esa interpretación magistral que el Director logra en conjunto con sus músicos. Morín (1999) realiza un análisis de las Humanidades en tanto deben tener como aspiración ser: «Ciencia con conciencia, conciencia epistemológica y conciencia ética». De este modo, «crítica epistemológica y vigilancia ética se entremezclan, se apoyan y conjugan a lo largo de la dinámica elucidatoria en que esencialmente consiste la producción de una Ciencia del Hombre» [13].

Otra vez, a casi cuarenta años después, en el 2010, la sociedad y sin entrar a valorar las an-

teriores reseñas, busca nuevos caminos que tienden a ir más allá, hacia una humanización que reconsidere la cultura y tradiciones de los pueblos, vele por las consecuencias del mal llamado "desarrollo económico", "progreso social" y garantice una tecnología más humana. ¿Por qué se hablan de estos cambios? ¿Puede haber un carácter humano en la ciencia y en sus disciplinas? ¿Acaso la ciencia no es una necesidad humana?

7. Disciplinas y variaciones

La ingeniería ha sido considerada como una disciplina práctica de las ciencias básicas. ¿Pero en realidad es una disciplina[22]? ¿O por el contrario, es una interdisciplina? Más aún, ¿pudiera en el futuro la Ingeniería ser una transdisciplina[23]? Es conveniente aclarar en lo posible qué es "lo multidisciplinario", de "lo interdisciplinario" y de "lo transdisciplinario", si bien existen diferencias, no hay fronteras rígidas e inflexibles (fuzzy sets), solo desde cierto marco epistemológico, ya que este, establece o define criterios demarcatorios en relación a las límites disciplinares y sus aplicaciones son variadas por cuanto posibilita elegir teorías al momento de investigar o adherir a ellas, asumir o tener criterio y posicionamiento frente a las cuestiones interdisciplinarias, poder acceder a la constitución epistémica de cada tipo de saber, trazar fronteras entre lo que es ciencia y lo que no lo accede a estos requisitos. Si bien se emplean para plantear una combinación de dos o más disciplinas de las que se emplean conceptos, teorías o métodos, su diferencia estará en principio del cómo se empleen y la profundización de sus conocimientos al establecer "puentes" en la búsqueda de "nuevos saberes".

La Ingeniería comprende una pluralidad de conceptos, teorías o métodos de diversas disciplinas, principalmente de las Ciencias, sin que estos saberes dejen de estar ubicados en dichos contextos disciplinares como "compartimientos estancos". Cada una de estas disciplinas, constituyen el locus donde se desarrolla el conocimiento particular (conceptos, teorías y métodos). La ingeniería los toma sólo para buscar soluciones a ciertos problemas de índole técnica (techné), está orientada a fines prácticos. Así, estos conocimientos se combinan con un conjunto de procedimientos utilizados en este arte (ars) ingenieril. Luego, la "Ingeniería", tanto técnica como arte, forma parte del saber poiético o productivo, por oposición tanto al saber teórico o contemplativo (ya que no modifica su objeto), como por oposición al saber práctico que articula las acciones humanas (en la ética y la política) con el fin de conseguir la perfección o la felicidad, como diría Aristóteles.

El crecimiento del conocimiento humano conforma a la Ingeniería como una multidisciplina[24], por realizar un esfuerzo indagatorio convergente entre varias disciplinas para lograr su fin práctico. En otras palabras, tiene que abordar un cuerpo de conocimientos para dilucidar y buscar una solución viable y efectiva (Ingeniería Clínica e Ingeniería Industrial). Ante el conocimiento fragmentado en las diversas disciplinas, subdisciplinas, subsubdisciplinas, se va reduciendo al mismo a percepciones segregadas que sólo tienen sentido en ese contexto[25]. Así, las Ingenierías con el tiempo tuvieron más exigencias técnicas que no podían cubrir las disciplinas del saber humano, y procedieron a un trabajo interdisciplinario (en principio, la interdisciplina comprende la multidisciplina, en sentido amplio).

Susana Cambursano [4] dice que la interdisciplina «es un plano de mayor integración presuponiendo interacciones, promocionando espacios de confluencia y un código común para poder operar sobre individuos, grupos, comunidades. De esta interacción los profesionales emergen "enriquecidos en sus respectivos roles" y campos específicos de intervención, no sin antes resolver sus contradicciones a nivel de lo disciplinar y personal. Supone construir un discurso propio, desde lo múltiple, que permita el hallazgo de respuestas válidas. No es de ninguna manera lo contrario a la disciplina sino un producto genuino y elaborado». En este contexto se definen casi todas las ingenierías que nacen después de los años 70.

Una interdisciplinaridad que surge no sólo por emplear conocimientos intersticiales entre las disciplinas en cuestión. Sino que como un cuerpo convergente de saberes que persigue como objetivo alcanzar las necesarias "cuotas de saber" acerca del objeto de estudio novedoso, como en el caso del Proyecto Genoma Humano se logra no sólo por el avance en el conocimiento de la Biotecnología Moderna, sino por el apoyo de la Informática y la Instrumentación; la Ingeniería Genética o la Inte-

ligencia Artificial, en la que las "cuotas de saber" corresponden a arreglos particulares a los diversos estudios o situaciones. Por tanto, la interdisciplinariedad exige flexibilidad y apertura disciplinar, para establecer espacios de encuentro.

La Ciencia continúa dividiéndose para dar respuestas a situaciones cada vez más específicas (De la biología en general, a la biología animal, a la biología celular, la biología molecular). Al igual la ingeniería en seguimiento de las exigencias del contexto (p.ej.: la ingeniería de computación, ingeniería informática, ingeniería de sistemas, ingeniería cibernética). No se puede seguir fragmentando el conocimiento, sino por el contrario integrarlo, ya que al segmentarlo no sólo se parcializa cualquier estudio o conceptualización, sino que al circunscribirse cada vez más en fracciones de una ciencia, se pierde el contacto con el problema original, y hasta el propio investigador se ubica en una perspectiva que puede imposibilitarle el hacer una síntesis necesaria para interpretar la realidad compleja[26].

Sobre esta problemática, diversos especialistas han dado su voz alerta a este problema, repitiendo el mismo mensaje: «vivimos en un mundo cada vez más complejo, interconectado, cambiante y lleno de incertidumbres» ([24], [15], [36] y [5]). La especialización conduce a una fragmentación de los problemas de la realidad. ¿Cómo podemos frenar esta segmentación o al menos no perder su integridad? La interdisciplina permite ir indagando en forma más ambiciosa que la interdisciplina esas nuevas "cuotas del saber" en una forma más activa.

En el siglo XXI el ingeniero debería consolidar la mejor formación integral que permita revalorar la necesidad de sólidos conocimientos científicos con la reflexión crítica. La educación debería garantizar el rigor filosófico, conjuntamente con una crítica histórica y una visión epistémica, no mecanicista, de la ciencia junto a un conocimiento actualizado sobre la importancia y el valor de lo simbólico, de lo mítico, de las sabidurías y tradiciones religiosas en la vida social y productiva. No se quiere decir con ello, que se eduquen ingenieros humanistas, sino ingenieros con una preparación mínima que les permita una visión antropoética del complejo mundo que vivimos.

Los estudios universitarios de Ingeniería, así como de las demás carreras universitarias, transitan por una complejidad creciente que busca consolidar el objeto de estudio y el de transformación[27]. Una complejidad que parte del "encuentro" entre disciplinas el cual no es azaroso ni significa un "estado anárquico de conocimientos", sino de una necesidad de hacer ciencia con conciencia. Además, la universidad está llamada a tener un papel fundamental en el futuro desarrollo del país, en medio de los emergentes desafíos globales y de las nuevas necesidades y problemas locales y nacionales. Para ello, ya la multidisciplinariedad y la interdisciplinariedad son insuficientes para abordar las emergentes exigencias del siglo XXI.

La UNESCO y sus equipos de especialistas internacionales mencionan a la transdisciplinariedad como un medio que facilita el diálogo constructivo y respetuoso de las diversas culturas humanas. Sin embargo, la transdisciplinariedad es más que un medio, es también un fin, al humanizar la ciencia y cientifizar las humanidades, sin que ninguna de ellas pierda su esencia, sino por el contrario las fortalezca. Nicolescu (1996) plantea que la transdisciplinariedad tiene por finalidad la comprensión del "mundo presente" desde el imperativo de la unidad del conocimiento. Su interés es la dinámica de la acción inscrita en distintos niveles de realidad[28], y se apoya en la existencia y percepción de distintos niveles de realidad, en la aparición de nuevas lógicas y en la emergencia de la complejidad.

Susana Cambursano [4] dice que la transdisciplina «refiere, en cambio, un grupo interdisciplinario en el seno del cual los profesionales que lo conforman han resignificado de su rol por efecto de la acción interactiva; de este modo llegan a trascender su propio espacio disciplinar». Este es un paso más, una nueva oportunidad de generación de conocimientos ante la apertura y la prospección que uno puede realizar. Es romper con esa visión túnel para visualizar diferentes puntos de vista e interpretarlo ante ese corpus de saberes innovadores y basados en los criterios de los siete saberes para la educación del siglo XXI.

La transdisciplina busca también obtener innovadoras cuotas de saber o al menos, análogas

sobre diversos objetos de estudio (disciplinarios, multidisciplinarios o interdisciplinarios) y ello se aprecia en los estudios de complejidad que tienen p.ej., en la Bioética, Biopolítica u holismo ambientalista (Ingeniería Ambiental). Se han entreverado de tal manera los saberes, las ideas, los valores y las obras del hombre, que constituyen parte de los fundamentos mismos de la cultura de una sociedad. En este sentido, la universidad tiene que ser repensada en términos de su función cognitiva: ¿qué y cómo enseñar? ¿Para qué formar?, ¿qué indagar y cómo generar nuevos conocimientos, nuevas obras, dispositivos, equipos y maquinarias?

8. Epílogo

Retomando el referente del "ingenio" como competencia fundamental del profesional de la Ingeniería, hay que ratificar que éste no es estático y dependiente de invocación a musas mitológicas, sino al contrario, tiene una naturaleza dinámica, inquieta, observadora , cuestionadora. Por eso, muchas veces, no se ata a convencionalismos, salvo en materia de normas de seguridad, para buscar mejorar las cosas que usa o desea usar de la mejor e innovadora forma posible. Por tanto, el ingenio se manifiesta en cualidades como aguzar, la inventiva, la imaginación, la genialidad, la originalidad, la curiosidad, la astucia y la perspicacia. De esta manera, la educación tradicional comienza a sentirse desplazada por el corpus de saberes científicos y humanísticos están disponibles a través de Internet, el avasallante desarrollo de las TIC. Las nuevas técnicas educativas buscan aliarse estratégicamente con la universidad, al ser esta tecnología más accesible y disponible con mayor flexibilidad y versatilidad que otrora tuviéramos los que hoy tenemos que decidir el futuro de nuestros estudiantes. Ello requiere de metodologías y modalidades instruccionales mixtas que permitan a través de evaluaciones permanentes e innovadoras, seguir el aprendizaje de los estudiantes desde diversos ángulos, garantizando una formación integral y transdisciplinaria. Una combinación de modalidades presenciales y virtuales. No todo puede ser presencial ni todo virtual, requiere de criterios educativos y nuevas tecnologías que no estandaricen a los estudiantes ni despersonalizar la formación a meros datos, conceptos y metodologías aprendidas.

El ingenio es clave en el éxito profesional del ingeniería, ya que lo capacita en el manejo de un conjunto de técnicas que le permitan aplicar el saber científico a la mejor utilización de la información, recursos, métodos y materiales, mediante invenciones o construcciones útiles para el hombre, en general, para el beneficio del ser humano, su calidad de vida y de su ambiente en general. El ingenio no es competencia exclusiva del ingeniero, sino también de los educadores responsables de esta labor curricular. Por ello, la propuesta de ir de la interdisciplinariedad a la transdisciplinariedad, requiere que las bases interdisciplinares iniciadas con los ejes transversales de las actuales materias humanísticas permitan generar un nuevo corpus de saberes que recorran todo el currículo de estudio. Por ello, la insistencia que se hace en que se considere estas materias no son sólo un curso aislado o impuesto por las autoridades, para dictar una serie de temas de carácter humanístico, sino un contenido programático diseñado para complementar un currículo técnico desarticulado del ser humano. Uno o varios cursos islas dentro de un programa, sino develador del "tesoro encerrado", distribuido y relacionado al saber científico a lo largo de toda la formación. Así, la experiencia de formación antropoética que es fundamental en ese complemento se fortalecerá a lo largo de la carrera.

Dentro de la perspectiva de la interdisciplinariedad se consideró que dichos contenidos podían ser los mismos para las diferentes carreras, sin embargo el tiempo ha demostrado que no se alcanza este propósito si no se estudian estas necesidades en forma diacrónica y sincrónica, e involucrando a las diferentes áreas y niveles de conocimiento dentro de un currículo de estudio. A su vez, se debería considerar establecer perspectivas convergentes y divergentes dentro de una misma área de conocimiento, desarrollar metodologías problematizadoras que impliquen rupturas a conocimientos preestablecidos (desaprendizaje-reaprendizaje), lo que permitiría establecer un paradigma transdisciplinario.

Los ejes transversales y horizontales que se desarrollen en el currículo no deberían crear grandes cambios en cuanto a los contenidos técnicos que se imparten, sino concienciar la naturaleza humana, su ser-en-relación, su ser-para-los-demás y su ser-con-el-mundo, desde enfoques antropológicos, éticos, sociales y político-culturales. Reiterando, no

para crear ingenieros humanistas, sino ingenieros que al ingeniar algo piensen en su destinatario o usuario y sus efectos en el entorno.

La transversalidad debería expresarse en el adecuado tratamiento de contenidos conceptuales cuyo aprendizaje promueva la concienciación y cambios actitudinales. Es decir que los ejes temáticos transversales favorezcan, no sólo a la adquisición de datos e información técnica relevante y significativa para sus competencias de ingenio, sino también concebidas para el desarrollo de estructuras de pensamiento y de acción tecno-ético.

El ingeniero es uno de los grandes corresponsables de la historia de la humanidad, tal y como desde que el hombre aprendió a emplear herramientas, como desde el hacer fuego, fue capaz de construir vías, viviendas, acueductos, fuertes, armas hasta las más complejas tecnologías para poner la estación espacial internacional en órbita o con fines de salud, con la biomedicina, la telemedicina o los nanorobots.

La transdisciplinariedad es un espacio de oportunidades para la Ingeniería, una sinergia intelectual que se realiza en un espacio de alteridad consilienciar, para convocar al profesional a una ardua y consensuada tarea de encuentro y reconocimiento de la intersubjetividad humana y de una profunda reflexión epistemológica científica. La Universidad es a su vez, espacio privilegiado para el formación de estas prácticas, solventando la crisis de los programas disciplinares propias de las circunstancias de los tiempos deberá sustentarse en estos dos pilares de ética y epistemología en las diversas carreras, para cumplir con su llamada a ser "'Universitas magistrorum et scholarium' que consagra a la investigación, a la enseñanza y a la formación de los estudiantes, libremente reunidos con sus maestros animados todos por el mismo amor al saber.

9. Referencias

[1] Bateson, G. (1998): *Pasos hacia una ecología de la mente.* Buenos Aires: Lohlé-Lumen.

[2] Bertalanffy L. von (1979): *Perspectivas en la teoría general de sistemas.* Madrid: Alianza.

[3] Bunge, M. (1995): *Sistemas sociales y Filosofía.* Buenos Aires: Editorial Sudamericana.

[4] Cambursano, S. (2006): *Interdisciplina, transdisciplina y multidisciplina. Prácticas en docencia e investigación. Importancia, limitaciones y cuidados.* Conferencia en II Jornadas de Trabajo Social. Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Catamarca.

[5] Castells, M. (1998): *"Paraísos comunales: identidad y sentido en la sociedad red", en La era de la información. Economía, sociedad y cultura.* Vol. 2. *El poder de la identidad.* Madrid, Alianza, pp. 27-90.

[6] Delors, J. et al.: En *La Educación encierra un Tesoro:* Compendio del Informe de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI (UNESCO, París 1996).

[7] Etzioni, A. (1999): *"Pluralismo en la unidad", en La nueva regla de oro. Comunidad y moralidad en una sociedad democrática.* Barcelona, Paidós, pp. 225-253.

[8] Flores Malagon, A. et.al (2002): *Desafíos de la Transdisciplinariedad.* Bogotá: Pensar, Universidad Javeriana.

[9] Foucault, M. (1966): *Les Mots et les choses* (Gallimard, 1966). Trad.: *Las palabras y las cosas* (Madrid: Siglo XXI, 1968).

[10] Foucault, M. (1968): *Archéologie du savoir* (Gallimard, 1969).Trad.: *La arqueología del saber* (Madrid: Siglo XXI, 1970).

[11] Fernández Buey, F.: *"Ciencia, tecnología y humanidades para el siglo XXI. Ideas en torno a una tercera cultura"* En *Ciencia, Tecnología y Sustentabilidad.* El Escorial, julio 2004:1-15.

[12] García Canclini, N. (1995): *"Las identidades como espectáculo multimedia"*, en *Consumidores y ciudadanos. Conflictos multiculturales de la globalización.* México, Grijalbo, pp. 107-116.

[13] Guariglia, O., et.al. (2000): *Reflexión ética en educación y formación. Formación de for-*

madores. Buenos Aires: Ediciones Novedades Educativas.

[14] Habermas, J. (1992): *"La construcción complementaria del mundo social y el mundo subjetivo", "Excurso sobre identidad e individuación" y "Puntos de engarce para una teoría de la acción comunicativa"* en *Teoría de la Acción Comunicativa, II. Crítica de la razón funcionalista*. Madrid, Taurus, pp. 44-64, 139-154 y 542-572.

[15] Laszlo, E. (1995): *The interconnected universe: conceptual foundations of transdiciplinary unified theory*. Singapore: World Scientific Publishing.

[16] Lourau,R. (1975): *"El analisis institucional"* Buenos Aires: Amorrortu.

[17] Lovelock, J.E. (1980): The Independent Practice of Science. *The Co-Evolution Quarterly*. Spring, 28.

[18] McLuhan, M., Powers, B. R.: *La aldea global*, (Barcelona, Gedisa, 1995).

[19] Mead, G. H. (1982): "La persona", en *Espíritu, persona y sociedad*. Barcelona, Paidós, pp. 167-248.

[20] Miller, J.P. (1996): *The holistic curriculum*. Toronto, ON: OISE Press.

[21] Morin, E. (1995): *"Sobre la Interdisciplinariedad"*. En *Revista Complejidad*, Año 1, N° 0.

[22] Morin, E. (1999): *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur* (Paris, UNESCO) [23] Traducción al castellano por Mercedes Vallejo-Gómez: *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro* (Barcelona, Paidos, 2001).

[24] Morin, E. y Kern, A.B. (1993): *Terre patrie*. París: Le Seuil.

[25] Motta, Raúl (1999): *"Complejidad, educación y transdisciplinariedad"*. En Revista Polis N° 3.

[26] Murray, E. L. (1986): *Imaginative thinking and human existence*. Pittsburgh, PA: Duquesne University Press.

[27] Nicolescu, Basarab (1996): *"Physique quantique et niveaux de Réalité"*. En *La Transdisciplinarité*. Mónaco: Ed. Du Rocher.

[28] Peat, F.D. (1991): *The philosopher stone: chaos, synchronicity, and the hidden order of the world*. New York, NY: Bantam Books.

[29] Pinnar, W., Reynolds, W., Slattery, P., & Taubman, P. M. (1995): *Understanding curriculum. An introduction to the study of historical and contemporary curriculum discourses*. New York, NY: Peter Lang.

[30] Potter V.R. (1971): *Bridge to the Future*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

[31] Prigogine, I. & Nicolis, G. (1989): *Exploring complexity: an introduction*. New York, NY: Freeman and Company.

[32] Prigogine, I. (1996): *The end of certainty. Time, chaos, and laws of nature*. New York, NY: The Free Press.

[33] Rea, D. & Ambrose, K. (1999): *A conceptual continuum for facilitating complex education: teaching and learning on the edge of chaos. Paper Presented to the American Educational Research Association*. Montreal, Canada, April, 1999.

[34] Steiner, G. (2002): *Ciencia, tecnología y humanidades para el siglo XXI*. En Tripodos n° 12. Barcelona.

[35] Taylor, Ch. (1996): *"Conclusión: los conflictos de la modernidad"*, en *Fuentes del yo. La construcción de la identidad moderna*. Barcelona, Paidós, pp. 517-543.

[36] Touraine, A. (1997): *¿Podremos vivir juntos? Iguales y diferentes*. Madrid, PPC.

[37] Vilar, S. (1997): *La nueva racionalidad*. Barcelona: Kairós.

[38] Watts, A.W. (1966): *The book on the taboo against knowing who you are*. New York, NY: Random House.

[39] Whitehead, A. N. (1925/1967): *Science and the modern world*. New York, NY: Free Press.

[40] Whitehead, A. N. (1929/1967): *The aims of education*. New York, NY: Free Press.

[41] Wilson, E.O. (1999): *Consilence: the unity of knowledge*. New York, NY: Vintage Books.

10. Notas y referencias

1 Reunión de los Ministros de Educación Europeos, Declaración de Boloña (29 de junio de 1999)-Berlín(2003), disponible en: http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/bologna_declaration.pdf

2 Con el término "transversal" se hace alusión a la ubicación o al espacio que se pretenden ocupen ciertos contenidos dentro de la estructura curricular de cada ciclo o nivel. Estos contenidos son concebidos como ejes que atraviesan en forma longitudinal y horizontal el currículo, de tal manera que en torno a ellos se articulan los temas de las diferentes áreas de formación.

3 Edgar Morin (1999:114) plantea que los lineamientos de una antropología ética, la que el apoda «antropoética», sobre todo con miras al siglo XXI y fundamentándose en las experiencias de un siglo XX que trajo grandes cosas a la sociedad y a la vez calamidades, algunas de las cuales pudieron ser evitadas, cito:

La antropoética supone la decisión consciente y clara:

De asumir la humana condición individuo-sociedad-especie en la complejidad de nuestra Era.

De lograr la humanidad en nosotros mismos en nuestra conciencia personal.

De asumir el destino humano en sus antinomias y su plenitud.

La antropoética nos pide asumir la misión antropológica del milenio:

Trabajar para la humanización de la humanidad.

Efectuar el doble pilotaje del planeta: obedecer a la vida, guiar la vida.

Lograr la unidad planetaria en la diversidad.

Respetar en el otro, a la vez, tanto la diferencia como la identidad consigo mismo.

Desarrollar la ética de la solidaridad.

Desarrollar la ética de la comprensión.

Enseñar la ética del género humano.

La antropoética conlleva, entonces, la esperanza de lograr la humanidad como conciencia y ciudadanía planetaria. Comprende, por consiguiente, como toda ética, una aspiración y una voluntad pero también una apuesta a lo incierto. Ella es conciencia individual más allá de la individualidad.

4 Artículo también disponible en: http://www.iht.com/articles/2007/09/28/news/wbolin.php?WT.mc_id (20/02/2008).

5 Declaración Mundial sobre la Educación Superior en le Siglo XXI: Visión y Acción y Marco de Acción Prioritaria para el Cambio y el Desarrollo de la Educación Superior. (UNESCO, 09/10/1998) Si tienen interés pueden consultarlo en Internet: http://www.unesco.org/cpp/sp/declaraciones/world.htm.

6 En la La República, Libro VI, 509d - 511e (Metáfora de la línea). (Instituto de Estudios Políticos, Madrid 1969, edición de J. M. Pabón y M. Fernández Galiano, vol. II: 218-222).

7 Platón, Cármides, 165b. En Obras completas Madrid:Aguilar, 1972: 276.

8 Delours et al, o.c. Cap. 4:34.

9 Declaración y recomendaciones del Congreso Internacional de Locarno (Del 30 de abril al 2 de mayo de 1997). Disponible en http://nicol.club.fr/ciret/locarno/loca7sp.htm.

10 Cita tomada del Día del Ingeniero en Electroindustria.com en: http://www.electroindustria.com/nuevo/ aplicacion .asp?inf_id=1253 (21/02/2008).

11 Se citan por ejemplo: Arcila Farías, Eduardo, Historia de la ingeniería en Venezuela, Caracas, Colegio de Ingenieros de Venezuela, 1961; y Méndez; Nelson (2002): Esbozo cronológico comentado para una historia social de la ingeniería en Venezuela. En Revista de la Facultad de Ingeniería, Vol. 12, Nº 1-2, diciembre 1997, pp. 7-12. Disponible en Analíca.com. http://www.analitica.com/Bitblio/nelson_mendez/ingenieria.asp.

12 Heidegger, Martín: Holzwege trad. Sendas perdidas. Buenos Aires: Losada, 1979.

13 el conjunto de tendencias de filosofía del lenguaje, resultado del giro lingüístico producido en las primeras décadas del s. XX, que como característica común sostienen que los problemas filosóficos consisten en confusiones conceptuales, derivadas de un mal uso del lenguaje ordinario y que su solución consiste en una clarificación del sentido de los enunciados cuando se aplican a áreas como la ciencia, la metafísica, la religión, la ética, el arte, etc.

14 El manifiesto publicado y redactado por Neurath, Hahn y Carnap, el primer escrito expresó sus fundamentos, La concepción científica del mundo: el Círculo de Viena. Sus principales miembros del Círculo fueron, además del propio Schlick, G. Bergmann, H. Hahn, Ph. Frank, O. Neurath, V. Kraft, H. Feigl, F. Waismann, K. Gödel, R. Carnap y otros; Ramsey y Reichenbach eran considerados miembros simpatizantes y otros, entre los que destacan Einstein, Russell y Wittgenstein, miembros honoríficos del mismo.

15 El mismo año 1929 tuvo lugar su primer congreso internacional en Praga, al que siguieron otros entre 1930 y 1940. Tras la ascensión al poder del partido fascista austríaco, en 1934, el asesinato de Schlick por un alumno nazi, en 1936, y la invasión final de Austria por Hitler el 12 de marzo de 1938, se produjo la diáspora definitiva de la totalidad de los miembros del Círculo a países de habla y cultura inglesas y su desintegración como grupo, ya iniciada unos años antes por traslados o fallecimientos de sus componentes. Las ideas del Círculo de Viena, que se han denominado también neopositivismo, o empirismo lógico, se expanden a partir de este momento por diversos países -pero no en Alemania-, y en esta labor colaboran principalmente filósofos ingleses y americanos que habían asistido a anteriores reuniones del Círculo en Viena, en especial Willard Orman Quine, de Harvard, y Alfred Jules Ayer, de Oxford. Desde 1930 el Círculo edita su propia revista: «Erkenntnis» (Conocimiento), denominada, a partir de 1938, «The Journal of Unified Science», publicación suspendida en 1940 a causa de la guerra. Establece asimismo contactos con otros grupos filosóficos de otros países, como por ejemplo, el «grupo de Berlín» (Reichenbach, Hempel, etc.) y un grupo de filósofos polacos (Twardowski, Chwistek, Ajdukiewicz, Lukasiewicz, Kotarbinski, Lesniewski, Tarski y otros).

16 Cit. de Francisco Fernández Buey: "Ciencia, tecnología y humanidades para el siglo XXI. Ideas en torno a una tercera cultura" En Ciencia, Tecnología y Sustentabilidad. El Escorial, julio 2004:1-15.

17 Estas ideas son anteriores, p.ej: el polifacético jesuita alemán Athanasius Kircher (1602-1680) y a su visión imaginativa y poliédrica del mundo.

18 McLuhan, M., Powers, B. R.: La aldea global, (Barcelona, Gedisa, 1995).

19 Futurólogos como Alvin Tofler en El Shock del Futuro, La Tercera Ola y El Cambio en el Poder, ha descrito el perturbador estado de ánimo del hombre de nuestro tiempo, atrapado y fascinado por la transición entre la sociedad industrial y la sociedad de la información, o también llamada sociedad del conocimiento. Por otra parte, Las tendencias de cambio vienen siendo expuestas por John Naisbitt en Megatendencias, Megatendencias 2000 y Global Paradox. Este autor reflexiona y formula sustantivos aportes en torno a los cambios de paradigma que, en las esferas del poder y la organización económica, trae consigo una sociedad altamente interconectada.

20 Con esto se refería a que la historia del mundo es cíclica y que siempre retornamos al pasado. Un ejemplo es que la televisión involucra sentidos que eran importantes en la antigüedad, pero que fueron olvidados cuando llegó la imprenta. No obstante, el término aldea global se utiliza hoy en día para hablar de la globalización; es decir, de la información que trasciende fronteras, que circula por todo el mundo y que pretende lograr que éste sea una gran comunidad.

21 Por otra parte, cada época en la que se han producido notables avances técnicos ha sido acompañada por una cierta mitificación y unos ciertos temores. El miedo a que el hombre sea dominado por la técnica ha estado presente a partir del mismo momento en que se ha producido una importante presencia de la técnica en la sociedad. Así, las reacciones contra el maquinismo, por ejemplo, son expresión de este temor. Pero es el uso social de la técnica, más que la técnica misma, lo que en realidad se cuestiona. Esta reacción contra la técnica ha revestido las más diversas formas.

22 «Para Edgar Morin la categoría "disciplina" tiene una función organizacional en el seno del conocimiento científico. Las disciplinas se instituyen mediante la demarcación, división y especialización del trabajo, y desde allí responden a los distintos dominios predeterminados por el paradigma dominante. Las disciplinas tienden naturalmente a la autonomía, que ejercen a través de la delimitación de sus fronteras, de la lengua que ellas constituyen, de las teorías que les son propias y de las técnicas que elaboran y utilizan en sus investigaciones.

Las disciplinas tienen una historia, es decir, nacen, se institucionalizan, evolucionan, se dispersan, etc. Esta historia se inscribe en la historia más amplia de las universidades, es por ello que las disciplinas también son el producto de la organización de las universidades en el Siglo XIX. A su vez la historia de las universidades se halla inscrita en la historia de las sociedades, por lo tanto una disciplina es el producto de la convergencia de procesos exógenos (cambios sociales y transformaciones socio-organizacionales) y endógenos (reflexión interna sobre la generación de sus propios conocimientos y, sobre la elaboración y el perfeccionamiento de sus métodos de investigación). Por todo lo dicho anteriormente, Edgar Morin afirma que ninguna disciplina puede exclusivamente desde su interior conocer todos los problemas referentes a su propio despliegue y conformación. (Morin, 1995)» (Motta, 2002).

23 Rolando García expresa que el término "transdisciplinariedad" es de origen reciente y está sujeto a un debate que, como tal, produce una cierta ambigüe-

dad en su significación y aplicación. A esto se agrega el problema de que este término sugiere relaciones de transformación que exceden el propio campo científico, y a su vez, ponen en cuestión su organización y autonomía.

24 Sin embargo, este análisis no basta para disipar confusiones, malos entendidos y falsas expectativas. Es muy común confundir el trabajo multidisciplinario con una actividad interdisciplinaria, cuando en realidad se trata de una relativa comunicación o intercambio entre profesionales de diversas áreas. Así como también se observa con frecuencia la confusión entre actividades interdisciplinarias con organización pluridisciplinaria, que en la mayoría de los casos es una yuxtaposición de disciplinas y actividades.

25 «Realizando un sencillo análisis de la información existente en los diccionarios de la lengua castellana, se advierte que mientras los prefijos "pluri" y "multi" se refieren a cantidades (varios, muchos), los prefijos "inter" y "trans", aluden a relaciones recíprocas, actividades de cooperación, interdependencia, intercambio e interpenetración. De esta manera, se puede comprender que las referencias a actividades inter y transdisciplinarias planteadas para el presente trabajo, sugieren que son dinámicas e interactivas que tienen por consecuencia una transformación recíproca de las disciplinas relacionadas en un campo/sujeto/objeto/contexto determinado» (Motta, 2002)

26 Como señala Bunge: "Se está tornando cada vez más evidente que la mayoría de los objetos con que tratamos, particularmente en lo social, son sistemas especialistas estrechos. Estamos aprendiendo gradualmente, a veces a altos costos, que el mejor experto es el multidisciplinario. Ya no despreciamos al generalista, a menos, claro está, que sea un aficionado en todo lo que trata. También estamos aprendiendo que los modelos de caja negra, por serviciales que sean, son superficiales. Estamos aprendiendo que, si queremos saber cómo funciona un sistema, o si queremos mejorar su diseño, o repararlo, debemos conjeturar o exhibir su composición y su estructura, así como explorar el entorno con el que interactúa"(Bunge 1995:12s).

27 La permanente intención de simplicar tanto las cosas para hacerlas comprensibles han llegado a distorsionar la realidad y el abordaje de temas complejos se ven difíciles de realizar, como «Nociones hoy arquetípicas del enfoque 'de la Complejidad', como "caos", "atractores", "espacio de fases", fueron asimiladas desde los estudios de la Dinámica Física; otras, como las nociones de "estructuras disipativas" y "ciclos autocatalíticos", se incorporaron desde la Termodinámica Física o Química y/o la Químico-Física; nociones como las de "bifurcaciones" y "fractales" usufructuaron desarrollos de la Dinámica Física y las Matemáticas; y la de "borrosidad" se incorporó desde la Lógica y las Ciencias Sociales; por su parte, las de "red distribuida", "red de redes", "retroalimentaciones", "conectividad", fueron tomadas de la Cibernética, las Neurociencias, la Sociología» (Motta, 2002).

28 Es importante considerar que el corpus de saberes que se ha de considerar, no requiere de aquellas realidades tal y como a veces se presentan, sino desde enfoques problematizadores considerar otras perspectivas no expuestas de la realidad compleja que nos rodea. «Nicolescu define por realidad aquello que Maine de Biran entendía: la realidad es lo que se resiste a nuestras experiencias, representaciones, descripciones, imágenes y formalizaciones matemáticas. La física cuántica muestra que la abstracción no es un simple intermediario entre nosotros y la naturaleza, o una herramienta para describir la realidad, sino que es parte constitutiva de la naturaleza. La realidad no es, para Nicolescu, solamente una construcción social, el producto de un consenso social y un acuerdo intersubjetivo, sino que también tiene una dimensión "trans-subjetiva". Según Basarab Nicolescu no debemos confundir "niveles de realidad" con "niveles de organización": Los "niveles de organización" corresponden a estructuraciones diferentes de las mismas leyes fundamentales. Puede existir una pluralidad de niveles de organización en un mismo nivel de realidad. Hay "niveles de realidad" cuando al pasar de un nivel a otro existe una ruptura en las leyes y conceptos fundamentales como por ejemplo la causalidad. (Nicolescu 1996)» (Motta, 2002).

COMPARACIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE CÁLCULO DE CARGA MÁXIMA APLICADA A LAS LOSAS MACIZAS CON VALORES OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE SOBRE LOSAS DE IGUAL DISEÑO

■ Mario Paparoni
Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Católica "Andrés Bello". Caracas, DC. Venezuela. mpapar@ucab.edu.ve

■ Karlys C. Guzmán Peña.
Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Católica "Andrés Bello". Caracas, DC. Venezuela. karlyscgp@gmail.com

■ Neiris Gabriela Rodriguez Ruz.
Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Católica "Andrés Bello". Caracas, DC. Venezuela. gabrielaruz@hotmail.com

Fecha de Recepción: 25 de marzo de 2008
Fecha de Aceptación:16 de mayo de 2008

Resumen

El presente trabajo hace un estudio de los diferentes métodos de **diseño de losas**, de manera tal que sirva como una herramienta al lector, para formarse un criterio respecto a cual método escoger según sea la situación que se presente.

El estudio de los diferentes métodos para el cálculo de losas consiste en el análisis de sus antecedentes, usos, ventajas y desventajas aplicado en una losa rectangular simplemente apoyada; la cual es diseñada por los métodos de **Líneas de Rotura**, **Cargas Arbitrarias**, **Marcus** y **Timoshenko**, para luego ser comparados entre sí, sus resultados y valores de diseño.

Luego de toda esta recopilación de datos, y diseño de la losa por los cuatro métodos antes mencionados y el análisis exhaustivo de todo lo expuesto, se logra mostrar una serie de diagnósticos de utilidad.

Es nuestro deseo que este trabajo facilite la escogencia del método más adecuado, de acuerdo con las exigencias del caso en estudio. Ya que no es necesario emplear tratamientos tan rigurosos

y tan exactos, sino que a través de métodos más sencillos es posible obtener resultados igualmente satisfactorios, siempre y cuando la losa resista la carga de servicio y además cumpla con los límites aceptables de deflexión y agrietamiento.

Summary

This work is a compilation of different **slab design** methods and it have the intention to bring to the readers a useful tool that could help them to choose the most appropriate design method. When a slab design take place, keeping in mind the particular conditions of every situation.

The study of this different slabs calculation methods consists of the analysis of its precedents, uses, advantages and disadvantages, applied to a rectangular simply supported slab calculation; who is designed by the methods of: **Break Lines**, **Arbitrary Loads**, **Marcus** and **Timoshenko**, and then compare the differences of values and results between them.

After the compilation of the input data and designs by the methods previously mentioned and making a exhaustive analysis, we show a series of useful diagnoses.

It is our desire that this work facilitates the choice of the most suitable slab design method, in agreement with the requirements of the study, because it is not necessary to use so rigorous and exact treatments, when with much simpler methods it is possible to obtain satisfactory results, Althought so the slab resists the design solicitations.

1. Planteamiento del problema

Hay muchos métodos de Cálculo de Losas Macizas que se enseñan en clase, pero hay muy pocas referencias bibliográficas sobre su verificación experimental, por ello surgió la necesidad de hacer un estudio para analizar cuatro (4) Métodos que se usan para dicho cálculo y a su vez compararlos con resultados experimentales provenientes de otro Trabajo Especial de Grado.

Para este caso de estudio se analizarán los siguientes Métodos: Solución Clásica de St. Venant (Timoshenko), Método de Marcus, Método de las Líneas de Rotura y Método de las Cargas Arbitrarias.

La evaluación de los Métodos antes mencionados y la comparación de los mismos es de suma importancia, ya que se podrá recomendar el que resulte razonablemente más acorde con los resultados experimentales encontrados, a su vez se podrá observar cuál será en la realidad la resistencia de una losa simplemente armada; todo esto con la finalidad de dejar registros comparativos para facilitar posteriores estudios acerca de este tema.

Este trabajo pretende demostrar que en algunos casos, no es necesario emplear tratamientos tan rigurosos y tan exactos, sino que a través de métodos más sencillos es posible obtener resultados igualmente satisfactorios, siempre y cuando la losa resista la carga de servicio y además cumpla con los límites aceptables de deflexión y agrietamiento.

2. Objetivos del proyecto

Este estudio tiene por objetivo general "Comparar y analizar los resultados teóricos obtenidos a través de métodos de Cálculo de Losas Macizas que se suelen enseñar en las carreras de ingeniería entre si y al mismo tiempo compararlos con los resultados experimentales provenientes de otro Trabajo Especial de Grado". Con el fin de saber cual es el factor de seguridad que cumple esta comparación, y cual sería el método escogido que resulte más confiable a la hora de diseño de losas macizas.

Objetivos Específicos

- Evaluar teóricamente con el Método Solución Clásica de St. Venant (Timoshenko).
- Evaluar teóricamente con el Método de Marcus.
- Evaluar teóricamente con el Método de las Líneas de Rotura.
- Evaluar teóricamente con el Método de las Cargas Arbitrarias.
- Comparar los resultados de cada uno de los métodos antes mencionados para ver si se

asemejan los valores y observar cuales difieren más y por qué sucede esa diferencia.

- Establecer un reporte de las diferencias cuantitativas encontradas en la comparación antes expuesta.
- Comparar cual de los valores obtenidos se asemeja más a los valores obtenidos experimentalmente y analizar su diferencia.

3. Metodología

Este trabajo es teórico comparativo. Debido a la necesidad de comprobar la efectividad de alguno de los métodos existentes para el cálculo y diseño de losas macizas con los resultados encontrados en el ensayo de una losa maciza de iguales dimensiones y características; a su vez se quiere observar mediante una comparación entre cada método, cual de ellos es más confiable o más sencillo de aplicar.

Todo esto se hace con la finalidad de simplificar el estudio de losas macizas para hacer el trabajo rápido y efectivo a la hora de la construcción, pues los procedimientos de cálculo complejo suelen ser frente de errores, al perderse en el camino los sentidos físicos de las variables que manejamos.

La metodología utilizada en el desarrollo del presente trabajo a fin de cumplir con los objetivos planteados fue la siguiente:

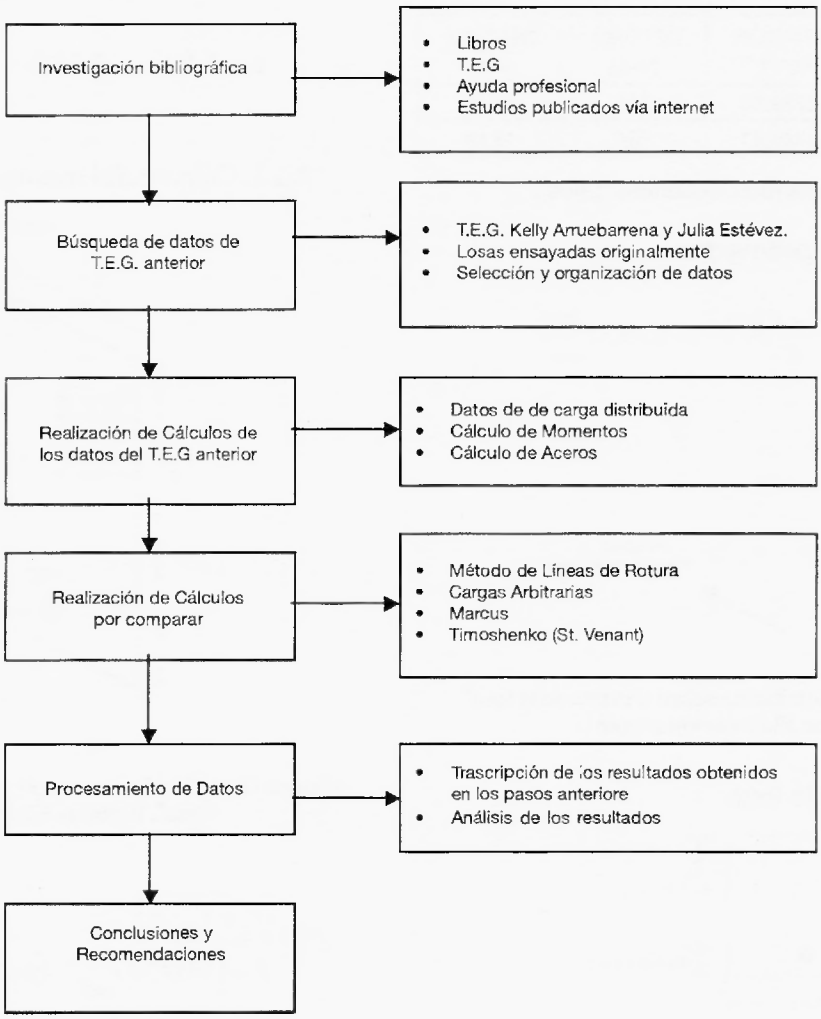


Figura 1. "Metodología empleada para el desarrollo del trabajo". Fuente: Elaboración propia

4. Resultados

En esta sección se presentarán los procedimientos con sus respectivos cálculos de cada uno de los métodos estudiados, así como también los resultados experimentales del trabajo en el cual nos basamos.

4.1. Resultados experimentales (basados en el trabajo anterior)

En el estudio anterior se construyeron losas macizas de 60 cm de largo por 40 cm de anchura y 2,5 cm de espesor, con un acero colocado uniformemente cada 2.5 cm de $A_s = 3.8 mm^2$.

LOSA	PRESIÓN (atm)	PRESIÓN (kgf/m^2)	DEFORM. (pulg)	DEFORM. (mm)
1	0,609	6289,68	636	16,15
2	0,615	6349,21	734	18,64

Tabla 1. "Resultados experimentales"

Carga distribuida promedio:

- $Wprom = \frac{6289{,}68 + 6349{,}21}{2} = 6319{,}45 \frac{kgf}{m^2}$
- $W_{exp} = 0.63 \frac{Kgf}{cm^2}$

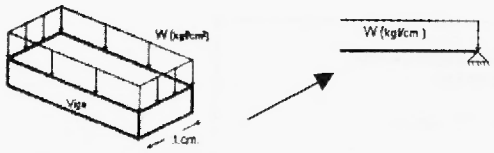


Figura Nº 2. "Carga distribuida sobre una tira de la losa". Fuente: Elaboración propia.

Configuración de la losa:

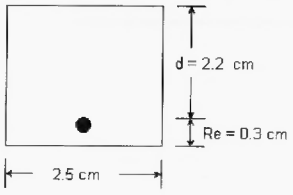


Figura Nº 3. "Dimensiones de sección transversal de la losa". Fuente: Elaboración propia.

- $\phi_{cabilla} = 2.20mm$
- $A_s = \pi \cdot r^2$

  $A_s = \pi \cdot (1.10mm)^2$

  $A_s = 3.8mm^2 = 0.038cm^2$
- $f'_c = 212 \frac{kgf}{cm^2}$
- $F_y = 3637 \frac{kgf}{cm^2}$
- $\text{Re}cumbrimiento = 0.3mm$
- $\rho = \frac{A_s}{a \cdot b} = \frac{\left(\frac{\pi}{4}\right)(0.22cm)^2}{(2.5cm)(2.5cm)} = \frac{0.03813}{7.5}$

$$\rho = 6.08\% \approx 0.61\% > 0.25\%$$

4.1.1. Cálculo del momento proveniente de los resultados experimentales

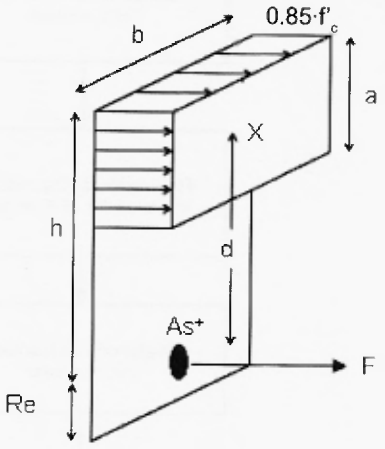


Figura Nº 4. "Esfuerzos aplicados sobre la sección de losa". Fuente: Elaboración propia.

- $\boxed{F = F_y \cdot A_s}$

  $F = \left(3637 \, kgf/cm^2\right) \cdot \left(0.038cm^2\right)$

  $F = 138.206kgf$

- $\boxed{F = f'_c \cdot a \cdot b}$

$$138.206kgf = \left(212\,{}^{kgf}/_{cm^2}\right)\cdot(1cm)\cdot a$$

$$a = 0.65cm$$

- $\boxed{d = h - \frac{a}{2} - R_e}$

$$d = 2.5 - \frac{0.65}{2} - 0.3$$

$$d = 1.875cm$$

- $\boxed{m = F \cdot d}$

$$m = (138.206kgf)(1.875cm)$$

$$m = 259.14\frac{1}{2.5cm}kgf \cdot cm = 103.66kgf$$

4.2. Cálculo de la carga distribuida por el método de líneas de rotura

4.2.1. Cálculo del momento de una losa rectangular reforzada ortotrópicamente, simplemente apoyada, y carga uniformemente repartida

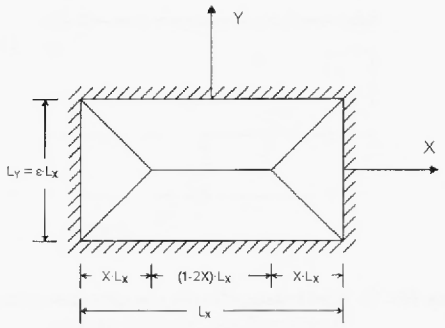


Figura Nº 5. "Distribución de las líneas de rotura". Fuente: Elaboración propia.

Por trabajo virtual, se supone un desplazamiento virtual unitario ($\delta_o = 1$) y un coeficiente de ortotropía K=1 en las líneas de rotura, y se obtienen las siguientes ecuaciones de momento:

Para cualquier punto el momento es:

$$\boxed{Mp = \frac{P \cdot Lx^2}{12} \cdot \varepsilon^2 \cdot \left(\frac{3x - 2x^2}{2x + K \cdot \varepsilon^2}\right)}$$

El momento máximo será:

$$\boxed{Mp = \frac{w \cdot Lx^2}{24} \cdot \varepsilon^2 \cdot \left(\sqrt{3 + K \cdot \varepsilon^2} - \varepsilon\sqrt{K}\right)^2}$$

Sustituyendo en las ecuaciones anteriores el momento "m" (calculado en el punto anterior), se obtiene la carga distribuida teórica.

Para cualquier punto la carga aplicada es:

$$104\frac{kgf}{cm} = \frac{P \cdot 60^2 cm^2}{12} \cdot \left(\frac{40cm}{60cm}\right)^2 \cdot \left(\frac{3\left(\frac{20cm}{60cm}\right) - 2\left(\frac{20cm}{60cm}\right)^2}{2\left(\frac{20cm}{60cm}\right) + 1 \cdot \left(\frac{40cm}{60cm}\right)^2}\right)$$

Luego la carga por Líneas de Rotura a comparar será igual a:

$$w = 1.11\frac{kgf}{cm^2}$$

Para Momento máximo la carga aplicada es:

$$104\frac{kgf}{cm} = \frac{P \cdot 60^2 cm^2}{24} \cdot \left(\frac{40cm}{60cm}\right)^2 \cdot \left(\sqrt{3 + 1 \cdot \left(\frac{40cm}{60cm}\right)^2} - \left(\frac{40cm}{60cm}\right)\sqrt{1}\right)^2$$

Luego la carga por Líneas de rotura a comparar será:

$$w = 1.103\frac{kgf}{cm^2}$$

4.3. Cálculos por el método de cargas arbitrarias

Para simplificar este método, se trabaja con la franja más corta en la realización de los cálculos, ya que es la que soporta más carga. Por lo tanto, se realizan las distribuciones de cargas "1", "2" y "3", donde se calculan los momentos máximos generados por cada distribución, al igual se calculan las cantidades de acero máximo positivo respectivamente; para luego hacer el análisis de aceros y cargas. Adicionalmente, también se trabaja con la franja "4" para comparar sus resultados a los anteriores.

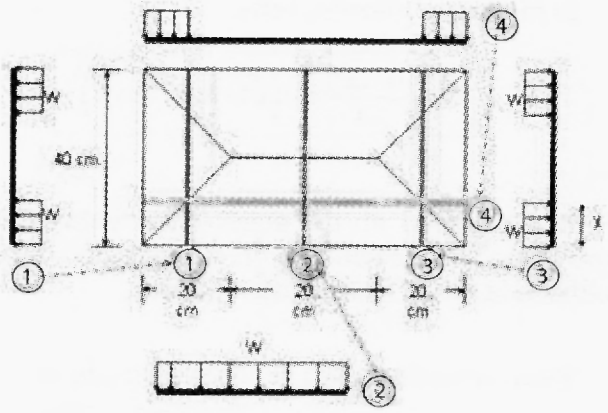


Figura Nº 6. "Distribución de cargas sobre tres franjas cualesquiera para losa rectangular". Fuente: Elaboración propia.

4. 3.1. Acero positivo (A_s^+)

4.3.1.a. Cálculo de Momentos máximos

Distribución ① y ③:

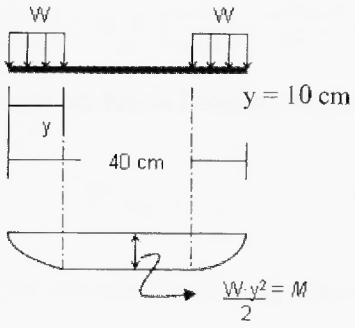


Figura Nº 7. "Distribución de cargas para franjas 1 y 3". Fuente: Elaboración propia.

- $w_{máx(experimental)} = 0.632\,{}^{kgf}/_{cm}$

  (por centímetro lineal de franja)

- $M_{1,3} = \dfrac{w \cdot y^2}{2}$

$$M_{1,3} = \frac{\left(0.632\,{}^{kgf}/_{cm}\right)\cdot(10cm)^2}{2}$$

$$M_{1,3} = 31.6kgf \cdot cm$$

Distribución ②:

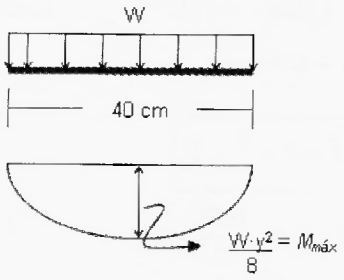


Figura Nº 8. "Distribución de cargas para franja 2". Fuente: Elaboración propia.

- $\boxed{M_2 = \dfrac{W \cdot l^2}{8}}$

$$M_2 = \frac{\left(0.632\,{}^{kgf}/_{cm}\right)\cdot(40cm)^2}{8}$$

$$M_2 = 126.4kgf \cdot cm$$

Distribución ④:

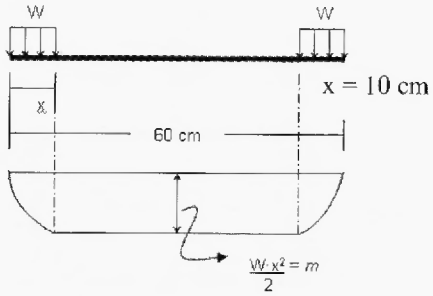


Figura Nº 9. "Distribución de cargas para franja 4". Fuente: Elaboración propia.

- $\boxed{M_4 = \dfrac{W \cdot x^2}{2}}$

$$M_4 = \frac{\left(0.632\,{}^{kgf}/_{cm}\right)\cdot(10cm)^2}{2}$$

$$M_4 = 31.6kgf \cdot cm$$

4.3.1.b. Cálculo del acero

Haciendo referencia al flujograma para el cálculo del acero dado momento, presentado en el Flujograma 1, se realizan los siguientes pasos y cálculos.

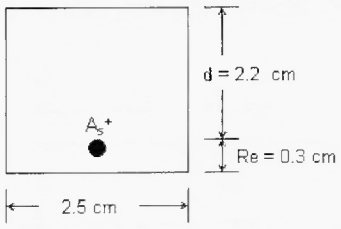


Figura Nº 10. "Dimensiones de sección transversal de la losa". Fuente: Elaboración propia.

- $c = \frac{3}{8}.d$

  $c = \frac{3}{8} \cdot (2.2cm)$

  $c = 0.825$

- $\beta_1 = 1.05 - \frac{f'_c}{1400}$ y $0.65 < \beta_1 < 0.85$

  $$\beta_1 = 1.05 - \frac{212\frac{kgf}{cm^2}}{1400\frac{kgf}{cm^2}} = 0.89 \approx 0.85$$

- $\boxed{a = \beta_1.c}$

  $a = (0.85) \cdot (0.825cm)$

  $a = 0.701cm$

- $$\boxed{M_{uo} = \phi \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right);}$$

donde $\phi = 0.9$

$$M_{uo} = (0.9) \cdot (0.85) \cdot \left(212\frac{kgf}{cm^2}\right) \cdot (0.701cm) \cdot (2.5cm) \cdot \left(2.2cm - \frac{0.701cm}{2}\right)$$

$M_{uo} = 525.67kgf \cdot cm$

Para $M_{1,3} = M_4 = 31.6kgf \cdot cm$:

$M_{uo} > M_{u(diseño)}$ → Simplemente Armada

- $$\boxed{a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2.614 \cdot M_u}{f'_c \cdot b}}}$$

$$a = 2.2cm - \sqrt{(2.2cm)^2 - \frac{(2.614) \cdot (31.6kgf \cdot cm)}{\left(212^{kgf}/_{cm^2}\right) \cdot (2.5cm)}}$$

$a = 0.036cm$

- $$\boxed{A_s = \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{F_y}}$$

$$A_{s(1,3y4)} = \frac{(0.85) \cdot \left(212^{kgf}/_{cm^2}\right) \cdot (0.036cm) \cdot (2.5cm)}{3637^{kgf}/_{cm^2}}$$

$A_{s(1,3y4)} = 0.0045cm^2 = 0.45mm^2$

Para M2 = 126,4kgf.cm:

$M_{uo} > M_{u(diseño)}$ → Simplemente Armada

- $$a = 2.2cm - \sqrt{(2.2cm)^2 - \frac{(2.614) \cdot (126.4kgf \cdot cm)}{\left(212^{kgf}/_{cm^2}\right) \cdot (2.5cm)}}$$

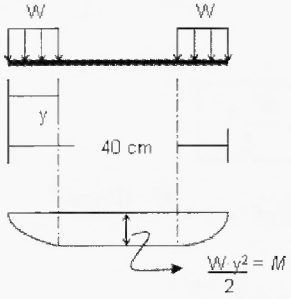
  $a = 0.145cm$

- $$A_{s(2)} = \frac{(0.85) \cdot \left(212^{kgf}/_{cm^2}\right) \cdot (0.145cm) \cdot (2.5cm)}{3637^{kgf}/_{cm^2}}$$

$A_{s(2)} = 0.018cm^2 = 1.8mm^2$

3.2. Cargas

Distribución ① y ③:

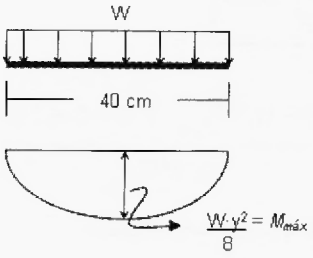


$$m = \frac{W \cdot y^2}{2}$$

$$104kgf \cdot cm = \frac{W \cdot (10cm)^2}{2}$$

$$W = 2.08 \, {}^{kgf}/_{cm^2}$$

Distribución ②:

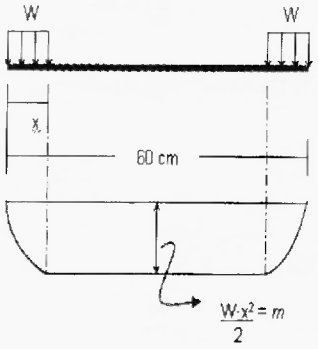


$$m = \frac{W \cdot l^2}{8}$$

$$104kgf \cdot cm = \frac{W \cdot (40cm)^2}{8}$$

$$W = 0.52 \, {}^{kgf}/_{cm^2}$$

Distribución ④:



$$m = \frac{W \cdot x^2}{2}$$

$$104kgf \cdot cm = \frac{W \cdot (10cm)^2}{2}$$

$$W = 2.08 \, {}^{kgf}/_{cm^2}$$

4.4. Cálculo de la carga distribuida por el método de marcus

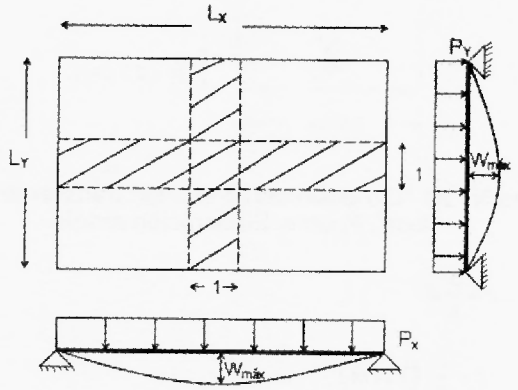


Figura Nº 11. "Distribución de cargas sobre las franjas centrales (claro corto y claro largo). Fuente: Elaboración propia.

L_y = 40 cm.

L_x = 60 cm.

La deflexión es igual en ambas direcciones.

A partir de la carga distribuida experimental se calculan los momentos por el método de Marcus, para comparar el Acero calculado con el acero colocado experimentalmente.

Mediante el método de Marcus se obtienen los momentos en ambas direcciones, y con éstos se calculan los aceros para cada dirección para luego ser sumados y su totalidad ser comparado con el acero colocado experimentalmente.

4.4.1. Cálculo del momento en ambas direcciones

Con $P_o = 0{,}632 \frac{kgf}{cm^2}$

- $$P_x = \frac{Ly^4}{Lx^4 + Ly^4} \cdot P_o$$

$$P_x = \frac{(40cm)^4}{(40cm)^4 + (60cm)^4} \cdot 0.632 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$P_x = 0.104 \frac{kgf}{cm^2}$$

- $$P_y = \frac{Lx^4}{Lx^4 + Ly^4} \cdot P_o$$

$$P_y = \frac{(60cm)^4}{(40cm)^4 + (60cm)^4} \cdot 0.632 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$P_y = 0.528 \frac{kgf}{cm^2}$$

- $$P_o = P_x + P_y$$

$$P_o = (0.104 + 0.528) \frac{kgf}{cm^2}$$

$$P_o = 0.632 \frac{kgf}{cm^2}$$

Luego el Momento será:

$$M_x = P_{ox} \cdot L_x^{\,2} \cdot \alpha_n$$

$$M_y = P_{oy} \cdot L_y^{\,2} \cdot \beta_n$$

Como se observa en la figura, la losa se trata en las dos direcciones como un conjunto de vigas simplemente apoyadas, para este tipo de losa se tienen los valores de $\alpha_n = \frac{1}{8}$ y $\beta_n = \frac{1}{8}$, luego sustituyendo se obtienen los momentos:

- $$M_x = 0.104 \frac{kgf}{cm^2} \cdot (60cm)^2 \cdot \frac{1}{8}$$

$$M_x = 46.907 \frac{kgf.cm}{cm}$$

- $$M_y = 0.528 \frac{kgf}{cm^2} \cdot (40cm)^2 \cdot \frac{1}{8}$$

$$M_y = 105.542 \frac{kgf.cm}{cm}$$

4.4.2.- Cálculo del acero en ambas direcciones dado los momentos

Para realizar este cálculo, se siguen los pasos del flujograma presentado en el Flujograma 1, dado un momento.

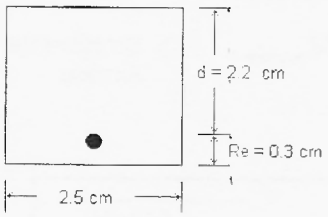


Figura Nº 12. "Dimensiones de sección transversal de la losa". Fuente: Elaboración propia.

4.2.a. Cálculo de acero en la dirección "x" (A_x) dado momento (M_x)

Donde:

- $$M_{u(diseño)} = 46.907 kgf \cdot cm$$

- $$c = \frac{3}{8} . d$$

$$c = \frac{3}{8} \cdot (2.2cm)$$

$$c = 0.825cm$$

- $$\beta_1 = 1.05 - \frac{f'_c}{1400} \quad \text{y} \quad 0.65 < \beta_1 < 0.85$$

$$\beta_1 = 1.05 - \frac{212 \frac{kgf}{cm^2}}{1400 \frac{kgf}{cm^2}} = 0.89 \approx 0.85$$

- $$a = \beta_1 .$$

$$a = (0.85) \cdot (0.825cm$$

$$a = 0.701cm$$

- $$M_{uo} = \phi \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right); \quad \text{donde}$$
$$\phi = 0.9$$

$$M_{uo} = (0.9) \cdot (0.85) \cdot \left(212 \frac{kgf}{cm^2} \right) \cdot (0.701cm) \cdot (2.5cm) \cdot$$

$$\cdot \left(2.2cm - \frac{0.701cm}{2} \right)$$

$$M_{uo} = 525.67 kgf \cdot cm$$

y en este caso:

$M_{uo} > M_{u(diseño)} \longrightarrow$ Simplemente Armada

Luego:

- $$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2.614 \cdot M_u}{f'_c \cdot b}}$$

$$a = 2.2cm - \sqrt{(2.2cm)^2 - \frac{(2.614)\cdot(46.907kgf\cdot cm)}{\left(212\frac{kgf}{cm^2}\right)\cdot(2.5cm)}}$$

$$a = 0.053$$

- $$A_{sx} = \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{F_y}$$

$$A_{sx} = \frac{(0.85)\cdot\left(212\frac{kgf}{cm^2}\right)\cdot(0.053cm)\cdot(2.5cm)}{\left(3637\frac{kgf}{cm^2}\right)}$$

$$A_{sx} = 0.0066cm^2 = 0.66mm^2$$

4.4.2.b. Cálculo del acero en la dirección "y" (A_{sy}) dado momento (M_y)

Donde el $M_{u(diseño)} = 105.5414kgf \cdot cm$

- $$c = \frac{3}{8}.d$$

$$c = \frac{3}{8}\cdot(2.2cm)$$

$$c = 0.825cm$$

- $$\beta_1 = 1.05 - \frac{f'_c}{1400} \text{ y } 0.65 < \beta_1 < 0.85$$

$$\beta_1 = 1.05 - \frac{212\frac{kgf}{cm^2}}{1400\frac{kgf}{cm^2}} = 0.89 \approx 0.85$$

- $$a = \beta_1.c$$

$$a = (0.85)\cdot(0.825cm)$$

$$a = 0.701cm$$

- $$M_{uo} = \phi \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right);$$ donde $\phi = 0.9$

$$M_{uo} = (0.9)\cdot(0.85)\cdot\left(212\frac{kgf}{cm^2}\right)\cdot(0.701cm)\cdot(2.5cm)\cdot\left(2.2cm - \frac{0.701cm}{2}\right)$$

$$M_{uo} = 525.67kgf \cdot cm$$

y en este caso:

$M_{uo} > M_{u(diseño)} \longrightarrow$ Simplemente Armada

Luego:

- $$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2.614 \cdot M_u}{f'_c \cdot b}}$$

$$a = 2.2cm - \sqrt{(2.2cm)^2 - \frac{(2.614)\cdot(105.5414kgf\cdot cm)}{\left(212\frac{kgf}{cm^2}\right)\cdot(2.5cm)}}$$

$$a = 0.122cm$$

- $$A_{sy} = \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{F_y}$$

$$A_{sy} = \frac{(0.85)\cdot\left(212\frac{kgf}{cm^2}\right)\cdot(0.122cm)\cdot(2.5cm)}{\left(3637\frac{kgf}{cm^2}\right)}$$

$$A_{sy} = 0.0151cm^2 = 1.51mm^2$$

Luego el A_s total a comparar será:

- $$\boxed{A_{st} = A_{sx} + A_{sy}}$$

$$A_{st} = 0.66mm^2 + 1.51mm^2$$

$$A_{st} = 2.17mm^2$$

4.5. Cálculo de los momentos por el método de la teoría de placas y láminas de Timoshenko

Aplicado para placas rectangulares simplemente apoyadas uniformemente cargadas. Todas las fórmulas son extraídas de la Figura 13 y de la Tabla 2, presentadas a continuación.

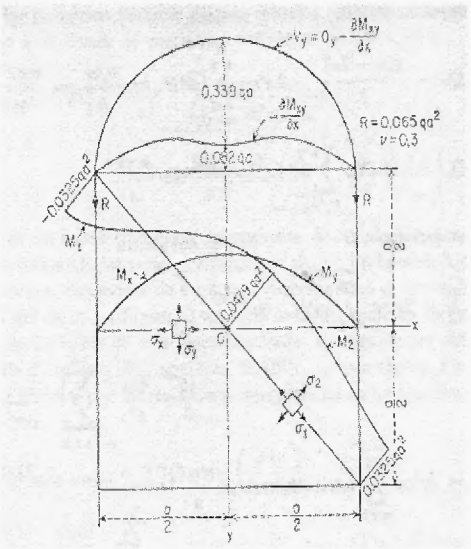


Figura Nº 13. "Distribución de los momentos para una placa rectangular". Fuente: S. Timoshenko. Teoría de Placas y Láminas

b/a	$w_{máx} = \alpha \frac{qa^4}{D}$ α	$(M_x)_{máx} = \beta qa^2$ β	$(M_y)_{máx} = \beta_1 qa^2$ β_1	$(Q_x)_{máx} = \gamma qa$ γ	$(Q_y)_{máx} = \gamma_1 qa$ γ_1	$(V_x)_{máx} = \delta qa$ δ	$(V_y)_{máx} = \delta_1 qa$ δ_1	$R = \eta qa^2$ η
1,0	0,00406	0,0479	0,0479	0,338	0,338	0,420	0,420	0,065
1,1	0,00485	0,0554	0,0493	0,360	0,347	0,440	0,440	0,070
1,2	0,00564	0,0627	0,0501	0,380	0,353	0,455	0,453	0,074
1,3	0,00638	0,0694	0,0503	0,397	0,357	0,468	0,464	0,079
1,4	0,00705	0,0755	0,0502	0,411	0,361	0,478	0,471	0,083
1,5	0,00772	0,0812	0,0498	0,424	0,363	0,486	0,480	0,085
1,6	0,00830	0,0862	0,0492	0,435	0,365	0,491	0,485	0,086
1,7	0,00883	0,0908	0,0486	0,444	0,367	0,496	0,488	0,088
1,8	0,00931	0,0948	0,0479	0,452	0,368	0,499	0,491	0,090
1,9	0,00974	0,0985	0,0471	0,459	0,369	0,502	0,494	0,091
2,0	0,01013	0,1017	0,0464	0,465	0,370	0,503	0,496	0,092
3,0	0,01223	0,1189	0,0406	0,493	0,372	0,505	0,498	0,093
4,0	0,01282	0,1235	0,0384	0,498	0,372	0,502	0,500	0,094
5,0	0,01297	0,1246	0,0375	0,500	0,372	0,501	0,500	0,095
∞	0,01302	0,1250	0,0375	0,500	0,372	0,500	0,500	0,095

Tabla 2. "Factores α, β, δ, n para placas rectangulares simplemente apoyadas uniformemente cargadas". Fuente: S. Timoshenko. Teoría de Placas y Láminas

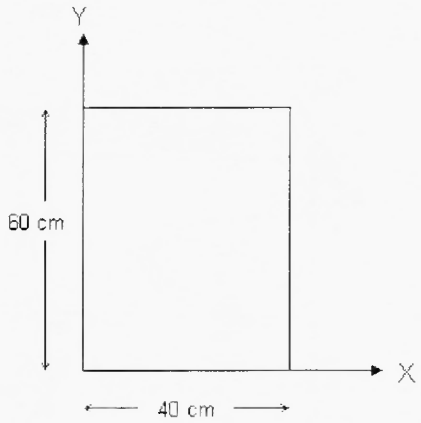


Figura Nº 14. "Sección de la losa con direcciones invertidas". Fuente: Elaboración propia

a = 40 cm
b = 60 cm

Entrando en la tabla con $\frac{b}{a} = \frac{60}{40} = 1{,}5$; tomando

$$q = 0.632\frac{kgf}{cm}$$

Según la tabla anterior:

- Momentos en la dirección x:

$$\boxed{Mx_{\max} = \beta \cdot q \cdot a^2 \quad \text{y} \quad \beta = 0.0812}$$

$$Mx_{\max} = 0.0812 \cdot 0.632\frac{kgf}{cm} \cdot (40cm)^2$$

$$Mx_{\max} = 82.11kgf \cdot cm$$

- Momentos en la dirección y:

$$\boxed{M_{y(máx)} = \beta 1 \cdot q \cdot a^2 \text{ y} \quad \beta_1 = 0.0498}$$

$$M_{y(máx)} = (0.0498) \cdot \left(0.632\frac{kgf}{cm}\right) \cdot (40cm)^2$$

$$M_{y(máx)} = 50.36kgf \cdot cm$$

- Cargas en la dirección x:

$$\boxed{Q_{x(máx)} = \gamma \cdot q \cdot a \quad \text{y} \quad \gamma = 0.424}$$

$$Q_{x(máx)} = (0.424) \cdot \left(0.632\frac{kgf}{cm}\right) \cdot (40cm)$$

$$Q_{x(máx)} = 10.72kgf$$

- Cargas en la dirección y:

$$\boxed{Q_{y(máx)} = \gamma_1 \cdot q \cdot a \quad \text{y} \quad \gamma_1 = 0.363}$$

$$Q_{y(máx)} = (0.363) \cdot \left(0.632\frac{kgf}{cm}\right) \cdot (40cm)$$

$$Q_{y(máx)} = 9.18kgf$$

- Cortes en la dirección x:

$$\boxed{V_{x(máx)} = \delta \cdot q \cdot a \quad \text{y} \quad \delta = 0.486}$$

$$V_{x(máx)} = (0.486) \cdot \left(0.632\frac{kgf}{cm}\right) \cdot (40cm)$$

$$V_{x(máx)} = 12.29kgf$$

- Cortes en la dirección y:

$$\boxed{V_{y(máx)} = \delta_1 \cdot q \cdot a \quad \text{y} \quad \delta_1 = 0.480}$$

$$V_{y(máx)} = (0.480) \cdot \left(0.632\frac{kgf}{cm}\right) \cdot (40cm)$$

$$V_{y(máx)} = 12.13kgf$$

4.5.1. Cálculo del acero en ambas direcciones dados los momentos

Siguiendo los pasos del flujograma presente en el Flujograma 1, cálculo de acero dado momento, se obtienen los siguientes resultados.

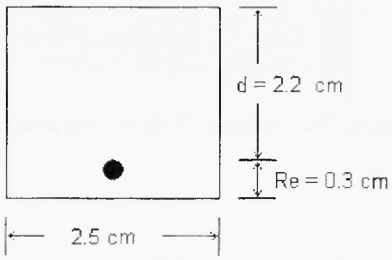


Figura Nº 15. "Dimensiones de sección transversal de la losa". Fuente: Elaboración propia.

4.5.1.a. Cálculo del acero en la dirección "x" (A_{sx}) dado momento (M_x)

Donde:

- $M_{u(diseño)} = 82.11 kgf \cdot cm$
- $\boxed{c = \frac{3}{8}.d}$

$$c = \frac{3}{8} \cdot (2.2cm)$$

$$c = 0.825cm$$

- $\boxed{\beta_1 = 1.05 - \frac{f'_c}{1400} \quad \text{y} \quad 0.65 < \beta_1 < 0.85}$

$$\beta_1 = 1.05 - \frac{212\frac{kgf}{cm^2}}{1400\frac{kgf}{cm^2}} = 0.89 \approx 0.85$$

- $\boxed{a = \beta_1.c}$

$$a = (0.85) \cdot (0.825cm)$$

$$a = 0.701cm$$

- $\boxed{M_{uo} = \phi \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right); \quad \text{donde } \phi = 0.9}$

$$M_{uo} = (0.9) \cdot (0.85) \cdot \left(212\frac{kgf}{cm^2}\right) \cdot (0.701cm) \cdot (2.5cm) \cdot \left(2.2cm - \frac{0.701cm}{2}\right)$$

$$M_{uo} = 525.67 kgf \cdot cm$$

y en este caso:

$$M_{uo} > M_{u(diseño)} \longrightarrow \text{"Simplemente Armada"}$$

Luego:

- $\boxed{a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2.614 \cdot M_u}{f'_c \cdot b}}}$

$$a = 2.2cm - \sqrt{(2.2cm)^2 - \frac{(2.614) \cdot (82.11 kgf \cdot cm)}{\left(212\frac{kgf}{cm^2}\right) \cdot (2.5cm)}}$$

$$a = 0.094cm$$

- $\boxed{A_{sx} = \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{F_y}}$

$$A_{sx} = \frac{(0.85) \cdot \left(212\frac{kgf}{cm^2}\right) \cdot (0.094cm) \cdot (2.5cm)}{\left(3637\frac{kgf}{cm^2}\right)}$$

$$A_{sx} = 0.012cm^2 = 1.2mm^2$$

4.5.1.b. Cálculo del acero en la dirección "y" (A_{sy}) dado momento (M_y)

Donde el $M_{u(diseño)} = 50.36 kgf \cdot cm$

- $\boxed{c = \frac{3}{8}.d}$

$$c = \frac{3}{8} \cdot (2.2cm)$$

$$c = 0.825cm$$

- $\boxed{\beta_1 = 1.05 - \frac{f'_c}{1400} \quad \text{y} \quad 0.65 < \beta_1 < 0.85}$

$$\beta_1 = 1.05 - \frac{212\frac{kgf}{cm^2}}{1400\frac{kgf}{cm^2}} = 0.89 \approx 0.85$$

- $\boxed{a = \beta_1.c}$

$$a = (0.85) \cdot (0.825cm)$$

$$a = 0.701cm$$

- $$M_{uo} = \phi \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right); \quad \text{donde } \phi = 0.9$$

$$M_{uo} = (0.9) \cdot (0.85) \cdot \left(212 \frac{kgf}{cm^2}\right) \cdot (0.701cm) \cdot (2.5cm) \cdot \cdot \left(2.2cm - \frac{0.701cm}{2}\right)$$

$$M_{uo} = 525.67kgf \cdot cm$$

y en este caso:

$M_{uo} > M_{u(diseño)} \longrightarrow$ "Simplemente Armada"

Luego:

- $$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2.614 \cdot M_u}{f'_c \cdot b}}$$

$$a = 2.2cm - \sqrt{(2.2cm)^2 - \frac{(2.614) \cdot (50.36kgf \cdot cm)}{\left(212 \frac{kgf}{cm^2}\right) \cdot (2.5cm)}}$$

$$a = 0.057cm$$

- $$A_{sy} = \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{F_y}$$

$$A_{sy} = \frac{(0.85) \cdot \left(212 \frac{kgf}{cm^2}\right) \cdot (0.057cm) \cdot (2.5cm)}{\left(3637 \frac{kgf}{cm^2}\right)}$$

$$A_{sy} = 0.0071cm^2 = 0.71mm^2$$

Luego el A_s total a comparar será:

- $$A_{st} = A_{sx} + A_{sy}$$

$$A_{st} = 1.2mm^2 + 0.71mm^2$$

$$A_{st} = 1.91mm^2$$

5. Análisis de los resultados

En esta sección se muestra el análisis de los resultados obtenidos en la sección precedente; para mejorar su comprensión, se presentan dichos resultados en tablas comparativas de Excel, comparando cada uno de los métodos entre si con los resultados experimentales.

5.1. Análisis comparativo del Método de Líneas de Rotura con Resultado experimental

Es importante recalcar que para el acero colocado experimentalmente ($A_s = 0.038cm^2 = 3.8mm^2$), el momento actuante M es igual a $104kgf \cdot cm$, momento que es provocado por una carga uniformemente repartida:

- Resultado calculado por líneas de rotura, $w = 1.11 \, kgf/cm$
- Resultado experimental fue $w = 0.63 \, kgf/cm$

Tipo de Cálculo	w(kgf/cm)	w(kgf/m)
Experimental	0,63	63,00
Teórico	1,11	111,00

Tabla 3. "Comparación de resultados"

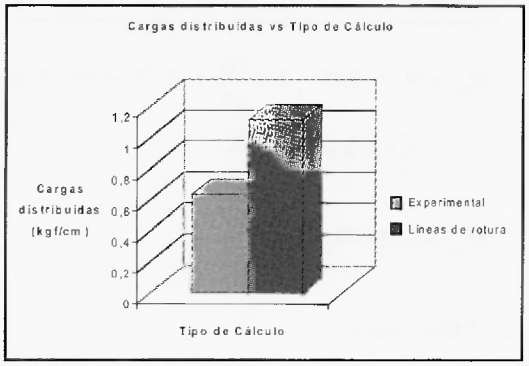


Figura Nº 16. "Gráfica representativa de la carga aplicada sobre la losa, para método experimental y Líneas de Rotura". Fuente: Elaboración propia.

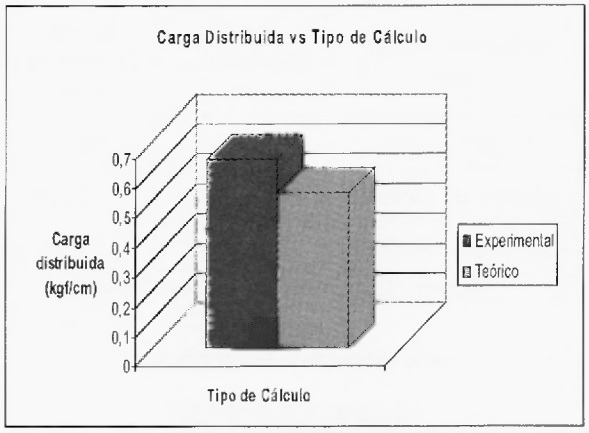
razón por la cual se estima que la losa ensayada no resiste el momento último actuante, o posiblemente en el contenido de la tesis en referencia, no se definió correctamente el momento último actuante para el cual la losa llegase a su estado de rotura.

De lo cual se puede inferir que existe discrepancia entre los resultados experimentales con los obtenidos teóricamente, por lo tanto, las losas calculadas por Líneas de Rotura parecerían no poseer un factor de seguridad ($FS < 1$), sino más bien un nivel de incertidumbre, por lo que no es un método confiable para dicho cálculo (resultado que debe ser validado por trabajos posteriores).

5.2. Análisis comparativo del Método de Cargas Arbitrarias con Resultado experimental.

Tipo de Cálculo	w(kgf/cm)	w(kgf/m)
Experimental	0,63	63,00
Teórico	0,52	62,00

Tabla 4. "Comparación de resultados"



[1]Figura Nº 17. "Gráfica representativa de la carga aplicada sobre la losa, para método experimental y Cargas Arbitrarias". Fuente: Elaboración propia.

Para una misma cantidad de acero y soportando un momento igual al experimental de $104 kgf \cdot cm$, con el método de Cargas Arbitrarias se obtuvo un valor teórico de carga distribuida de $w = 0.52 \, kgf/cm$.

La losa ensayada resistió una carga máxima de $w = 0.63 \, kgf/cm$, lo que quiere decir que la losa va a fallar después de recibir una carga $w = 0.52 \, kgf/cm$.

5.3. Análisis comparativo del Método de Marcus con Resultado experimental.

Tipo de Cálculo	Acero (mm^2)
Experimental	3,80
Teórico	2,17

Tabla 5. "Comparación de resultados"

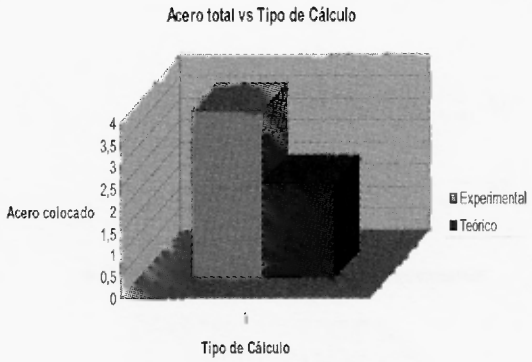


Figura Nº 18. "Gráfica representativa del acero colocado en la losa, para método experimental y Marcus". Fuente: Elaboración propia.

Al comparar por el Método de Marcus el acero teórico $A_{st} = 2.17 mm^2$ con el resultado experimental $A_{st} = 3.80 mm^2$, se observa que por este método se puede colocar menos acero para resistir la misma carga distribuida, lo que indica que la losa fallará antes de llegar al momento último $M_u = 104 kgf \cdot cm$; es decir, no resiste la totalidad del momento último por lo que el factor de seguridad será $FS > 1$. Al igual, lo único que se puede afirmar es que la losa ensayada tenía más acero del necesario, y que esta losa en realidad no falló por carga uniforme.

$$FS = \frac{105.5414}{104} = 1.01$$

5.4. Análisis comparativo del Método Teoría de Placas y Láminas de Timoshenko con Resultado experimental.

Es importante recalcar que para el acero colocado experimentalmente ($A_s = 0.038 cm^2 = 3.8 mm^2$), el momento actuante es igual a $104 kgf \cdot cm$, momento que es provocado por una carga uniformemente repartida:

Resultado experimental:

$$w = 0.63 \, {}^{kgf}/_{cm}$$

Por el método de Timoshenko y para un sólo valor de carga distribuida se calcularon los momentos en "x" y en "y", dando como resultado un momento menor al experimental.

- $M_{x(máx)} = 82.11 kgf \cdot cm$
- $M_{y(máx)} = 50.36 kgf \cdot cm$

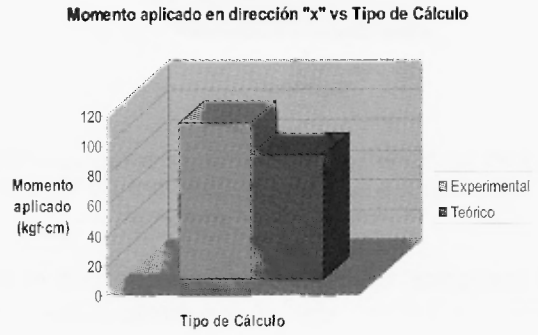


Figura Nº 19. "Gráfica representativa del momento aplicado sobre la losa en la dirección x, para método experimental y Timoshenko". Fuente: Elaboración propia.

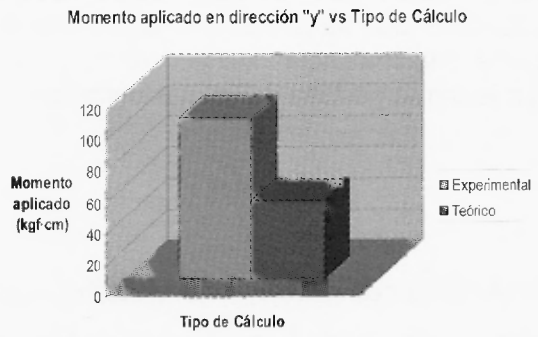


Figura Nº 20. "Gráfica representativa del momento aplicado sobre la losa en la dirección y, para método experimental y Timoshenko". Fuente: Elaboración propia.

Si se calcularan los aceros en ambas direcciones y se suman para conocer su totalidad, este acero resultaría menor al acero colocado en la losa ensayada.

Adoptándose este diseño como el definitivo, la losa fallará antes de llegar al momento último $M_u = 104 kgf \cdot cm$.

5.5. Análisis comparativo de los Métodos estudiados

Se estudiarán los resultados desde dos puntos de vista, comparando primero las cargas uniformemente distribuidas en tres métodos: Experimental, Líneas de Rotura y Cargas Arbitrarias; luego serán comparadas en los métodos restantes, las cantidades de acero total a colocar.

5.5.1.- Análisis comparativo de las Cargas Distribuidas

Método de estudio	Carga Distribuida (kgf/cm)	Carga Distribuida (kgf/m)
Experimental	0,63	63,00
Líneas de Rotura	1,11	111,00
Cargas Arbitrarias	0,52	52,00

Tabla 6. "Comparación de resultados"

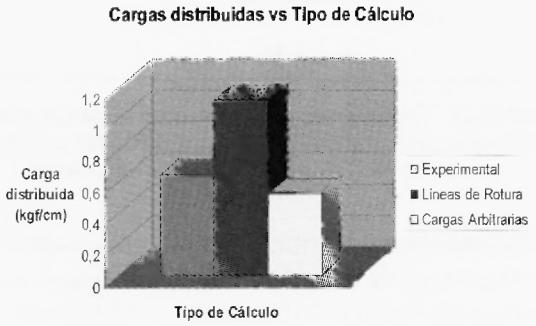


Figura Nº 21. "Gráfica representativa de la carga aplicada sobre la losa; para método experimental, Línea de Rotura y Cargas Arbitrarias". Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica anterior se puede inferir que el cálculo teórico que se adapta más al resultado experimental es el método de Cargas Arbitrarias, ya que analizando el factor de seguridad en ambos casos, los resultados obtenidos son:

- Factor de Seguridad de Líneas de Rotura:

$$FS = \frac{0.63}{1.11} = 0.58$$

- Factor de Seguridad de Cargas Arbitrarias:

$$FS = \frac{0.63}{0.52} = 1.21$$

donde se observa que el FS aplicando el método de Cargas Arbitrarias se aproxima más a 1, cuyo valor ($(FS = 1)$) es el mínimo para que este diseño sea el mas apropiado.

Haciendo referencia a la hiperresistencia, la escogencia de un factor de escala basado en dimensiones singulares no da resultados satisfactorios en este tipo de estructuras mixtas (acero y concreto). La reducción del tamaño de las losas incrementa las cargas de agrietamiento y máximas de éstas. Soportando los modelos de microconcreto 15% más de la carga teórica.

5.6. Análisis comparativo de los Aceros Totales

Método de estudio	Acero total
Experimental	3,8
Cargas Arbitrarias	1,8
Marcus	2,17
Timoshenko	1,91
Líneas de Rotura	1,49

Tabla 7. "Comparación de resultados"

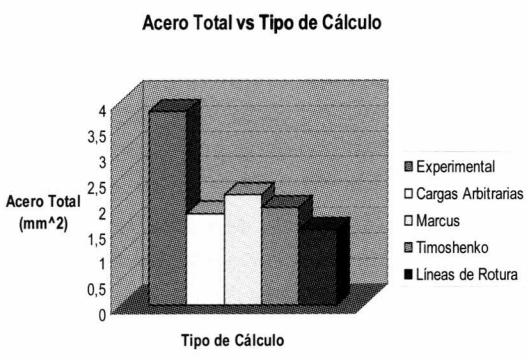


Figura Nº 22. "Gráfica representativa del acero colocado en la losa; para método experimental, Cargas Arbitrarias, Marcus y Timoshenko". Fuente: Elaboración propia.

De los resultados obtenidos para este estudio, se puede observar que los aceros calculados teóricamente son de gran similitud, es decir que entre un método y otro no hay discrepancia de los resultados.

Considerando la notable diferencia que existe entre el acero colocado en la losa ensayada con los resultados teóricos, es razonable pensar que puede haber un error en la lectura de los instrumentos de medición que se utilizaron para los ensayos en la tesis anterior, o que el acero colocado no tiene la resistencia indicada, ni la cuantía indicada.

- Hay dudas sobre la validez de los resultados experimentales, pues los especímenes generados se curvaron y no se pudo lograr que apoyaran en los bordes del dispositivo de depresión utilizado.

- No está en absoluto claro el tipo de carga o el dispositivo de carga, que realmente.

- Las líneas de rotura de los especímenes examinados son completamente atípicas, como se puede observar en el anexo D.

- No fue tampoco posible acceder a los resultados de otras tesis anteriores, en donde si se utilizaron cargas generadas por depresión.

- Se considera que las reglas de acceso a la información generada en los Trabajos Especiales de Grado guardados en la Biblioteca Central causan como efecto negativo, la enorme dificultad de seguir líneas de investigaciones secuenciales, basadas en resultados de T.E.G. sucesivos.

6. Conclusiones

A continuación se presentan las siguientes conclusiones:

- Los métodos estudiados, no ofrecen información con respecto a los agrietamientos o las deflexiones generadas por cargas de servicio, exceptuando el Método de Marcus.
- Los resultados obtenidos no alcanzan los esperados, ya que se esperaba que estos métodos dieran resultados que superaran o se aproximaran a los de la losa ensayada, en términos de cargas aplicadas, momentos últimos y cuantías de acero.
- La máxima carga físicamente aplicable por el método de depresión ("vacío") es de menos de una atmósfera $q < 10000 \, {kgf}/{m^2}$. Debido a las cargas teóricas, se puede concluir que el tamaño de los modelos y la cantidad de armadura colocada en los modelos ensayados obligaba a usar dimensiones mayores en los especímenes.
- A su vez se pudiera poner en tela de juicio la habilidad y precisión con que se usaron los instrumentos de medición utilizados en las tesis anteriores, y la nueva manera en que realmente se ensayaran los especímenes, pues los patrones de líneas de rotura son atípicos.
- El método de Líneas de Rotura puede ser impreciso, ya que si se supone una distribución de líneas de rotura diferente a la establecida puede producir cargas de rotura esperadas aún mayores, y la capacidad de absorción de momentos sería mayor y esto provocaría la falla de la losa.
- El método de Cargas Arbitrarias en relación a la economía en el refuerzo, a pesar de ser el método que da diseños más seguros, puede generar estructuras más costosas que el resto de las teorías; a menos que se discretice mejor el modelo de cálculo en muchas franjas, en la realidad, en la mayoría de las losas usuales armadas con mallas en cuantías mínimas de acero son el criterio de diseño dominante.
- Al comparar los métodos estudiados con el resultado experimental se puede llegar a pensar que los métodos no son confiables debido a que los resultados no dan un margen de seguridad; a su vez, es de carácter meditar, que puede existir un error en los resultados de la tesis anterior en los que nos estamos basando, debido a la adopción de una escala de reducción errada o a un instrumento defectuoso, apoyos incorrectos o aplicación de sistemas de carga errados.
- La dirección en la que se encuentre el acero no es de importancia, ya que éste no afecta la resistencia de la losa; si la armadura es isotrópica, la resistencia también lo será.

7. Recomendaciones

- Una losa debe poseer una seguridad suficiente contra la ruina y debe satisfacer las condiciones que garantizan el uso normal y la durabilidad de la losa. En la práctica, las fallas de las losas sujetas a usos normales son relativamente raras, excepto en estacionamientos a en depósitos, en donde las cargas repetidas o el exceso de cargas suelen ser la regla. Esto no tiene nada que ver con los métodos de cálculo, sino sobre el tipo de uso que reciben las magnitudes de las cargas específicas.
- Se recomienda efectuar nuevamente ensayos de losas con las mismas dimensiones, las mismas características y las mismas propiedades (tipo del concreto, acero y cantidades de aceros, y dimensiones), para que se vuelva a medir y poder constatar los resultados dados. Estos experimentos deben hacerse con mejores instrumentos y con una mayor cantidad de puntos de medición, y con factores de escala revisados.
- La losa ensayada era aparentemente, muy gruesa (25 cm en prototipo) (2.5 cm de modelo), para poderle romper por succión. Por lo que experimentos futuros deben hacer alguna o algunas de estas tres (3) cosas:
  1. Aumentar las luces.
  2. Disminuir los espesores.

3. Reducir las cuantías de acero para llevarlas a los valores que nos dan los 4 métodos, pues sus valores se parecen.

Esto permitiría deducir (deducible de las curvas-flecha)

- Realizar de nuevo un estudio comparativo, y evidenciar con éste, que los métodos son confiables a la hora de diseñar losas.
- Tomar en cuenta, de algún modo, el efecto "membrana" que ocurre cuando la losa sufre grandes deflexiones.
- Aplicar los conocimientos que se vayan adquiriendo en el laboratorio cuando se observen obras reales, que son proyectos como el caso de estacionamiento de Parque Central,
- No se puede trabajar en un laboratorio cuyos instrumentos de medición no son confiables, ni se pueden hacer experimentos con escalas predeterminadas sin verificar si son viables Ya que estos dependen de muchas variables y la que más influye es la calibración de los equipos utilizados (existentes en el laboratorio de materiales), así como de su correcta lectura.

7. Referencias

[1] Apuntes del Ingeniero Gutierrez R., Arnaldo.

[2] Arruebarrena, Kelly y Estéves, Julia. T.E.G.: "Estudio de Losas Macizas rectangulares, con refuerzo de acero de distribución convencional, afectadas por fuego".UCAB.

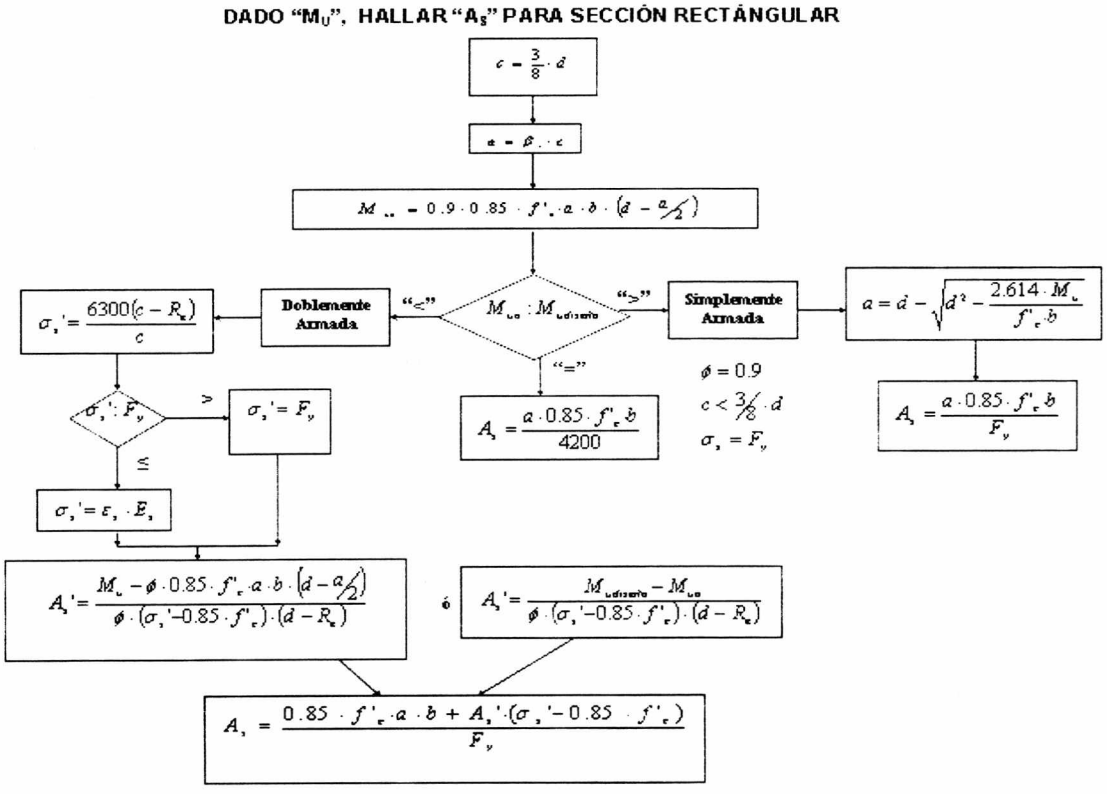
[3] Gómez C., María G. y Noguera O., Verónica. Tesis: "Métodos modernos para el cálculo de losas". UNIMET.

[4] Mateo C., Roberto y Luque B., Félix. Tesis: "Análisis de las losas de concreto armado por el Método de la Línea de Rotura". UNIMET.

[5] Nilson, Arthur H. "Diseño de Estructuras de Concreto". Editorial Mc Graw – Hill. Colombia, 1.993.

[6] Timoshenko, S. y Woinowsky-Krieger, S. "Teoría de Placas y Láminas". Ediciones URMO. España, 1.970.

[7] Winter, George y Nilson, Arthur H. "Proyecto de Estructuras de Hormigón". Editorial Reverté, S.A.. Caracas, 1985.



Flujograma 1. Fuente: Barreiro, María

UNIDAD DE TELEMETRÍA PARA SUPERVISIÓN Y CONTROL DE SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES USANDO PROTOCOLO DE INTERNET Y BASADO EN PÁGINAS WEB Y WAP

■ Goncalves, Juan A.
juangoncalves@gmail.com
Cotúa, José
jcotua@ucab.edu.ve
UCAB- Caracas, Venezuela
Fecha de Recepción: 28 de marzo de 2008
Fecha de Aceptación: 6 de junio de 2008

Resumen

Ante la necesidad de realizar la gestión de procesos a distancia, se plantea un sistema de monitoreo y control remoto alternativo manejado a través de equipos terminales de uso común para la población, como son: la PC y los equipos móviles celulares. De esta manera, se puede adquirir los datos de un proceso físico remoto y actuar sobre él, para obtener una respuesta deseada por medio de una página web o wap, dependiendo del equipo terminal. Utilizando un micro controlador PIC18F4620, con la capacidad de comunicarse por medio del controlador Ethernet ENC28J60 y utilizando el stack MODBUS/TCP, se crea la Unidad Remota de Telecontrol capaz de transmitir los valores de las señales en sus interfaces a la base de datos de la Unidad Central de Control; Esta última, además de establecer la comunicación con la RTU, se encarga de publicar los valores contenidos en su base de datos a través de las páginas web y wap. Además, esta UCC a través de las aplicaciones web/wap también permite el control de las señales en los pines del micro controlador remoto usando los formularios de las páginas. Es así como, aprovechando el gran desarrollo en las redes basadas en TCP/IP, se puede conectar la RTU en cualquier lugar con acceso a Internet y acceder a la misma desde una PC conectada a Internet o por medio de un teléfono

celular dentro de una red que permita navegar a través de páginas wap.

Palabras Claves: Telemetría, control, SCADA, RTU, Modbus/TCP

Abstract

Taking into consideration the necessity of remote processes management, this work presents an alternative monitoring and remote control system handled through massive use terminal equipments, as mobile phone and PC. This system can collect data from a far away physical process and take action on it in order to have the best remote process development through a web or wap page, depending on the terminal equipment. Using a microcontroller PIC18F4620, which can connects to the Internet using an Ethernet controller ENC28J60 supported by the MODBUS/TCP/IP stack, the Remote Telecontrol Unit has been created to be able to transmit all signals measurements from its interfaces to the Control Center Unit (CCU) data base. This equipment can either, communicate to the RTU or, be in charge of show saved values in its data base by web and wap pages. This same CCU, through web and wap applications, can also control the signals on the remote microcontroller pins. Finally, taking advantage of the great TCP/IP networks development, the RTU can be placed anywhere, where can be connected by an Ethernet RJ-45 interface to the Internet, and can be controlled from any place using an Internet connected PC or by a mobile phone under a network which supports wap.

Keywords: Telemetry, control, SCADA, RTU, Modbus/TCP

1. Planteamiento del problema

En la actualidad existe una clara tendencia, por parte de las industrias, a optar por procesos de automatización y reemplazo de la mano de obra por equipos mecánicos, eléctricos, electrónicos y otros sistemas automatizados para la óptima utilización de los recursos existentes en los procesos de fabricación de productos y prestación de servicios. Así pues, con los avances de la tecnología se ha logrado desarrollar estos equipos, sin embargo, esta automatización debe venir acompañada de una continua observación del desenvolvimiento de todos los elementos involucrados durante la producción o préstamo del servicio por la industria.

La adquisición de datos para supervisión y el control de eventos se han convertido en parte integral de cualquier actividad industrial. La necesidad de una continua supervisión requiere de una inversión en personal y dispositivos necesarios para medir, registrar y guardar el desarrollo de los distintos procesos en la industria. En algunos casos, estos procesos suelen implementarse en lugares remotos, lo que implica la necesidad de un sistema capaz de (a) adquirir en tiempo real los valores de las principales variables o condiciones de los procesos físicos a distancia y (b) actuar sobre el proceso para obtener una respuesta deseada.

Incluso, esta tendencia de supervisión y control ha pasado de ser, no solo una necesidad en industrias; sino que además es utilizada en otros ambientes como sistemas contra intrusión y hurto; sistemas contra incendio; hogares y edificios inteligentes; entre otros.

Teniendo en cuenta los antecedentes anteriormente descritos y sumando el hecho de que cada vez más el usuario común -aquella persona que carece de conocimientos técnicos en el campo de la telemetría y control a distancia- requiere de herramientas sencillas, actualizadas tecnológicamente, de fácil integración a plataformas ya existentes, y que sean capaces de controlar y supervisar eventos a distancia. Han sido todos estos elementos citados los que motivaron al desarrollo de una unidad remota de telecontrol y adquisición de datos, manejado

por medio del protocolo de Internet mediante PC y equipos móviles celulares.

La idea estuvo inspirada en una tendencia de la población mundial al acceso a equipos móviles celulares y a la Internet cada vez más creciente. Asimismo, es común hoy en día que las empresas, e incluso los hogares, cuenten con redes LAN con acceso a Internet.

La labor del ingeniero en telecomunicaciones para el desarrollo de esta solución fue fundamental, ya que este proyecto estuvo envuelto en una integración de diferentes estándares y protocolos en prácticamente todas las capas del modelo de referencia OSI. Este desarrollo involucro: partir desde el estudio de los sistemas de telemetría y control existentes en la actualidad, y así poder adquirir el conocimiento necesario para llegar hasta la elaboración de un equipo; el cual permita el fácil y económico acceso a la población en general de un producto de alta tecnología y con la flexibilidad de adaptarse a las necesidades del consumidor.

El desarrollo de este producto se fundamento en un esquema de investigación científica, a fin de poder cumplir con los objetivos que se describen a continuación.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Desarrollo de una unidad de telemetría para supervisión y control de señales analógicas y digitales, usando protocolo de Internet y basado en páginas web y wap

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar una investigación teórica relativa a los sistemas de supervisión y control de señales analógicas y digitales usando unidades de telemetría.
- Hacer una investigación teórica relativa a los protocolos de comunicación necesarios para la implementación de un sistema de supervisión y control vía protocolo de Internet y basado en páginas web y wap.
- Desarrollar el hardware y el software de la unidad de telemetría para la supervisión y control de señales tanto analógicas como digitales. Incluyendo un modulo de comunicación vía protocolo de Internet.
- Programar una aplicación que funciona como unidad central de control y supervisión del dispositivo de telemetría, para la publicación de los resultados de esta supervisión en páginas web/wap y que a la vez permite controlar las señales de salida de la unidad de telemetría.

3. Marco Referencial

3.1 Telemetría

Está compuesto por un conjunto de procedimientos para la medición de magnitudes físicas y químicas desde una posición remota al lugar donde se producen los fenómenos.

Los equipos de telemetría obtienen la información mediante transductores, los cuales tienen la capacidad de transforman las magnitudes físicas o químicas a medir en señales eléctricas de magnitudes equivalentes. Estas señales son transmitidas posteriormente al lugar de petición mediante ondas eléctricas para su almacenamiento y/o análisis.

3.2 Supervisory Control And Data Adquisition (SCADA)

Existen sistemas que aparte de medir los estados de los fenómenos remotos; pueden también ejercer control sobre ellos para obtener una respuesta deseada, como es el caso de los Sistemas de Adquisición de Datos, Supervisión y Control.

Generalmente los SCADA están diseñados para funcionar sobre computadores en los procesos producción o cualquier otra actividad que requiera de control (sistemas de seguridad, edificios inteli-

gentes, sistemas contra incendio o de emergencia), proporcionando comunicación a los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, microcontroladores, etc.) y de esta manera permitir el control de las actividades remotas desde la pantalla del computador u otro equipo que ofrezca una interfaz al usuario final.

De esta manera se distinguen dos capas básicas en el hardware un sistema SCADA: la "capa del cliente": que se encarga de la interacción entre la maquina y el usuario y la "capa del servidor de datos" que maneja la mayor parte de las actividades del proceso en el control de datos. Estas capas se observan con mayor detalle en la siguiente figura.

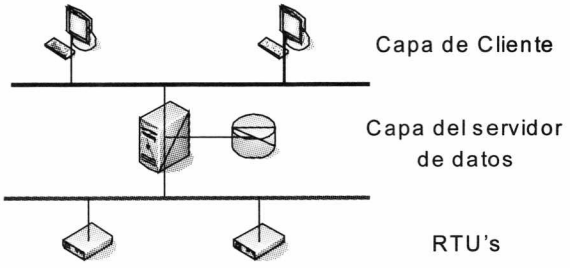


Figura 1. Arquitectura típica de hardware

Según [7] es importante destacar que "a diferencia de otros sistemas de control, un SCADA funciona primordialmente a "lazo abierto", siendo indispensable la actividad de un operador humano para emitir las ordenes que se ejecutan". Sin embargo, Uribe añade que también ciertas operaciones se pueden realizar a "lazo cerrado", bien sea localmente -en donde los dispositivos remotos automáticamente establecen las acciones- o por medio de una estación maestra.

3.3 Remote Terminal Unit (RTU)

Una RTU (Unidad Remota de Telecontrol) es un dispositivo instalado en un lugar remoto, el cual recoge datos y los transforma en un formato que sea transmisible a una estación central. Estas unidades también recogen la información del dispositivo principal (peticiones de control) y pone los procesos en ejecución que son dirigidos desde el cliente.

Las RTUs se equipan de interfaces de entrada para detectar o medir y de interfaces de salida para el control. Todas estas deben tener la capacidad de manejar señales tanto analógicas como digitales. Es necesario que las RTU cuenten también con puertos de comunicaciones para conectarse con la estación central en modo full duplex.

Para los efectos de este desarrollo, se utilizó un microcontrolador PIC18F4620 de la compañía Microchip como RTU, debido a que son económicos; robustos; con la suficiente capacidad de procesamiento, memoria y velocidad para operar como estación remota; contemplan distintas interfaces de comunicación y además, poseen un módulo para conexión vía Ethernet. A continuación se detalla más sobre estos microcontroladores, con el fin de apreciar su capacidad de operar como una RTU.

3.3.1 Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado programable o chip que integra las tres unidades funcionales básicas de un computador: CPU, memoria y unidades de E/S, tratándose entonces de un computador completo en un solo circuito integrado pero con prestaciones limitadas, debido a que desde un principio han sido concebidos para el control de máquinas o incluso otros controladores. Sin embargo, debido a su gran versatilidad hoy en día son usados para otras aplicaciones de mayores exigencias [8].

Los nombrados MCU de la familia PIC18F tienen la capacidad de trabajar a hasta 40Mhz y ejecutar instrucciones cada 4 ciclos de reloj, es decir, a 10Mips. Un PIC18F típico posee en su interior un generador de *clock* integrado; una pequeña cantidad de memoria RAM, flash y EEPROM y una gran cantidad de puertos digitales de entrada y salida, junto con puertos especializados para la entrada de señales analógicas. Para hacerlos funcionar solo se necesita: un programa que se carga en el PIC para que ejecute el algoritmo especificado; alimentación (típicamente 3.3V ó 5V) y un cristal de sincronización (opcional).

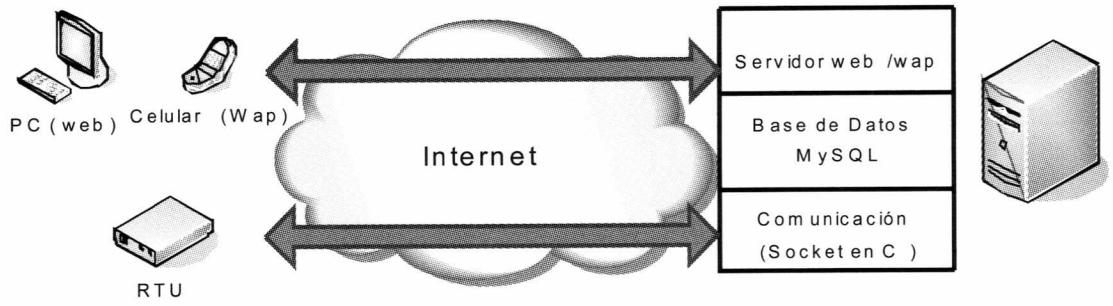


Figura 2. Esquema de comunicaciones y de la unidad central de control

3.4 Unidad Central de Control (UCC)

Se ha diseñando una unidad central de control (UCC), como la que se puede ver en la Figura 2, la cual comprende 3 capas fundamentales con funciones específicas. A continuación se describe la arquitectura de esta unidad central:

3.4.1 Capa de comunicaciones con las unidades remotas

Como el nombre indica, esta capa tiene como función establecer la comunicación entre la UCC y la unidad remota, usando protocolo de Internet, para poder monitorear y controlar los equipos conectados a las interfaces de la RTU a través de un demonio escrito en C; encargado de establecer un socket TCP con la RTU preguntando frecuentemente el estado de las interfaces de la RTU y depositando estos valores en una base de datos.

3.4.2 Capa de base de datos

Esta capa comprende dos funciones muy importantes: la primera de ellas es almacenar el estado de la unidad remota, llevando a la vez el registro de todo el historial de los cambios de las interfaces conectadas a la remota. La segunda función de esta capa es ofrecer un puente de intercomununicación entre la capa de comunicación con la unidad remota y la capa del servidor web/wap, ya que esta última capa obtiene los valores a publicar a partir de los registros almacenados en la base de datos utilizando el gestor *MySQL*.

3.4.3 Capa de servidor web/wap

Esta capa tiene como función: la publicación de los estados de las señales conectadas a los puertos de la unidad remota. Además, de servir como interfaz al usuario para el control de las señales en los terminales de la RTU.

Este servidor tiene la capacidad, mediante el uso del interprete PHP, de publicar páginas web para los terminales PC y, a la vez, mostrar esta misma información a cualquier equipo móvil celular que soporte wap. Entre algunos de los protocolos con los que cuenta esta capa están:

WEB

Viene del *"World Wide Web"* y se podría traducir como la telaraña mundial, refiriéndose al conjunto de todas las páginas que pueden consultarse en Internet. La Web o WWW es un sistema de hipertexto que funciona sobre Internet. Para ver la información se utiliza una aplicación llamada navegador web, que se encarga de extraer elementos de información (llamados documentos o páginas web) de los servidores web (o sitios) y mostrarlos en la pantalla del usuario.

WAP Wireless Application Protocol

Traducido como protocolo de aplicaciones inalámbricas, es un estándar abierto internacional para desarrollos que utilizan las comunicaciones inalámbricas, por ejemplo acceso a servicios de Internet desde un teléfono móvil. Según *Open Mobile Alliance* (OMA, 2006), WAP se define como un entorno de aplicación y una pila de protocolos para aplicaciones y servicios accesibles a través de terminales móviles. Todas estas especificaciones son definidas por la *Open Mobile Alliance / WAP Forum*, permitiendo que los desarrolladores dise-

ñen aplicaciones de interconexión para terminales móviles, típicamente teléfonos.

3.5 Sistema de Telecomunicaciones

Como se ha comentado a lo largo de este documento, se conecta la unidad remota con la UCC a través de la interfaz física y de enlace Ethernet. Para dotar de conectividad a nivel de red se utiliza el protocolo de Internet (IP) a fin de establecer una conexión TCP para la trasferencia segura de datos entre los citados elementos. Además, la UCC está encargada de aceptar las conexiones de los usuarios finales, para el control y monitoreo de la unidad remota por medio de las páginas web/wap, empleando también los protocolos anteriormente citados.

Cabe destacar que los paquetes que envía y recibe la RTU se corresponden al protocolo Modbus encapsulados en tramas TCP (Modbus/TCP) y direccionados por IP.

Modbus

Modbus describe el proceso que usa un controlador para pedir acceso a otro dispositivo; cómo responderá a las peticiones desde otros dispositivos y cómo se detectarán y notificarán los errores [2]. Además, establece un formato común para la disposición y contenido de los campos de mensaje. Los controladores se comunican usando una técnica maestro – esclavo, en la cual sólo un dispositivo (el maestro) puede iniciar transacciones (llamadas peticiones). Los otros dispositivos (los esclavos) responden suministrando al maestro el dato solicitado o realizando la acción solicitada.

Modbus / TCP

Modbus/TCP implica que el protocolo de Modbus está siendo utilizado sobre TCP/IP. El funcionamiento de una red Modbus/TCP es altamente dependiente del tipo y diseño de la red Ethernet que se utiliza y del funcionamiento de los procesadores en las interfaces de comunicaciones de los respectivos dispositivos. Como se puede ver en la Figura 3, Modbus/TCP/IP esta soportado bajo una mayor cantidad de capas en relación a su versión original, lo que le proporciona mayor seguridad y confiabilidad; pero también mayor retardo debido a la cantidad de procesos involucrados.

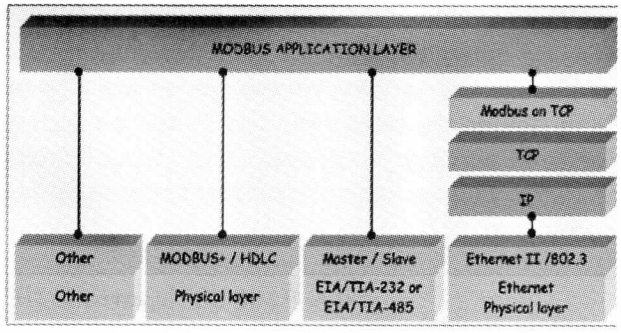


Figura 3. Esquema de capas de los diferentes estándares de Modbus.
Tomado de (Modbus-IDA, 2004, P. 15)

4. Metodología

Tipo de Investigación

El propósito de la investigación es aplicada: ya que "pretende dar solución a un problema concreto en un periodo de tiempo corto". [1] (p. 26) Las actividades se dividieron en 7 fases que se describen a continuación:

4.1 Fase de Investigación

En esta fase se realizó toda una revisión documental (textos, bibliografías, tesis de grado, manuales, revistas, foros, páginas especializadas en Internet, entre otros) junto con consultas a profesores y personal especializado en el campo sobre todos los elementos que conforman el sistema SCADA. Todo esto con el fin de adquirir el conocimiento necesario para, en las fases de desarrollo, elaborar los elementos que conforman el SCADA.

4.2 Fase de desarrollo (Servidor Web/Wap)

Esta fase contempló toda la metodología necesaria para poner en funcionamiento el servidor de páginas web/wap. También tuvo lugar en esta fase la creación de las páginas web y wap que se alojan en este servidor

4.3 Fase de desarrollo (Base de datos)

En esta etapa se realizaron todas las actividades necesarias para poner en funcionamiento una base de datos. En esta BD se almacenan todos los valores de las señales presentes en las interfaces de la unidad de telemetría y a la vez es accesible desde el servidor web/wap; para la publicaciones de estos valores registrados mediante las páginas web y wap.

4.4 Fase de desarrollo (RTU)

En esta fase se desarrolló y puso en funcionamiento la unidad de telemetría para la supervisión y control de señales, utilizando un microcontrolador que cumple con las especificaciones necesarias para funcionar como una RTU investigada en la primera fase.

4.5 Fase de Interconexión

Tal y como el nombre lo indica, esta fase contempló toda una serie de actividades necesarias para la interconexión de los distintos elementos que conforman el sistema SCADA, tales como la creación del demonio en C, asignación de direcciones a todos los elementos, verificación mediante analizadores de protocolo del correcto flujo de mensajes entre los dispositivos, etc.

4.6 Fase de Pruebas

En esta etapa se llevaron a cabo las distintas pruebas a los elementos, por separado y en conjunto, que conforman el sistema SCADA. Determinando los anchos de banda que manejan las interfaces, capacidad de respuesta, consumo de energía y pruebas de *stress* para determinar los límites operativos de los elementos en distintos ambientes.

4.7 Fase de resultados, análisis, conclusiones y recomendaciones

A partir de los valores obtenidos de las pruebas realizadas en la fase anterior, se extrajeron los resultados de los experimentos necesarios para los análisis y conclusiones sobre el funcionamiento del sistema. A partir de todos estos resultados, análisis y conclusiones se elaboraron las debidas recomendaciones para el correcto uso y funcionamiento de todo el sistema SCADA.

5. Resultados

En este punto se presentan los resultados más destacados obtenidos a lo largo de un año de investigación y desarrollo de este producto, siguiendo todas las actividades descritas anteriormente, a fin de cumplir con el objetivo propuesto.

5.1 Desarrollo de la RTU

La RTU desarrollada maneja las interface descritas en la Tabla 3. De esta manera, la RTU maneja una variada cantidad de elementos para monitoreo y control, en total son 13 interfaces para atender diversas operaciones. Las características de consumo de energía se describen en la siguiente tabla, las cuales fueron obtenidas a través de mediciones en pleno funcionamiento de la RTU

Consumo	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Potencia (W)
Mínimo	4.65	210	0.976
Máximo	4.53	320	1.45

Tabla 1. Consumo eléctrico de la RTU

La RTU cuenta con los siguientes módulos de comunicaciones:

Protocolo	Term.	Max BW [Kb/s]	Uso
RS232	DB9	19.2	Configuración vía Terminal
802.3 10BaseT	RJ45	1.46	Comunicación con la UCC

Tabla 2. Módulos de Comunicaciones

Tipo de señal	Rango de Voltaje (V) [a]	Max. Corriente (mA) [b]	Máximo BW (Hz) [e]	Acción	Cantidad
Analógica	0 – 5.1	25 [b]	3.8	Entrada	4
	0 – 5.1	40 [c]	3.8	Salida	1
Digital	0 y 5.1	25 [b]	5.9 – 3.8	Entrada	4
	0 -120 [AC] 0 -24 [DC] [d]	2000 [AC] 2000 [DC] [d]	5.9 - 3.8	Salida	4

Tabla 3. Interfaces de la RTU

Nota. [a] Obtenido de valores prácticos medidos. [b] Valores obtenidos de (microchip, 2004, p. 323). [c] Valor obtenido de (National Semiconductor, 2005, p. 7). [d] indicado en el Rele [e] Valores obtenidos de pruebas de stress en condiciones especiales.

Cabe destacar que la interfaz serial RS232 solo sirve para la configuración de la unidad remota vía terminal, a través de esta se pueden modificar los parámetros de red. Por medio de este terminal también se puede observar el estado de la RTU y las peticiones provenientes de la UCC con sus respectivas respuestas. En cambio, a través de la interfaz Ethernet no se puede configurar estos parámetros de red de la RTU; sin embargo, se puede establecer la comunicación RTU-UCC para las respectivas consultas y controles.

Tal y como se ve en la Figura 4, el diseño del circuito desarrollado para la RTU fue realizado utilizando el software PCBExpress, después de determinada la correcta interconexión de los elementos que se observan a groso modo en el esquema de bloques de la Figura 5.

Como se ve en la figura, el sistema cuenta con un DAC0832 de *National Semiconductor* que pérmite la salida de señales analógicas de entre 0 a 5V; 4 relés para el control digital; un conversor de voltaje (MAX232) para poder establecer comunicaciones seriales según el estándar RS232 por medio de un conector DB9; conversor de voltaje entre el PIC y el controlador Ethernet ENC28J60 (compuerta AND 78HCT08) para dotar de comunicación al MCU vía RJ45 utilizando filtros y magnéticos dispuestos para adaptar las señales que entran y salen al controlador Ethernet, y aparte, para aislar el circuito de los elementos externos conectados.

En cuanto a la alimentación del circuito se emplearon los reguladores: LM7805 a fin de garantizar los 5V al PIC; Max232; arreglo Darlington para la operación de los relés; DAC; Opam LM318 (salida del DAC) y a la compuerta AND que se emplea como conversor de voltaje entre el Controlador Ethernet y el PIC. Además, se empleó el regulador LM3940-3.3 que garantiza 3.3V a partir de una entrada de 5V, necesario para el Controlador Ethernet.

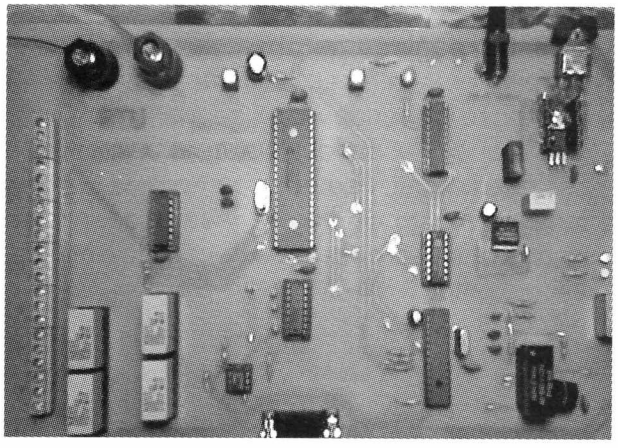


Figura 4. Circuito Impreso de la RTU

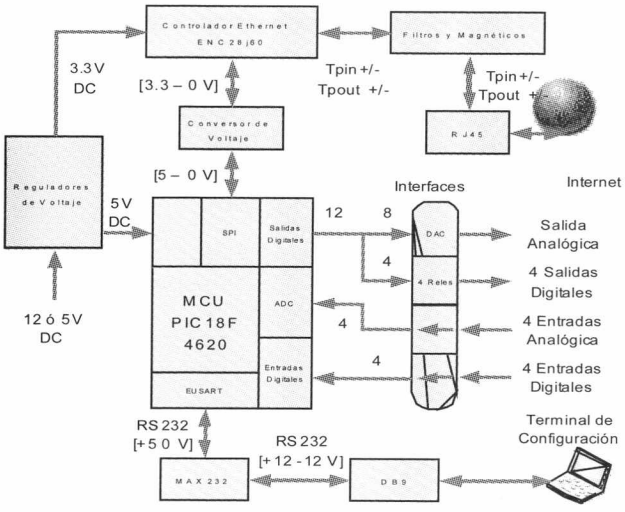


Figura 5. Esquema de bloques del RTU

5.2 Páginas web/wap

Conforman la interfaz de usuario del sistema SCADA y están alojadas en un servidor web/wap sobre apache utilizando el interprete PHP, a continuación se describen cada una de las páginas.

Páginas web/wap de autenticación

A través de estas páginas se piden los datos de nombre de usuario y contraseña para el ingreso a las distintas páginas del portal. Automáticamente y según los valores registrados en la tabla de usuarios de la base de datos, se puede conocer si el usuario puede efectuar operación de control y monitoreo (root) o solamente posee permisos para monitoreo de las interfaces (usuario limitado).

Páginas web/wap de monitoreo

En estas páginas se observan los valores de las señales presentes en las interfaces de la RTU. Su veracidad depende de la frecuencia de refrescamiento que el usuario proponga; bajo la interfaz web se puede ajustar automáticamente la frecuencia de refrescamiento de página y en el caso wap es necesario que el propio usuario haga la petición de refrescamiento.

Páginas web/wap de control

Aparte de controlar la frecuencia de refrescamiento de las páginas; creación y eliminación de usuarios (estas opciones solo validas para las páginas web) y ajustes en la frecuencia de peticiones UCC-RTU, permite monitorear y establecer los valores que el usuario desea tener presente en las interfaces de control de la RTU. Además posee un algoritmo de control de múltiples peticiones de distintos usuarios sobre una misma salida de la RTU al mismo tiempo.

Páginas web de Históricos

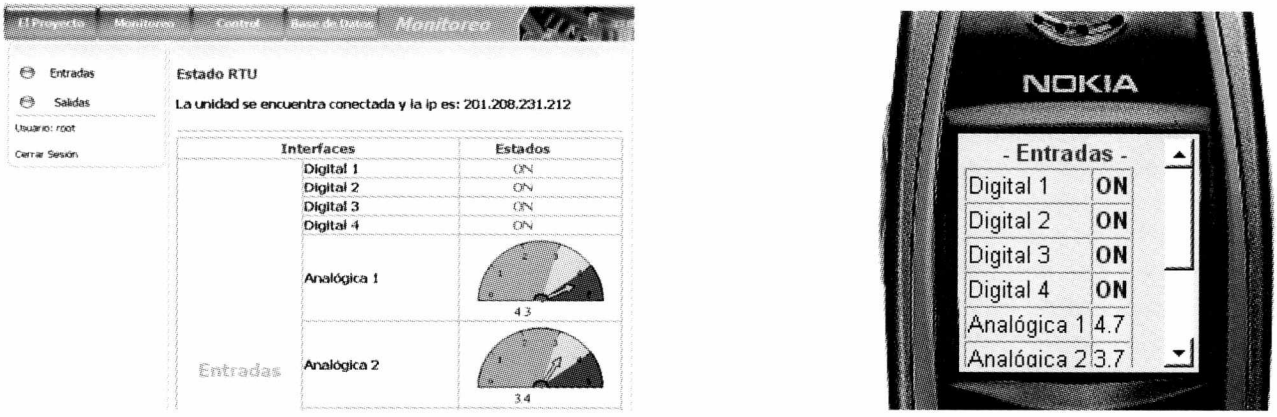
Solo disponible vía web, presenta los valores almacenados en las tablas de históricos de la base de datos. Además, muestra por cada interfaz las estadísticas de niveles DC, AC; potencias AC y DC; junto con los valores máximos y mínimos y su ocurrencia dentro del periodo establecido por el usuario a través de un formulario de búsqueda. Para cada señal se presenta una tabla con todos los valores estadísticos descritos y una gráfica de las amplitudes con respecto al tiempo de evaluación. La precisión de la gráfica depende directamente de la frecuencia de peticiones (muestreo).

Todas estas páginas, tanto web como wap, se pueden apreciar ingresando a la dirección http://rtu.servehttp.com, de donde se ha extraído las imágenes de cada una de estas páginas.

Web

Wap

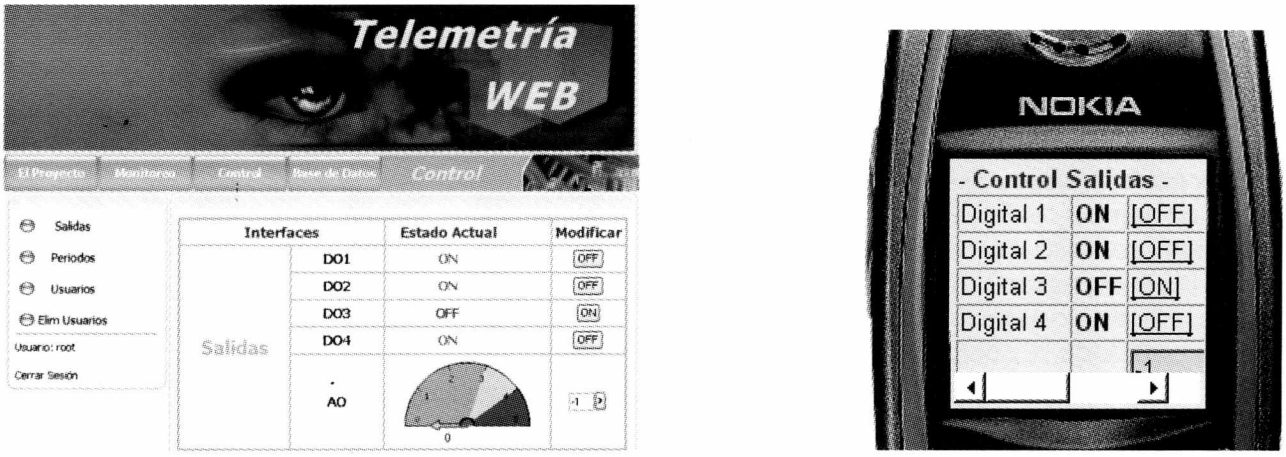
Figura 6. Páginas web de autenticación



Web

Wap

Figura 7 Páginas para monitoreo analógico y digital



Web

Wap

Figura 8 Páginas para control de señales, usuarios y frecuencias

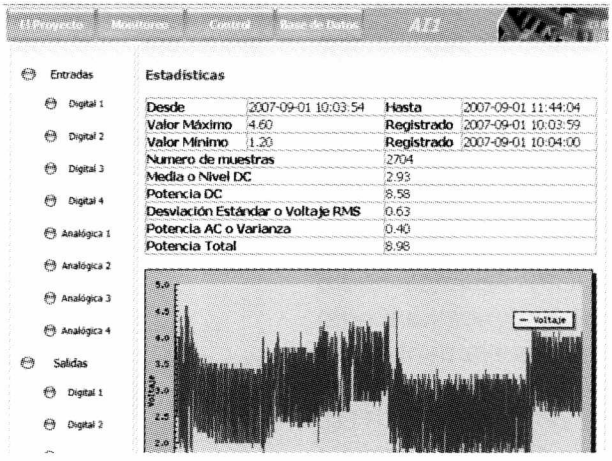


Figura 9 Fragmento de página web del estado estadístico de la interfaz analógica **de entrada 1**

6. Conclusiones y recomendaciones

Como se ha comentado, el desarrollo industrial trajo consigo la necesidad de poder monitorear y controlar eventos físicos remotamente; a fin de obtener una adecuada respuesta de los procesos que se desarrollan a distancia, que inclusive suelen algunas veces ser inaccesibles al ser humano o implican altos costos. Esta necesidad está siendo cubierta con la introducción de los sistemas SCADA dentro de las industrias. Tales sistemas suelen ser complejos y operados por personal experto en el área de la telemetría.

Sin embargo, con la aparición de las casas y edificios inteligentes; equipos de seguridad; contra incendio y otras aplicaciones más, ha llevado a la adopción de estos sistemas en otros ambientes donde los usuarios no cuentan con la experiencia y conocimientos necesarios para operaciones de telemetría y control dentro de las industrias con estos equipos tan complejos. Fue esta misma razón la que motivó este producto, con el fin de proporcionar a los usuarios la capacidad de controlar y monitorear cualquier evento a distancia a través de terminales comunes para toda la población (PC y celulares) y con una interfaz web/wap muy intuitiva y de fácil uso, haciendo mas fácil la masificación de este tipo de sistemas en cualquier ambiente.

La característica principal de este sistema es que esta totalmente interconectado a través de Internet, lo cual simplifica enormemente la complejidad en cuanto a la interconexión en cualquier ambiente a las RTU; con tan solo conectar a las interfaces las señales que se desean monitorear y controlar y conectando a internet la RTU a través de un cable RJ45, el sistema automáticamente comenzará a trabajar sin la necesidad de realizar previas configuraciones (solo en el caso que se cuente con una conexión bajo un servidor DHCP). Además de su simplicidad a la hora de poner en funcionamiento la RTU, el hecho de que todos los elementos del sistema estén conectados a la Internet ofrece una gran movilidad de todos los dispositivos (RTU, UCC, terminales) y a la vez una fácil adaptación a cualquier ambiente.

Sin embargo, el mismo hecho de que este sistema base su interconexión sobre la Internet, implica que éste condicionado a las capacidades que ofrece la red en ese instante, es decir, las capacidades del sistema se ven limitadas al ancho de banda, tráfico y retardos que ofrezca la red a la cual ésta interconectada cada uno de los elementos del sistema.

Hay que tener en consideración que a medida que se aumenta la frecuencia de peticiones a la RTU, aumentara proporcionalmente el tráfico en la red. Aunque si bien es cierto que el BW máximo necesario de 1.46 Kb/s es relativamente bajo, no es esté el elemento dentro de la red que realmente limita la capacidad del sistema; sino el retardo y los niveles bajos e inestables de CIR. De esta manera, es necesario tomar precauciones sobre la QoS de la conexión, procurando que ofrezca características adecuadas para conexiones a tiempo real, con bajo retardo y un nivel adecuado de CIR

6.1 Posibilidades de Extensión Futura

Una de ellas es optar por una arquitectura de red diferente, en vez del sistema triangulado Terminal – UCC – RTU; hacer una comunicación directa Terminal – RTU, para ello es necesario utilizar microcontroladores con mayor capacidad de procesamiento (por ejemplo los anunciados DSPIC con controlador Ethernet integrado) y mayor cantidad de memoria (conexión externa USB de memoria flash de hasta 2GB), dado que todas las tareas en la arquitectura triangulada de este desarrollo que estaban en la UCC apoyando a la remota (base de datos y servidor web/wap); estarían en esta nueva arquitectura sobre la RTU, cargando nuevos procesos sobre el PIC u otro microcontrolador que ofrezca mejor *performance* al utilizado. Sin embargo ofrece una arquitectura de red más simple y centralizada.

También se pueden utilizar protocolos de comunicación adicionales al Modbus/TCP, como es el caso del SNMP ofrecido en el nuevo Stack TCP/IP 4.0 de Microchip, permitiendo también el TFTP que sirve para la exportación de la base de datos en la nueva arquitectura comentada. Además con los nuevos módulos de ZigBee o el desarrollado por Microchip "MiWi" se puede ofrecer una RTU

inalámbrica, permitiendo una flexibilidad aun mayor a la del sistema propuesto en este trabajo.

6.2 Alcances del Sistema

Como se puede ver, la arquitectura planteada ofrece la capacidad de adaptar el sistema a prácticamente cualquier ambiente en el cual se cuente con acceso a internet. Cosa que es bastante viable ya que prácticamente en cualquier edificación, bien sea en empresas o en los hogares, se cuenta con acceso a internet, inalámbrica o redes ya cableadas de Ethernet. De esta manera, la implementación de este tipo de sistema no implica el tendido de cables o remodelación alguna a la edificación existente.

Además, con este sistema se puede monitorear y controlar desde el estado de un contacto seco (puerta, encendido de luces, alarmas) hasta niveles de temperatura, pesos, cantidad de líquido en los tanques, concentración de gases, presión o cualquier otro fenómeno físico que a través de la utilización de transductores se pueda transformar sus magnitudes físicas en señales eléctricas o viceversa, en caso de control.

7. Referencias

[1] Bavaresco, A. (1992). *Proceso Metodológico en la Investigación. (Cómo hacer un Diseño de Investigación).* Caracas: Servicios Bibliotecarios de la Universidad del Zulia.

[2] Gordon, C. y Deon R. (2004). *Modern SCADA Protocols: DPN3, 60870.5 and Related Systems* (2a. ed.) [Documento en Línea]. Mumbay, India: Newnes. Disponible: ed2k://|file|Practical%20Modern%20Scada%20Protocols%20Dnp3,60870.5%20Clarke%20G,%20E537p%20Newnes%20Elsevier%202004.pdf|20336046|EA3F2738ECCF81E3976176AF2CF54459|/ [Consulta 2006, Agosto 30].

[3] Microchip Technology Inc. (2004). *PIC18F2525/2620/4525/4620 Data Sheet (DS3962b).* [Documento en Línea]. Disponible: http://ww1.microchip.com/ downloads/en/DeviceDoc/39626C.pdf. [Consulta 2007, Agosto 18]. USA: Microchip Technology Inc.

[4] Modbus-IDA (2004). *Modbus Messaging on TCP/IP implementation Guide (V1.0a).* [Documento en Línea]. USA:Modbus-IDA. Disponible: ed2k://|file|Hardware%20%20Modbus%20Messaging%20On%20TcpIp%20Implementation%20Guide.pdf|422912|70C1EF00C4A948C76C04E2FEB8EF4DB2|/ [Consulta 2006, Febrero 4].

[5] National Semiconductor. (2005). *LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers* [Documento en Línea]. Disponible: http://www.national.com/ds.cgi/LM/LM158.pdf [Consulta 2007, Agosto 18].

[6] OMA. (2006). *Open Mobile Alliance.* [Pagina web en línea]. Disponible: http://www.openmobilealliance.org/index.html [Consulta 2006, Agosto 4].

[7] Uribe,L. (2004). *Scada, Master Unit, RTU* [Documento en Linea]. Disponible: GUribe-UCAB@cantv.net.

[8] Usategui, J. y Martínez, I. (2003). *Microcontroladores Pic. Diseño práctico de aplicaciones Primera parte. El PIC16F84 9. 9. Lenguajes PBASIC y Ensamblador* (3a. ed.). Madrid, España: McGraw-Hill.

Compresión de imágenes de huellas dactilares empleando Transformada Ondícula

■ Maribel Borjas
maribelborjas12@yahoo.es
Maria C. Stefanelli
mstefane@ucab.edu.ve
Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones, UCAB.
Caracas - Venezuela
Fecha de Recepción:28 de marzo de 2008
Fecha de Aceptación: 14 de Junio de 2008

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo realizar la compresión de imágenes de huellas dactilares usando la Transformada Ondícula. Para ello, se generó un algoritmo que permite comprimir imágenes de huellas dactilares, utilizando 4 tipos de ondículas (Daubechies, Coiflet, Symmlet y Biortogonal). El orden de las ondículas y el nivel de descomposición son variables en las simulaciones. El análisis con ondículas se puede utilizar para dividir la información de una imagen en subimágenes de aproximación y de detalles. Si los detalles son suficientemente pequeños, pueden ser fijados a cero sin alterar drásticamente la imagen. El valor por debajo del cual los detalles se consideran irrelevantes, se conoce como umbral. Para determinar el valor del umbral se utilizaron 2 métodos: el primero basado estrictamente en la descomposición en ondículas de la imagen original *(Balance sparsity norm* y *Scarce high),* el segundo basado en las propiedades de los datos de la imagen estudiada (entropía general y entropía por niveles). Las huellas dactilares utilizadas corresponden a la base de datos FVC *(Fingerprint Verification Competition)*. Se diseñó y programó un algoritmo para la compresión de imágenes de huellas dactilares en la plataforma Matlab 7.0. Como figuras de mérito se utilizaron la relación señal/ruido pico (PSNR) y la razón de compresión. De la comparación de los métodos analizados, se determina la conveniencia de los métodos basados en las propiedades de los datos de la imagen, con los cuales se garantiza la calidad de la imagen com-

primida (superior a los 23dB) y se obtienen tasas de compresión aceptables, cercanas a 2 veces la imagen original. Utilizar un umbral por niveles conlleva mejores resultados, ya que cada subbanda de detalle posee su propio umbral. La eficiencia de cada método está íntimamente relacionada con el tipo de imagen de entrada (huella dactilar original), la ondícula utilizada, los niveles de descomposición empleados y el tamaño de muestras.

Palabras claves: Ondículas, compresión de imágenes, umbral, PSNR y razón de compresión.

Abstract

The purpose of this Paper is the compression of digitalized fingerprints using wavelet transform. To achieve this, an algorithm that allows the compression of digitalized fingerprints, using 4 types of wavelets (Daubechies, Coiflets, Symmlets and Biorthogonal) was generated. The arrangement of wavelets and the level of decomposition were variable in the simulations. The analysis trough wavelets can be used to divide an image into subimages of approximation and detail. If the details are sufficiently small, it can be fixed to zero, without drastically affecting the image. The value below which the details are considered irrelevant, is known as threshold. In order to determine the value of threshold, 2 methods were used: the first one, based strictly on the decomposition of the original image into wavelets *(Balance sparsity norm* and *Scarce high),* the second, based on the properties of the data of the image being studied (entropy and entropy by levels). The digitalized fingerprints used are those of the FVC *(Fingerprint Verification Competition)* database. An algorithm for the compression of digitalized fingerprints was designed and programmed in Matlab 7.0. As value figures, the Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) and the compression ratio were used. Trough evaluation of applied methods, it was decided to use the one based on the properties of the data of the image, which guarantees that the quality of the compressed image is acceptable (higher than 23 dB) thus and adequate compression rates are obtained, close to 2 times the original image. The use of local thresholding entails better results, since each subband of detail has its own threshold. The efficiency of each method is intimately related to the type of entry image (original fingerprint), the wavelet used, the level of decomposition, and the size of the samples.

Key Words: Wavelet, image compression, threshold, PSNR and compression ratio.

1. Planteamiento del problema

Dentro del mundo de las comunicaciones, trabajar con imágenes implica numerosos inconvenientes, entre los cuales se destaca la cantidad de memoria disponible para almacenar información y el ancho de banda limitado en las redes. Para resolver dichos inconvenientes se han desarrollado técnicas de compresión de datos con la finalidad de representar la imagen digital de tal forma que al almacenarla o transferirla ocupe menos espacio que con su representación matricial.

Entre los algoritmos diseñados para comprimir imágenes fijas y con movimiento, se encuentran los estándares JPEG y MPEG, los cuales han desarrollado técnicas de compresión de datos basados en la Transformada Discreta del Coseno. No obstante, la última técnica de compresión de imágenes estandarizada por el comité *Joint Photographic Experts Groups* es la norma JPEG 2000, la cual utiliza una herramienta matemática llamada teoría de ondículas o *wavelets* (JPEG 2000, 2007).

Los métodos que se han estado utilizando hasta el momento (JPEG por ejemplo) obtienen razones de compresión alrededor de 100:1, pero sacrificando mucho la calidad de la imagen, mientras que los algoritmos que comprimen imágenes utilizando ondículas lo hacen con muy poca degradación de la calidad [3].

En el caso de la huella dactilar, ésta es una característica individual que se utiliza como medio de identificación de las personas. Por tanto, su manipulación requiere mucha precisión. En la actualidad, las huellas dactilares son digitalizadas y archivadas en enormes bases de datos que pueden ser chequeadas en computadora para buscar huellas coincidentes en fracciones de tiempo muy cortas. En tal sentido, es necesario aplicar técnicas de

compresión que conserven la calidad de la imagen de la huella dactilar.

Ahora surge una pregunta, ¿por qué las ondículas? Debido a que los métodos que no utilizan ondículas se basan en la Transformada de Fourier, en la Transformada de Fourier de corto plazo (STFT) o en la Transformada Discreta del Coseno (DCT), las cuales procesan a la imagen con un solo grado de resolución. Mientras que la gran ventaja que ofrecen las ondículas es el análisis multiresolución; la imagen se descompone en un número determinado de bandas de frecuencias lo que permite obtener información más detallada de la misma con una resolución adecuada a la escala temporal, preservando la información temporal y frecuencial en el dominio transformado [8].

Por tanto, la Transformada Ondícula maneja distintas resoluciones para distintas frecuencias y tiempos. Esta característica es sumamente importante, ya que generalmente en las bajas frecuencias de una señal es donde se encuentra la mayor parte de la información, y en las altas frecuencias se localizan los detalles específicos. Por ello, resulta poco viable analizar una señal con la misma resolución para todas las frecuencias.

La ventaja de comprimir imágenes utilizando el método de ondículas a diferencia de los métodos clásicos como JPEG, es su capacidad de adaptarse al tamaño y a la localización de regiones en la imagen. Mientras el estándar JPEG transforma la imagen en bloques de 8x8, las ondículas pueden definir regiones que varían en tamaño, forma y localización [17].

Por otra parte, la Transformada de Fourier es muy eficiente y adecuada si el fenómeno que se quiere estudiar es estacionario. Sin embargo, si gran parte de las señales a considerar en una aplicación no presenta esta propiedad de estacionariedad, el uso del análisis de Fourier se vuelve inapropiado e ineficiente. Es muy común que la información relevante en una señal guarde mayor relación con los cambios repentinos o discontinuidades que con las partes suaves y no oscilantes.

2. Objetivo general

Realizar la compresión de imágenes de huellas dactilares usando Transformada Ondícula.

Para cumplir el objetivo general, es indispensable llevar a cabo un estudio detallado sobre la teoría de ondículas, la compresión de imágenes y la estructura de la imagen de la huella dactilar. Igualmente, se requiere diseñar y programar un algoritmo que permita comprimir huellas dactilares utilizando varias ondículas madres y eliminando detalles que no aporten información relevante. Finalmente, es necesario definir los criterios de comparación para determinar cuales ondículas ofrecen mejores resultados.

3. Marco referencial

En el análisis de señales existe un gran número de herramientas que se han ido desarrollando con el paso de los años, entre las que destaca, sin lugar a dudas, la Transformada de Fourier, la cual se ha hecho un nombre reconocido gracias a su capacidad de entregar una representación del contenido de frecuencias que posee una determinada señal. Sin embargo, hace no más de 20 años, se han venido desarrollando nuevas herramientas, que permiten realizar un análisis de las señales desde otra perspectiva, surgidas principalmente ante la necesidad de poder analizar señales que no se comportan en forma estacionaria, o que presentan cambios bruscos en intervalos pequeños. Entre estos nuevos métodos se encuentra la teoría de ondícula [6].

3.1. Transformada Ondícula Continua

Una ondícula es una función integrable y oscilatoria cuya media es cero tal y como se muestra en la ecuación (1):

$$\int \Psi(t)dt = 0 \qquad (1)$$

Las ondículas son funciones matemáticas que separan la información en diferentes componentes frecuenciales, y de ahí estudia cada componente con una cierta resolución asociada a la escala. La

familia de ondículas está definida por la ecuación (2):

$$\Psi(t)_{a,b} = \frac{1}{\sqrt{a}}\Psi\left(\frac{t-b}{a}\right);\ a,b \in R,\ a>0 \qquad (2)$$

Donde *a* es el parámetro de escalamiento o dilatamiento y *b* el de desplazamiento o traslación. Entonces, esta familia de funciones son una copia de una función prototipo $\Psi(t)$, denominada ondícula madre, trasladada y escalada mediante las variables *b* y *a*.

De acuerdo con la ecuación (2), si |a|<<1, la ondícula es una versión altamente concentrada y comprimida de la ondícula madre $\Psi_{a,b}$ con contenido de frecuencias concentrado en el intervalo de altas frecuencias. Si |a|>>1, la ondícula $\Psi_{a,b}$ está muy dispersa y tiene mayormente frecuencias bajas. Con lo anterior, se puede obtener una ventana en tiempo-escala que se estrecha para valores pequeños de *a* y se amplía a medida que *a* se hace más grande.

Se define la transformada continua de ondículas (CWT) como:

$$W_{a,b} = \int \Psi^*_{a,b}(t) f(t) dt \qquad (3)$$

La ecuación (3) puede interpretarse como la proyección de la señal $f(t)$ sobre una familia de funciones bases $\Psi_{a,b}$.

Esta transformada representa el paso lógico siguiente a la STFT: una técnica mediante ventanas con regiones de tamaño variable. Además permite el uso de intervalos grandes de tiempo en aquellos segmentos en los que se requiere mayor precisión en baja frecuencia, y en regiones más pequeñas donde se requiere información en alta frecuencia. Además, el análisis mediante la Transformada Ondícula puede ser aplicado tanto al tratamiento de señales de una dimensión como a datos bidimensionales (imágenes).

3.2. Transformada Ondícula Discreta

Para aplicar la Transformada Ondícula a una serie de datos numéricos, es necesario implementar una transformada discreta. La idea fue desarrollada por Mallat en 1988 [8], quien diseñó un algoritmo basado en bancos de filtros que permiten obtener una Transformada Ondícula en forma instantánea a partir de los datos de interés.

Para muchas señales, el contenido de baja frecuencia es la parte más importante. Mientras que el contenido de alta frecuencia tiene un carácter secundario. Por ejemplo, en la voz humana, si se eliminan los componentes de alta frecuencia, la voz sonará diferente pero aún es inteligible. No obstante, si se eliminan suficientes componentes de baja frecuencia, no se entenderá el habla.

Una forma sencilla de comprender el modo de operación de la Transformada Ondícula Discreta (DWT) es pensar que la señal en base de tiempo es pasada por varios filtros pasa bajos y pasa altos, los cuales permiten separar las porciones de la señal de alta frecuencia de aquellas de baja frecuencia. Lo anterior queda ejemplificado en el diagrama de la figura 1, donde *S* es la señal que se desea analizar, *A* la salida del filtro pasabajos y *D* la salida del pasaaltos.

Naturalmente, los filtros son diseñados de tal manera que sean complementarios, es decir, la suma de *A* y *D* debe ser *S*.

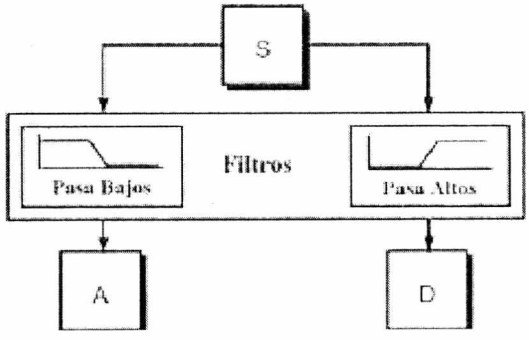


Figura 1 Diagrama de descomposición de señales [10]

Por esta razón, en el análisis con ondículas, se habla a menudo de aproximaciones *(A)* y detalles *(D)*. Las aproximaciones son las componentes de gran escala y baja frecuencia de la señal. Los detalles son las componentes de pequeña escala y alta frecuencia. Sin embargo, este procedimiento tiene la desventaja que aumenta al doble el número de

datos originales, ya que por cada muestra de *S* se genera un par de muestras *(A, D)*, por lo que el costo matemático y computacional se incrementa. Para remediar esta falencia se propone un método que guarda la mitad de los puntos *(A, D)*, sin perder en ello información de la señal *S*. Este procedimiento es conocido como submuestreo. La idea se ilustra en la figura 2.

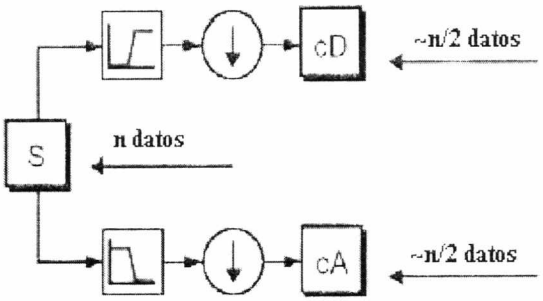


Figura 2 Diagrama de descomposición de señales utilizando submuestreo [10]

Los círculos con flechas representan la eliminación de datos o submuestreo. Luego, *cD* y *cA* son los nuevos coeficientes obtenidos de la etapa de filtración. Intuitivamente, se puede concluir que al tener *cD* y *cA*, en conjunto, se tiene la misma cantidad de datos que las de la señal original *S*, y se ha mantenido la información necesaria.

3.3. Descomposición en múltiples niveles

El proceso de descomposición puede ser iterativo, con aproximaciones descompuestas sucesivamente en diferentes niveles, de forma que es posible caracterizar una señal mediante el análisis de sus componentes de menor resolución. Esto se denomina árbol de descomposición en ondículas (figura 3).

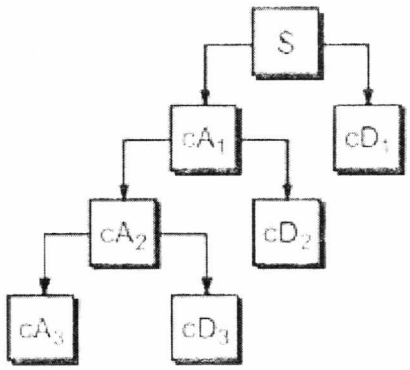


Figura 3 Árbol de descomposición en ondículas [10]

3.4. Transformada ondícula en dos dimensiones

La descomposición mediante ondículas puede ser generalizado para cualquier dimensión *n>0*. Para el caso de la imágenes, la transformada ondícula unidimensional se puede extender a funciones bidimensionales, para ello se requiere una función de escalamiento $\varphi(x,y)$ y tres ondículas bidimensionales: $\psi^{H}(x,y)$, $\psi^{V}(x,y)$ y $\psi^{D}(x,y)$ [2].

Estas ondículas miden las variaciones de intensidad o nivel de gris. ψ^{H}, calcula las variaciones a lo largo de las columnas (esquinas horizontales), ψ^{V} determina las variaciones de los renglones (esquinas verticales) y ψ^{D} mide las variaciones diagonales.

Al igual que en el caso unidimensional, la DWT bidimensional puede ser implementada a través de la descomposición en subbandas de frecuencia. De esta manera el análisis discreto con ondículas en 2 dimensiones (2-D DWT) se puede llevar a cabo usando el concepto de banco de filtros con diferentes frecuencias

de corte:

Un filtro pasa-alto $g[n]$
Un filtro pasa-bajo $h[n]$

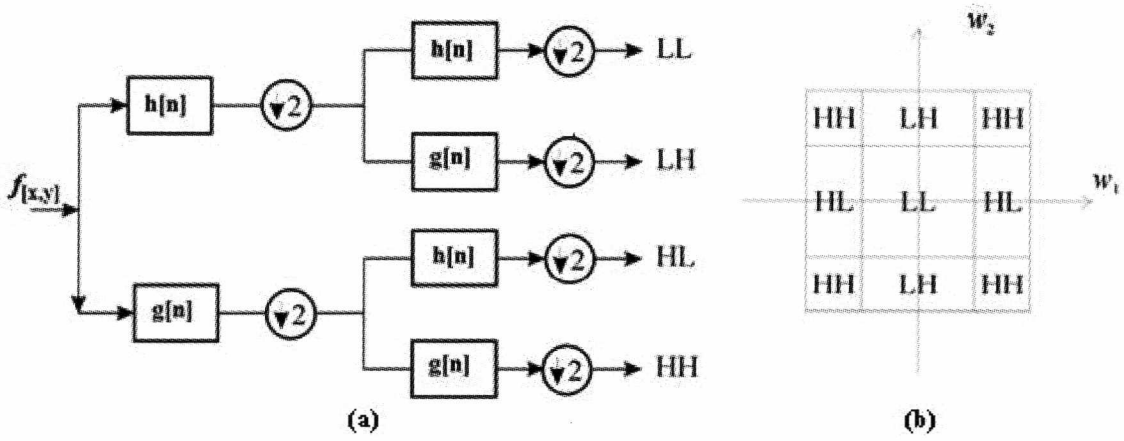


Figura 4 (a) Banco de filtros de 4 bandas. (b) División de las bandas de frecuencia [14]

Sabiendo que la DWT de una dimensión descompone una serie de muestras en una banda de frecuencias bajas (L_i) y en una banda de frecuencias altas (H_i), en el caso de las imágenes, se lleva a cabo una descomposición subbanda en 2 dimensiones, producto de la descomposición subbanda en una dimensión. De hecho el proceso de la DWT en una dimensión se realiza 2 veces: primero horizontal y luego vertical. Por ejemplo, L_i resulta de la DWT en dirección horizontal, seguidamente se realiza otra vez la DWT solo que en dirección vertical, produciendo las subbandas LL_i y LH_i (i representa el nivel de descomposición), en otras palabras, la subbanda LL (del inglés Low, Low) o $\varphi(x,y)$ resulta de la aplicación del filtro de análisis pasa bajo en ambas direcciones, horizontal y vertical.

La subbanda HL (del inglés High, Low) o $\psi^H(x,y)$ se obtiene aplicando el filtro pasa bajo en la dirección vertical y el filtro pasa alto en la horizontal. Las otras subbandas se identifican como LH (del inglés Low, High) o $\psi^V(x,y)$ y HH (del inglés High, High) o $\psi^D(x,y)$ (Quijada, s.f.).

Hasta este punto ha terminado el primer nivel de descomposición, sin embargo, si se aplica la 2-D DWT a la subbanda LL_i, se forma el análisis por niveles y se elige el nivel de descomposición deseado i.

La descomposición en ondículas puede ser interpretada como una descomposición de la imagen en un conjunto de canales o bandas de frecuencias independientes entre sí y espacialmente orientados. Mientras una banda (pasa bajo) contiene una versión borrosa de la imagen original, las otras bandas resaltan la información de alta frecuencia (bordes y texturas). Pero lo más importante aún, es que esta última se encuentra separada en las bandas de acuerdo a su ubicación en el espacio: horizontal, vertical y diagonal. Las figuras 5 y 6 muestran gráficamente la explicación anterior [13].

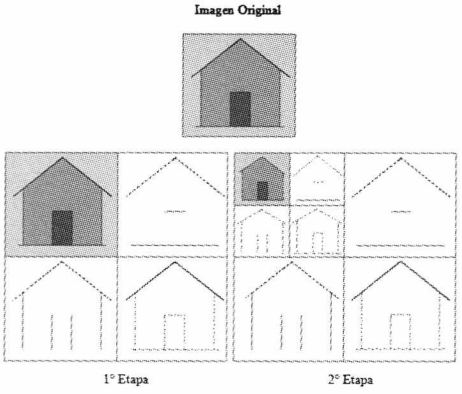


Figura 5 Descomposición de una imagen en tres niveles [13]

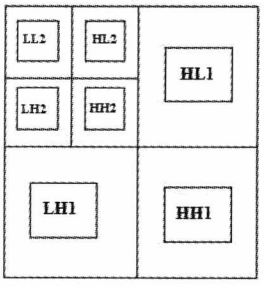


Figura 6 Subbandas formadas en la descomposición de una imagen en tres niveles [12]

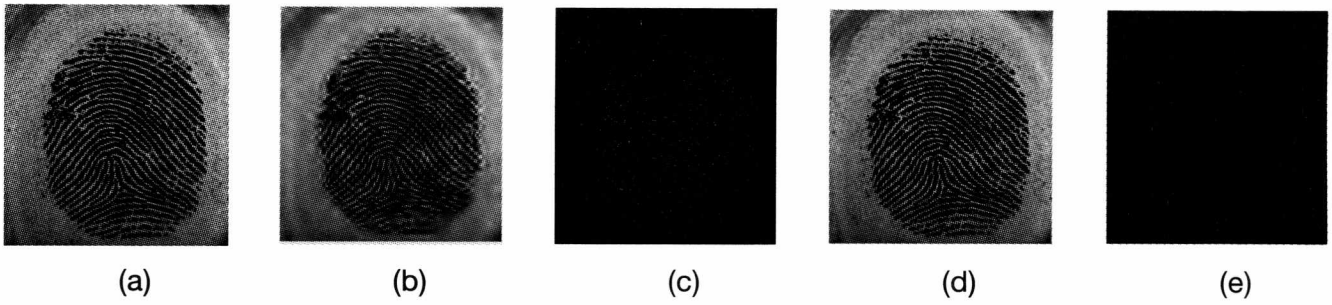


Figura 14 Compresión de la huella dactilar 1 utilizando la ondícula Coiflet de orden 5 con 4 niveles de descomposición (a) Imagen Original (b) Imagen comprimida con Balance Sparsity Norm (c) Imagen del error con Balance Sparsity Norm (d) Imagen comprimida con Entropía general y (e) Imagen del error con Entropía general

5.2.2. Imagen 2

La imagen utilizada es de 256x364 píxeles (93,184 KB), con 256 niveles de grises, como se muestra en la figura 15:

Figura 15 Imagen Patrón: huella dactilar 2

En las figuras 16 y 17, se muestran los métodos que arrojaron mejores resultados.

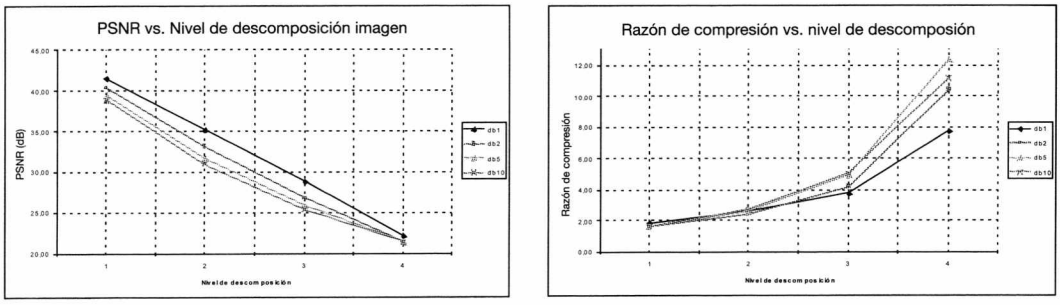


Figura 16 Compresión de huella dactilar 2 con el método Entropía general

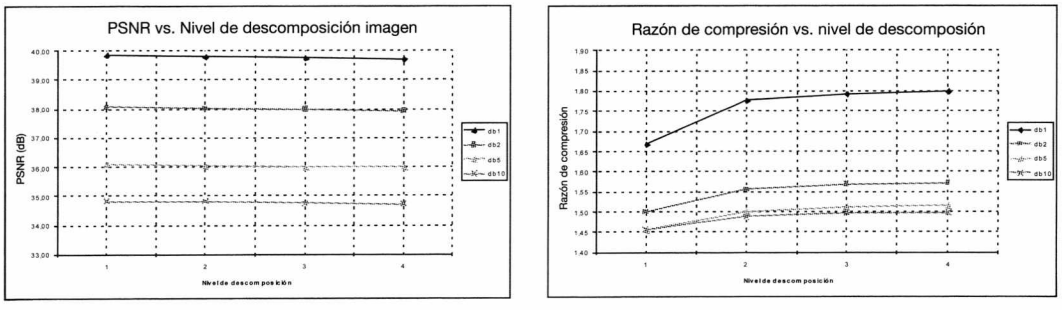


Figura 17 Compresión de huella dactilar 2 con el método Entropía por niveles

Como se puede apreciar en las gráficas 16 y 17, los parámetros que arrojaron mejores resultados para el método *Balance sparsity norm* fueron: la ondícula Coiflet de orden 5 con un nivel de descomposición; mientras que para la imagen comprimida con el método *Entropía general*, la ondícula Daubechies de primer orden con 3 niveles de descomposición presenta la mejor relación entre la tasa de compresión y el PSNR; para el método *Scarce high*, nuevamente la ondícula Coiflet de orden 5 con 3 niveles de descomposición, obtuvo buenos resultados; finalmente, para el método *Entropía por niveles*, la ondícula Daubechies de primer orden con 4 niveles de descomposición presentó resultados ligeramente superiores que los obtenidos con niveles de descomposición inferiores.

En el caso particular del método *Balance sparsity norm*, aunque se alcanzan buenas tasas de compresión, el PSNR de las huellas dactilares comprimidas está por debajo de los 23 dB, lo que las clasifica como imágenes de calidad regular e incluso mala. Por tanto, la utilización de este método para comprimir imágenes con características iguales o similares a la imagen 2, no es recomendable.

Todo lo contrario ocurre con el método *Entropía por niveles,* donde la calidad de la imagen comprimida es excelente (superior a los 23 dB), sin embargo, la razón de compresión es aproximadamente 2 veces la imagen original. En este sentido, aunque la tasa de compresión no sea lo suficientemente elevada, la utilización de este método se justifica para aquellos casos donde sea requisito indispensable conservar la calidad de la imagen original.

Para determinar cuales métodos ofrecen mejores resultados, se comparó el valor de PSNR y la razón de compresión (RC) de las ondículas que tuvieron un mejor desempeño para cada nivel de descomposición en los 2 métodos utilizados (los basados estrictamente en la descomposición en ondícula o los basados en las propiedades de la imagen). La tabla 2, resume los resultados obtenidos:

Método	Ondícula	n	PSNR (dB)	RC
Balance sparsity norm	**Coif5**	**1**	**22,80**	**4,00**
	Coif5	2	19,19	12,77
	Bior3.3	3	17,43	29,61
	db2	4	17,27	42,39
Entropía General	Coif5	1	39,54	1,69
	Coif5	2	31,79	2,76
	Bior3.3	**3**	**22,79**	7,08
	db2	4	21,40	10,42
Scarce High	db1	1	311,76	1,23
	db1	**2**	**26,91**	**3,20**
	db1	3	19,56	10,35
	db1	4	15,86	35,91
Entropía por Niveles	db1	1	39,85	1,67
	db1	2	39,79	1,78
	db1	3	39,75	1,79
	db1	**4**	**39,72**	**1,80**

Tabla 2 Resumen de los resultados obtenidos para la huella dactilar 2

En la tabla 2, se observa claramente como los métodos basados en las propiedades de la imagen (entropía general y entropía por niveles) conservan la calidad de la imagen (PSNR superiores a los 23dB) pero sacrificando en cierta medida la razón de compresión, mientras que los métodos basados en la descomposición en ondículas obtienen tasas de compresión elevadas, sin embargo, los valores de PSNR tienden a estar por debajo de los 23dB.

En la figura 18 se muestra una comparación entre el tamaño en bytes de la imagen original y el tamaño en bytes de la imagen comprimida con los distintos métodos y parámetros especificados en la tabla 2.

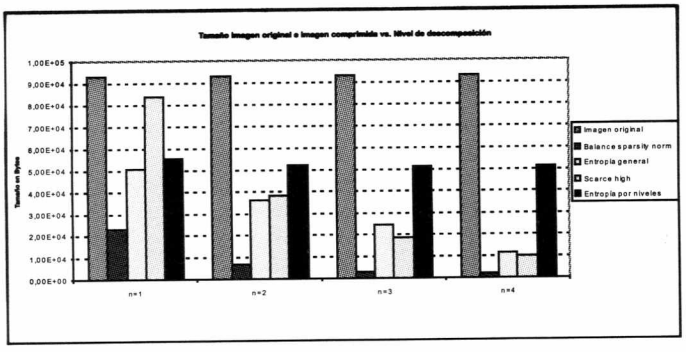


Figura 18 Tamaño imagen original e imágenes comprimidas huella dactilar 2

A continuación se presentan las imágenes comprimidas y los errores obtenidos con respecto a la imagen original, para cada caso estudiado:

(a) (b) (c) (d) (e)

Figura 19 Compresión de la huella dactilar 2 utilizando la ondícula Daubechies de primer orden con 4 niveles de descomposición (a) Imagen Original (b) Imagen comprimida con Scarce high (c) Imagen del error con Scarce high (d) Imagen comprimida con Entropía por niveles y (e) Imagen del error con Entropía por niveles

Conclusiones

La compresión de imágenes de huellas dactilares empleando la Transformada Ondícula posee un gran potencial. Al comprimir imágenes con métodos transformados, en particular, con ondículas, se logra que los errores de cuantificación producidos por la misma transformación y por la codificación de los píxeles, se distribuyan sobre toda la imagen al realizar la transformada inversa. Además, como la transformada es aplicada sobre toda la imagen, no se presentan los problemas de distorsión típicos de aquellos esquemas que dividen la imagen en bloques de tamaño uniforme y luego aplican alguna transformación, como es el caso del estándar JPEG.

Al variar el nivel de descomposición, cambia la cantidad de detalles en la descomposición. En este sentido, mientras mayor es el nivel de descomposición, mayores tasas de compresión pueden ser alcanzadas. Sin embargo, una mayor cantidad de energía de la imagen es vulnerable a perderse, ocasionando que la imagen comprimida esté distorsionada.

La imagen de la huella dactilar tiene un efecto en la compresión, ya que son los valores de los píxeles de la imagen los que determinan el tamaño de los coeficientes de aproximación y detalles, y por tanto, cuanta energía está contenida en cada subimagen. Por esta razón, al utilizar huellas dactilares de características diferentes, se obtiene resultados (PSNR y tasas de compresión) diferentes.

Los algoritmos basados en las propiedades de la imagen (Entropía general y Entropía por niveles), poseen muy poca degradación de la imagen comprimida obteniendo valores de PSNR superiores a los 23 dB, pero sacrifican en cierta medida la tasa de compresión, la cual varía entre 1,42 y 10,89 veces el tamaño en bytes de la imagen original. En cambio los algoritmos basados estrictamente en la descomposición en ondículas (*Balance sparsity norm* y *Scarce high*) ofrecen tasas de compresión más elevadas 4 y 45,97 veces la imagen original) pero afectando la calidad de la imagen (alrededor de los 20dB). Por tanto, considerando el hecho de que trabajar con imágenes de huellas dactilares requiere un alto grado de precisión, sería conveniente optar por aquellos métodos que se basan en las propiedades de los datos de la imagen, con los cuales se garantiza la calidad de la imagen comprimida y se obtienen tasas de compresión aceptables.

Con base a los resultados obtenidos en este trabajo, se puede observar que no existe un método que sea el mejor para comprimir imágenes de huellas dactilares. La eficiencia de cada método está íntimamente relacionada con el tipo de imagen de entrada (huella dactilar original), la ondícula utilizada,

los niveles de descomposición empleados y del tamaño de muestras.

6. Referencias

[1] Amura, A. (2004). *Seminario de Imagen y Sonido Digital.* [http://pub.ufasta.edu.ar/SISD/jpeg/compresionimagen.htm] (6 Nov. 2006).

[2] Castleman, K. (1996). *Digital image processing.* New Jersey: McGraw-Hill.

[3] Graps, A. *An Introduction to Wavelets.* IEEE Computational Science and Engineering, Vol. 2, num. 2. IEEE Computer Society. Los Alamitos USA, 1997.

[4] Grasemann, U., Miikkulainen, R. (2005). *Effective Image Compression using Evolved Wavelets.*Departamento de Computación. Universidad de Texas. [http://www.genetic-programming.org/hc2005/f472-grasemann.pdf] (26 de Ago. de 2007).

[5] JPEG 2000. (2007) [http://www.jpeg.org/jpeg/index.html] (9 Feb. 2007).

[6] Kouro, S. y Musalem, R. (2002). Tutorial introductivo a la teoría de wavelet [http://www.elo.utfsm.cl/~elo377/Wavelet.pdf] (30 Nov. 2006).

[7] Lees, K. (2002). *Image compression using wavelets.* Department of Computer Science at the University of Sheffield [http://www.dcs.shef.ac.uk/ intranet/teaching/projects/archive/ug2002/pdf/u9kvl.pdf] (7 de Jun. 2007).

[8] Mallat, S. *A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation.* IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. Vol. II No. 7. Julio 1989.

[9] Miedema, R., Steed J. (2002). *Reducing Noise Using Wavelet.* Departamento de matemáticas. Universidad Grand Valley State. [http://www.gvsu.edu/

math/wavelets/student_work/Ms/Welcome_Home.html] (15 de abr. De 2007).

[10] Misiti, M., Misiti, Y., Oppenheim, G. y Poggi J. (2000). *Wavelet Toolbox for use with MATLAB.* Versión 2. The Math Works, Inc. 2000.

[11] Olguín, P. (1999). *Sensores Biométricos.* Revista Electrónica de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central de Venezuela N° 6. [http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No6/Olguin%_20Patricio/SEN_BIOMETRICOS.html] (16 de Jun. 2007).

[12] Pérez, O. (2004). *Algoritmos de compresión de imágenes sin movimiento para comunicaciones móviles (3G) utilizando teoría de wavelets.* Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas. Puebla, México.

[13] Quijada, R. (s.f.). *Compresión de imágenes utilizando la transformada wavelet.* [http://neutron.ing.ucv.ve/comunicaciones/Asignaturas/DifusionMultimedia/Tareas%202005-1/DIFUSION-MULTIMEDIA%20-QUIJADA.doc.] (16 Abr. 2007).

[14] Ramírez, J. (2001). *Nuevas Estructuras RNS para la Síntesis VLSI de Sistemas de Procesamiento Digital de Señales.* Tesis doctoral. Universidad de Granada, España.

[15] Rodríguez, F., Suárez, F. (2004). *Identificación dactilar basada en filtros de Garbor.* Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Universidad de Vigo. [http://www.gpi.tsc.uvigo.es/pub/papers/said.pdf] (16 de Jun. 2007).

[16] Sánchez, R. (2002). *Verificación automática de personas mediante huella dactilar.* Departamento de tecnología Electrónica - Grupo de Microelectrónica. Universidad Carlos III de Madrid. [http://www.revistasic.com/revista50/pdf_50/SIC_50_agora.PDF] (31 de Mar. de 2007).

[17] Schröder, P. (1995). *Wavelet Image Compression.* University of South Carolina [http://www.wired.com/wired/archive/3.05/geek.html] (12 de Jun. 2007).

Motors Efficiency Estimation and Its Evaluation in Energy Analysis

Abstract

Efficiency in motors has always played an important role in energy analysis in industry. Their importance is dramatic as motors account for about 50% to 60% of the energy used by industries. Particularly considering that energy costs generate a high impact over profitability in the industry sector. However, several studies have demonstrated how different can be the approach and subsequently the results from energy analysis, depending on how the efficiency motor is estimated. Actually, some changes have been identified in European standards (IEC 34-2) in order to improve the accuracy level obtained, requested and finally offered to the industry within efficiencies motor standards. Meanwhile, other studies have demonstrated the convenience of American standards (IEEE 112 and National Electric Manufacturers Association - NEMA) related to actual values of efficiencies, and compared with other standards available and generally accepted world-wide.

Due to the high relevance of motor efficiency estimation over energy analysis, this work includes a new pragmatic approach, based on previous analysis related to the most accurate standard, generally accepted in the industry. It develops a way of estimating the efficiency of the motor according to its size (in hp) and its rpm. The procedure shows very accurate efficiency value for that motor (under certain standard conditions), required for motors energy management analysis.

■ Cristián Cárdenas-Lailhacar and Vitelio E. Silva
Department of Industrial and Systems Engineering
University of Florida,
303 Weil Hall, P.O. Box 116595, Gainesville, FL 32611. USA

Fecha de Recepción: 16 de abril de 2008
Fecha de Aceptación: 19 de junio de 2008

One of the main advantages offered by this approach is that it gives a reliable and quick estimation of motors efficiencies, available for the analysts with little data gathering. Most importantly, the results are in excellent agreement with American standards references.

In addition, we present with our findings, and using extrapolation techniques, 3-dimensional efficiencies surfaces to show and justify, the best working conditions.

Finally, a brief background and an example of energy analysis for a motor replacement is presented, based on the cost savings obtained due to a difference in the motors efficiency level in its design.

KEYWORDS: Motor Efficiency, International Efficiency Standards, Motor Size, RPM, Curves Adjustment, Least-Squares Technique, NEMA, IEEE 112, IEC 34-2, MotorMaster.

Resumen

La eficiencia en motores ha jugado un rol importante en los análisis de usos de la energía en la industria. Su importancia es dramática tomando en cuenta que del 50% al 60% de la energía en la industria, es suministrada por motores. Esto es fundamental porque el costo de la energía genera un alto impacto en los beneficios de la industria. Sin embargo, varios estudios han demostrado que tan diferentes pueden ser los resultados de diversos enfoque de análisis de energía, dependiedo de como es estimada la eficiencia de los

motores. Efectivamente algunos cambios han sido identificados en el estandar europeo (IEC 34-2) para mejorar el nivel de precisión obtenido y requerido por la industria, siguiendo los estandares de eficiencia. Otros estudios han demostrado ciertas ventajas para los estandares americanos (IEE 112 y NEMA: National Electric Manufacturers Association) con respecto a los valores de

eficiencia de otros estandares conocidos a nivel mundial.Debido la preponderancia de la eficiencia de los motores sobre los análisis

de energía, este trabajo introduce un nuevo paradigma basado en análisis previos, relacionados con una mayor precisión. Este desarrolla un procedimiento para estimar eficiencia de acuerdo con su tamaño (en HP) y su rpm (revoluciones por minutos). Este enfoque muestra mucha precisión en los valores dę eficiencia (bajo ciertas condiciones), requeridos para el análisis del manejo de la energía en motores.Una de las principales ventajas ofrecidas por este enfoque es una rápida y confiable estimación de la eficiencia de motores, disponible para los analistas con poca información recolectada. Y mas importante aún, los resultados están en concordancia con los estandares americanos. Adicionalmente, presentamos en nuestros resultados el uso de una técnica de

extrapolación para la eficiencia en superficie tridimensionales para mostrar y justificar las mejores condiciones de trabajo. Finalmente, presentamos brevemente, para el reemplazo de motores, los

fundamentos y un ejemplo de análisis de energía, basado en los costos que se reducen debido a la diferencia en los niveles de eficiencia del motor dado su diseño.

1. Introduction

It is well known that motors use about 50% of the total electric energy used in industry, which in turn consumes about 35% of the energy used in U.S. The relevance on efficiency motors estimation is based on the impact that this metric has over energy management analysis, which includes the evaluation of data and systems performance in current or future energy utilization. Certainly, it is known that the motor efficiency can be understood by everyone in the industry as the ratio of its useful power output to its total power input.

However, the approach taken to estimate these terms may vary significantly based on the standard used. According to previous research [1], the difference among European Standard and American standard could be up to 2.5% for motors in 1-100 hp range. This situation has been recognized and now the International Electro technical Commission (IEC 34-2) is looking to improve its deficiencies according to real values.

Today, it is recognized that efficiency estimation coming from IEEE-12-B and NEMA provides the most accurate information among the generally world-wide accepted standards; therefore the need to have a pragmatic and reliable approach to apply this standard in our energy analysis arises.

In this work we show how from basic motor efficiency concepts supported on reliable experiments results [2], the electric-efficiency behaviors can be predicted. We develop a simple but useful procedure to facilitate the motor efficiency estimation based on very little data collection.

In the next section we review some useful motor efficiency concepts. Then a current widely used standards background is presented. To start our derivations we show some previous results found in the literature. At this point we present our analysis through some curves and equations development. We then discuss our results and present 3-dimensional efficiency surfaces for motors under known working conditions.

In October 1997, federal standards for new motors required manufacturers to produce motors that met new minimum efficiency ratings. Since then high efficiency motors have been built, and we refer to them as standard efficiency motors. We refer to motors that exceed these as premium efficiency motors.

Finally, in the last section we present our conclusions.

2. Motor efficiency concepts

In order to be able to develop our electrical motors energy analysis, below we discuss the variables that affect the estimation of motor efficiency.

Power Factor (PF): It is the mathematical ratio of Active Power (Watts = W) to Apparent Power (Volts Ampere = VA). Where Active Power or Real Power corresponds to the power supplied by the power system to actually turn the motor on [3]. Low power factor increases losses in electrical distribution and utilization equipment. Power factor is usually

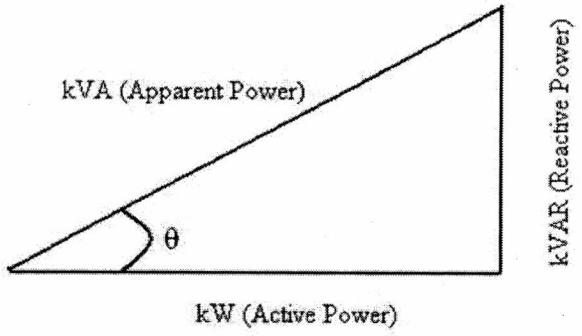


FIGURE 1: The power triangle

$$PF = \cos(\theta) = \frac{kW}{kVA} ...[eq.1]$$

$$kVA^2 = kW^2 + kVAR^2 ...[eq.2]$$

Full Load Amps (FLA): It refers to the amount of current the motor can be expected to draw under full load (torque) conditions [3]. Most electric motors are designed to operate at 50 to 100 percent of their rated load, in order to look for higher efficiency in motors. However, if motors are improperly loaded, then motors reflect a low power factor and low efficiency:

$$LF = \frac{kW \times Efficiency}{0.746 \times hp} ...[eq.3]$$

Where for 3 phases:

$$kW = \sqrt{3} \times V \times I \times PF ...[eq.4]$$

Load Factor (LF): In addition, the LF is a measured, operational value that is computed as the ratio between measured and rated amps by a motor, as showed in eq. 5

$$LF = \frac{Amp.Measured}{Amp.Rated} ...[eq.5]$$

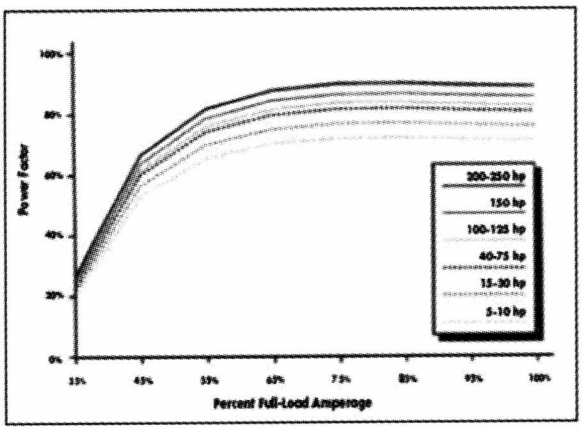


FIGURE 2: Motor power factor (as a function of the % full-load amp) [4]

The graph in Figure 2 presents the relationship between Power Factor and the percent Full-Load Amperage for different motor sizes [4]. As it can see, the higher the FLA percent, the higher the achievable power factor in every category, before reaching a common level of stabilization

Efficiency of a Motor (η): is the ratio of the mechanical power output to the electrical power input. This may be expressed as η:

$$\eta = \frac{Output}{Input}$$

$$= \frac{(Input - Losses)}{Input} = \frac{hp \times 0.746 \times LF}{kVA \times PF} \ldots [eq.6]$$

Other terms that are considered in the analysis, include:

Utilization Factor (UF): it is the ratio of time the equipment is in use to the total operating time.

Diversity Factor (DF): it is a variable that is appropriate to use when a group of motors are not turned on at the same time, and they are connected in parallel.

3. Standards background

Currently, and among several standards generally accepted world-wide, the three most known ones due to their relevance include the European standard (IEC 34-2), the Japanese standard (JEC-37), and the American standard (IEEE 112-B).

Our goal is to identify one single source to prepare the foundation for a solid, reliable and accurate estimation. For this it is necessary to understand these three major standards. This will help us later on to develop the approach in our estimation model. Several studies have demonstrated the quantitative differences among the three standards [2], recognizing that the standard that reflects the most accurate output expected from efficiency estimation is the American one [2]. The following table summarizes the advantages and disadvantages for each standard:

IEE 112-B requires that three tests must be performed: Thermal test at the rated load, No-load test, and Variable load test. It determines the motor losses and subsequently calculates the motor efficiency.

The major disadvantage from IEC 34-2 includes an imposition for the stray losses, which are considered as a function of the squared stator current, and are assumed at a rated load condition equal to 0.5% of the absorbed power at rated load.

Table 1: Main Advantages & Disadvantages for International Standards

Standard	Advantages	Main Disadvantages
USA IEE 112-B	- More comprehensive approach (Thermal test, No-load test, Variable lad test). - Affordable information for consumers.	- It requires that some loss terms be corrected.
European IEC 34-2	- It provides several methods and procedures for the efficiency measurements in accordance with the type and sizes of machine, with the wanted accuracy. - Its methods are easy to use and to reproduce [5]	- Stray Losses assumed to be 0.5% of the power for the motor efficiency estimation in the indirect method.
Japanese JEC-37	- Its techniques might be used to determine either input or output, or both, when a direct measurement is not available.	- Null Stray Losses assumed. - No thermal correction of the Joules losses is specified. - Little available information about measurement procedures.

Meanwhile, the JEC-37 has mainly the disadvantage of being less restrictive than the other two standards, where the efficiency evaluation is imposed by neglecting the stray losses. Consequently, you will usually expect to get higher efficiency values from this approach.

4. Previous test results

According to the research done by Almeida, Ferreira, Busch, and Angers [1] the main differences between the standards can be allocated to the Stray Load Losses that occur in the motor. Several experiment measurements were performed, evaluating its behavior in different conditions. The summary of the main differences found are summarized in table 2:

Table 2: Summary OF MAIN Differences between IEC 34-2 and IEEE 112-B

	Indirect	IEEE 112-B
Type of measurement	Summation of losses	Direct
Core loss with voltage drop compensation	Yes	Yes
SLL using regression analysis	No	no
Temperature corrected winding losses	No	Yes
Thermal equilibrium at rated load	No	Yes
Stabilization of no-load losses	No	Yes
Dynamometer torque correction	No	Yes
Instrumentation Accuracy (+/- % of full scale):		
Electrical	1.0	0.2
Instrument transformer	1.0	0.2
Frequency	1.0	0.1
Speed	1.0	1 rpm
Torque	1.0	0.2
Resistance	0.5	0.2

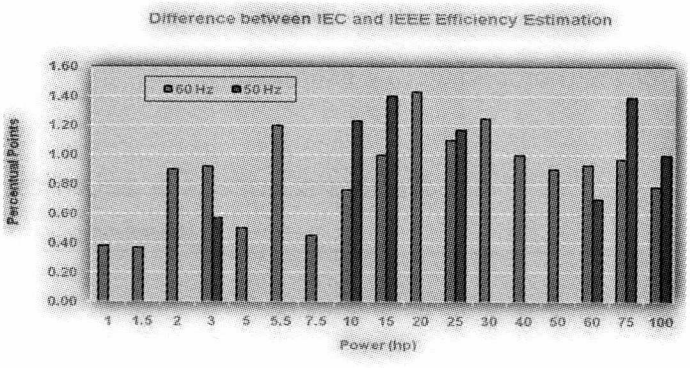


FIGURE 3: AVERAGE DIFFERENCE BETWEEN EFFICIENCY AVERAGE VALUES. [1]

In terms of efficiency differences between IEC 34-2 and IEEE 112-B test standards for 50 and 60 Hz motors, the results are shown in Figure 3:

The analysis derived from those experiments suggests that in the 89 motors evaluated, IEC 34-2 efficiency overestimation is about 0.9% for 60Hz motors and for the 36 motors of 50Hz 1.2% with respect to IEE 112-B.

On the other hand, Boglietti, Cavagnimo, Lazzari, and Pastorelli [2] found that this difference presents a similar behavior at different rated loads: 4, 7.5, 11 and 15 kW, as presented in table 3.

Table 3: Motor efficiency at the rated load for different standards as compared with the Direct Method [1]

Standard	4 kW	7.5 kW	11 kW	15 kW
IEEE 112-B	82.9	85.9	86.1	84.9
IEC 34-2	84.6	86.5	86.4	85.5
JEC 37	85.4	87.1	87.1	85.5
Direct Method	83.0	85.7	86.6	85.5

For the first two loads the IEEE method provides motor efficiencies estimation very close to the efficiency measured by the direct method. Meanwhile the efficiencies given by the European (IEC 34-2) and the Japanese (JEC 37) methods give overestimated values. For the last two loads the American method underestimates the motor efficiency in 0.58% and 0.70% respectively.

Therefore, in the light of the results provided by the two different analyses shown the IEEE 112-B can

be considered the most suitable standard for the stray losses measurements and, as consequence, for the motor efficiency estimation.

5. Analysis: curves & equation development

According to our experience in the UF-Industrial Assessment Center, it is commonly found in industry that motors are in a high proportion within the type of totally-enclosed fan cooled motors (TEFC), so we will focus our analysis on this type.

Based on standard tables contained within the Energy Policy Act of 1992 (appendix 1), which includes NEMA designs, and according to the rpm of the motor and its load, the corresponding nominal efficiency values for motors are set.

In terms of load, the behavior of motor efficiency, in average, can be visualized as a function of the size of the motor, as shown in Figure 4.

Table 4: Average Motor Efficiency given Load Percentage.

	Load		
Hp	75%	50%	25%
10	87.7	86.7	78.9
15	88.5	87.4	80.0
20	90.0	89.2	82.1
25	90.3	89.3	81.2
30	90.9	89.2	83.8
40	90.1	87.7	83.6
50	91.0	90.0	85.0
75	91.6	90.5	86.0
100	91.9	91.2	84.9
125	92.3	91.3	85.8
150	93.0	92.1	87.8
200	93.7	92.7	86.4
250	94.0	93.3	89.9
300	94.1	93.0	89.9

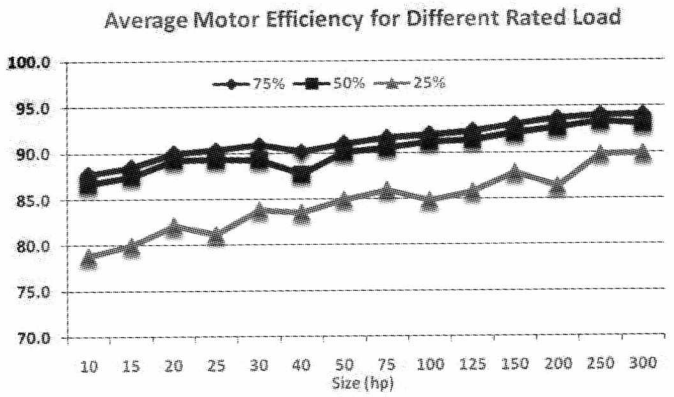


FIGURE 4: average motor efficiency for different rated loads.

We will use these values, as reference to develop the analysis of motor efficiency estimation. In our study we will consider that the size of the motor (hp) and the corresponding speed (rpm) at which the motor is under consideration, that normally works are known. This will help us to get a better estimation of the motor efficiency as we also consider its rated load.

The graphs shown in Figures 5, 6 and 7, show the relation between these variables.

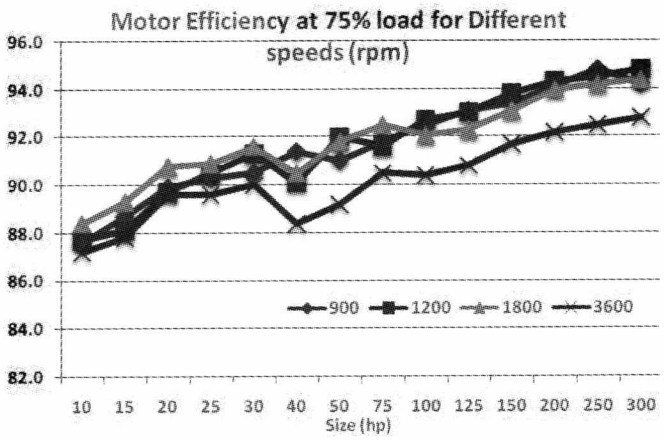


FIGURE 5: Motor efficiency at 75% load.

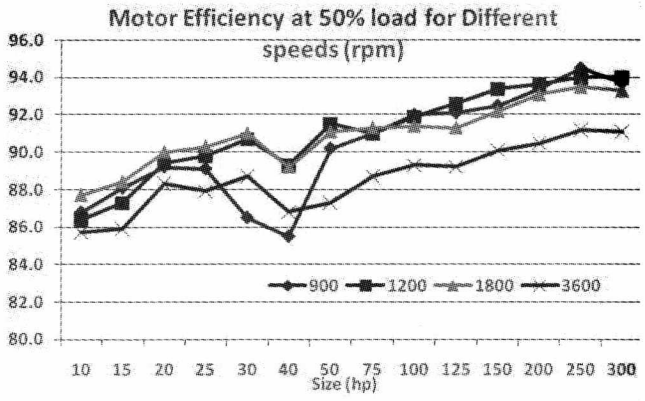


FIGURE 6: Motor efficiency at 50% load.

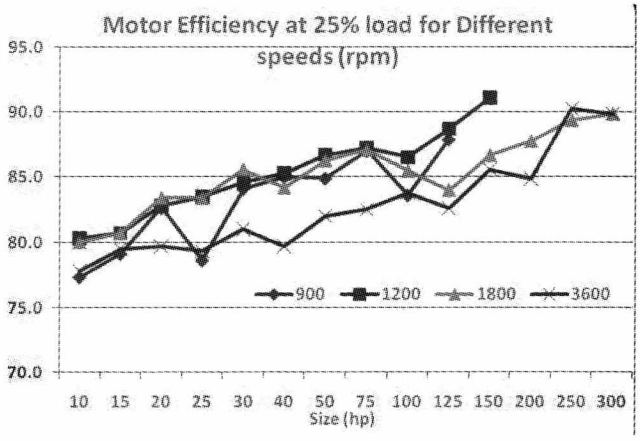


FIGURE 7: Motor efficiency at 25% load.

It becomes clear that the linearity of the efficiency as a function of the motor size seen at 75% load starts to disappear when moving to lower loads. At 50% load we see a dramatic change between 25 hp and 50 hp, but somehow kept otherwise (Fig.6). At 25% load we see a complete loss of linearity (Fig. 7). This is particularly true at extreme rpm's, i.e. lower and higher.

To understand these effects we performed a curve adjustment to determine the motor efficiency (y-variable), once the data about the motor is known (rpm and rated load). This generated the following equations for the efficiencies as a function of the motor size – hp (x-variable):

These equations come from curve adjustments through the application of least squares technique. This method for fitting a curve is based on the idea that one would like to minimize the difference between the data and the fitted or predicted curve. This minimum difference is found by comparing each of the data points Y_i to their predicted values.

It is not sufficient to simply add up these differences, since the positive and negative errors would cancel. The accepted practice is to add up the squares of these differences and minimize that sum (hence the name least squares). Details about the Error obtained for each case are shown in Tables 6 – 9, below.

Table 5: Equations for Motor Efficiency Estimation

Load	Rpm	Error
	900	
75%	y = 83.6975 + 1.9393*ln(x)	0.3%
50%	y = 80.8865 + 2.2984*ln(x)	1.0%
25%	y = 69.6891 + 3.7024*ln(x)	1.8%
	1200	
75%	y = 83.3304 + 2.0425*ln(x)	0.5%
50%	y = 82.3320 + 2.1256*ln(x)	0.6%
25%	y = 72.8809*x^0.04178722	0.7%
	1800	
75%	y = 85.4484 + 1.5583*ln(x)	0.5%
50%	y = 84.8205 + 1.5007*ln(x)	0.6%
25%	y = 75.5671 + 2.3657*ln(x)	1.2%
	3600	
75%	y = 84.1687 + 1.4664*ln(x)	0.6%
50%	y = 82.5462 + 1.4788*ln(x)	0.6%
25%	y = 78.8668 + 0.0392*x	1.1%

Table 6: Curve Adjustments Results
For 900 rpm

	900 rpm @75%			900 rpm @50%			900 rpm @25%		
hp	Std Ref	ηe	Error	Std Ref	ηe	Error	Std Ref	ηe	Error
10	87.6	88.2	0.6%	86.8	86.2	-0.7%	77.3	78.2	1.2%
15	88.7	88.9	0.3%	88.1	87.1	-1.1%	79.1	79.7	0.8%
20	89.9	89.5	-0.4%	89.2	87.8	-1.6%	82.6	80.8	-2.3%
25	90.3	89.9	-0.4%	89.1	88.3	-0.9%	78.6	81.6	3.7%
30	90.5	90.3	-0.2%	86.5	88.7	2.5%	84.1	82.3	-2.2%
40	91.4	90.9	-0.6%	85.5	89.4	4.3%	85.0	83.3	-2.0%
50	91.0	91.3	0.3%	90.2	89.9	-0.4%	84.9	84.2	-0.9%
75	91.8	92.1	0.3%	91.0	90.8	-0.2%	87.0	85.7	-1.5%
100	92.5	92.6	0.1%	92.0	91.5	-0.6%	83.6	86.7	3.6%
125	93.1	93.1	0.0%	92.1	92.0	-0.1%	87.9	87.6	-0.4%
150	93.4	93.4	0.0%	92.5	92.4	-0.1%			
200	94.1	94.0	-0.1%	93.4	93.1	-0.4%			
250	94.8	94.4	-0.4%	94.5	93.6	-1.0%			
300	94.2	94.8	0.6%	93.7	94.0	0.3%			

It is not enough to simply add up these differences, as positive and negative errors would cancel. Instead, the squares of these differences are added and its sum minimized (hence the name least squares). Errors for each case are shown in Tables 6 – 9.

TABLE 7: Curve adjustments results
for 1200 rpm

	1200 rpm @75%			1200 rpm @50%			1200 rpm @25%		
hp	Std Ref	ηe	Error	Std Ref	ηe	Error	Std Ref	ηe	Error
10	87.7	88.0	0.4%	86.4	87.2	0.9%	80.3	80.2	-0.1%
15	88.1	88.9	0.9%	87.3	88.1	0.9%	80.7	81.6	1.1%
20	89.7	89.4	-0.3%	89.4	88.7	-0.8%	82.8	82.6	-0.2%
25	90.5	89.9	-0.7%	89.8	89.2	-0.7%	83.5	83.4	-0.2%
30	91.3	90.3	-1.1%	90.7	89.6	-1.3%	84.6	84.0	-0.7%
40	90.1	90.9	0.8%	89.3	90.2	1.0%	85.3	85.0	-0.3%
50	92.0	91.3	-0.7%	91.5	90.6	-0.9%	86.7	85.8	-1.0%
75	91.6	92.1	0.6%	91.0	91.5	0.6%	87.2	87.3	0.1%
100	92.7	92.7	0.0%	91.9	92.1	0.2%	86.5	88.3	2.1%
125	93.0	93.2	0.2%	92.6	92.6	0.0%	88.7	89.2	0.5%
150	93.8	93.6	-0.3%	93.4	93.0	-0.4%	91.1	89.9	-1.4%
200	94.3	94.2	-0.2%	93.6	93.6	0.0%			
250	94.5	94.6	0.1%	94.0	94.1	0.1%			
300	94.8	95.0	0.2%	94.0	94.5	0.5%			

TABLE 8: Curve adjustments results for 1800 rpm

1800 rpm @75%				1800 rpm @50%			1800 rpm @25%		
hp	Std Ref	ηe	Error	Std Ref	ηe	Error	Std Ref	ηe	Error
10	88.4	89.0	0.7%	87.7	88.3	0.7%	80.0	81.0	1.3%
15	89.3	89.7	0.4%	88.4	88.9	0.5%	80.7	82.0	1.6%
20	90.8	90.1	-0.8%	90.0	89.3	-0.8%	83.4	82.7	-0.9%
25	90.9	90.5	-0.5%	90.3	89.7	-0.7%	83.4	83.2	-0.3%
30	91.6	90.7	-0.9%	91.0	89.9	-1.2%	85.6	83.6	-2.4%
40	90.5	91.2	0.8%	89.2	90.4	1.3%	84.2	84.3	0.1%
50	91.8	91.5	-0.3%	91.1	90.7	-0.5%	86.3	84.8	-1.7%
75	92.5	92.2	-0.4%	91.3	91.3	0.0%	87.1	85.8	-1.5%
100	92.1	92.6	0.6%	91.4	91.7	0.4%	85.5	86.5	1.1%
125	92.3	93.0	0.7%	91.3	92.1	0.8%	84.0	87.0	3.4%
150	93.1	93.3	0.2%	92.2	92.3	0.2%	86.7	87.4	0.8%
200	94.0	93.7	-0.3%	93.1	92.8	-0.4%	87.8	88.1	0.3%
250	94.2	94.1	-0.2%	93.5	93.1	-0.4%	89.4	88.6	-0.9%
300	94.4	94.3	-0.1%	93.3	93.4	0.1%	89.9	89.1	-0.9%

Here, ηe is our estimated value, Std Ref is the NEMA Standard. The ERROR= (ηe – Std Ref) / ηe...[eq. 7]

Our curve adjustment reveals that at higher load (75%) the error is smaller. At lower loads (50% and 25%) the error increases but at acceptable values. This is also due to the lower rpm considered (900).

Table 7 shows lower errors in our adjustments for all the loads considered. This indicates the importance of the speed of the motor.

Table 9: Curve Adjustments Results for 3600 rpm

	3600 rpm @75%			3600 rpm @50%			3600 rpm @25%		
hp	Std Ref	ηe	Error	Std Ref	ηe	Error	Std Ref	ηe	Error
10	87.2	87.5	0.4%	85.7	86.0	0.3%	77.8	79.3	1.8%
15	87.8	88.1	0.4%	85.9	86.6	0.8%	79.5	79.5	-0.1%
20	89.6	88.6	-1.2%	88.3	87.0	-1.5%	79.7	79.7	-0.1%
25	89.6	88.9	-0.8%	87.9	87.3	-0.7%	79.3	79.8	0.7%
30	90.0	89.2	-0.9%	88.7	87.6	-1.3%	81.0	80.0	-1.2%
40	88.4	89.6	1.3%	86.8	88.0	1.4%	79.7	80.4	0.9%
50	89.2	89.9	0.8%	87.3	88.3	1.2%	82.0	80.8	-1.5%
75	90.5	90.5	0.0%	88.7	88.9	0.3%	82.5	81.8	-0.8%
100	90.4	90.9	0.6%	89.3	89.4	0.1%	83.8	82.8	-1.2%
125	90.8	91.2	0.5%	89.2	89.7	0.5%	82.6	83.8	1.4%
150	91.7	91.5	-0.2%	90.1	90.0	-0.2%	85.6	84.7	-1.0%
200	92.2	91.9	-0.3%	90.5	90.4	-0.1%	84.9	86.7	2.1%
250	92.5	92.3	-0.3%	91.2	90.7	-0.5%	90.3	88.7	-1.8%
300	92.8	92.5	-0.3%	91.1	91.0	-0.1%	89.9	90.6	0.8%

On the other hand the results in Table 8 show that the error is lower at 75% and 50% loads, but with increased error at 25% load.

Finally, the results on Table 9 shows the same pattern of the previous cases.

Our deviations (errors) show to be very small for practically all speeds and loads considered. This fact allows us to consider that our efficiency estimation for motors equations, shown in table 5 are in very good agreement with known values (the American standard.)

6. Discussion: 3-dimensional efficiency surfaces

Once we have developed the previous equations, which help to estimate the motor efficiency based on load percentage and motor size, we are now able to perform a tri-dimensional analysis in order to globally assess the behavior of motor efficiency in a complex but realistic environment.

This analysis considers the implications over a motor size selection with its efficiency requirements and its possibilities through load variations.

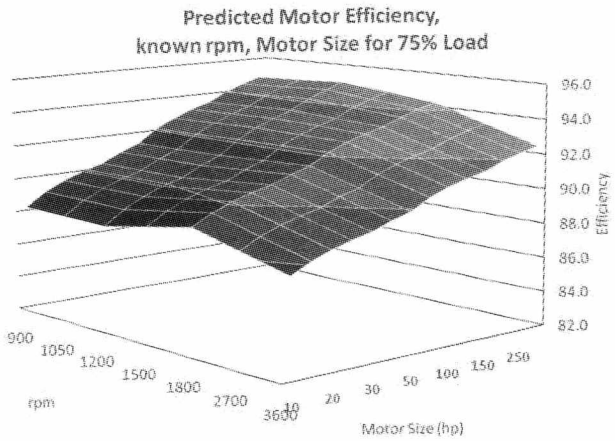


Fig 8: Predicted motor efficiency, at a given rpm and motor size, at 75% load

Considerations on Figure 8, where the load is fixed at 75%:

- In general, for a constant rpm, the bigger the motor in size (hp) the higher the predicted efficiency of the motor even if they run at moderate speeds (1200 rpm).
- For the same motor size, the motor efficiency can be maximized not at maximum speed (3600 rpm), but at lower levels around the 1800 rpm.
- In average, there are two major increases in motor efficiency, no matter the speed (rpm) at which the motor runs. Such increases occur between 10 and 15 hp (0.81% increase in efficiency) and 50 and 75 hp (0.78%).
- At 1200 rpm a minimum of efficiency is reached, and hence should be avoided. This is of particular interest when VFDs (Variable Frequency Drives) are to be considered. The same happens at higher than 1800 rpm values.
- Over 75 hp motor size, a dramatic increase on efficiency happens. In this region of the surface it becomes clear that the efficiency increases with the motor size. For the same size though, the efficiency is higher at 1800 rpm but increasing at higher speeds.

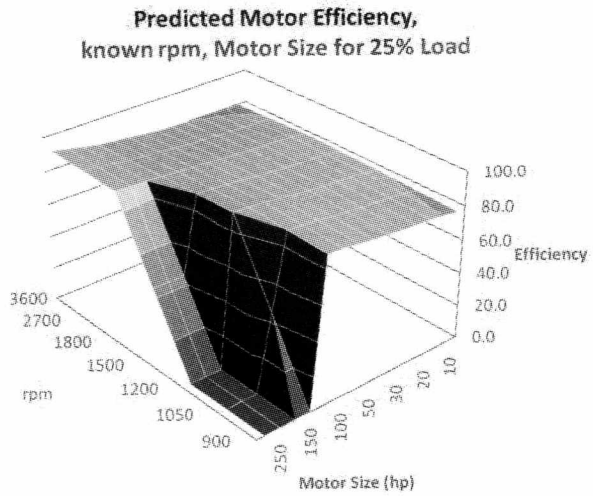


FIG 9: PREDICTED MOTOR EFFICIENCY, AT A GIVEN RPM AND MOTOR SIZE, AT 25% LOAD

Considerations on Figure 9:

- The efficiency behavior can be noticed very stable, with around 90% of the values between 80-90% efficiency values, no matter the size of the motor (hp) or its working speed (rpm).

- Best performance with highest efficiency (90.6%) can be obtained through the biggest motors (300 hp) at only its maximum speed (3600 rpm).
- Lowest efficiency values are given in two minor areas with the smaller motor sizes (10 hp.) For extreme low speeds (900 rpm) and extreme high speeds (3600 rpm.)
- This rather flat surface, with little variation on the efficiency present an extreme disruption in the graph, which is featuring a kind of "black-hole" behavior in the area for largest motor sizes at lower speeds represent the inoperability of electrical motors in such conditions. The NEMA standard does not provide any efficiency value for these cases, and does neither our estimation model.

On the other hand, the versatility of our model allow to evaluate the behavior of the motor efficiency, at a constant speed (rpm) but now altering the load at which the motors are set to work. The following 3D graphs give insight about this set-up.

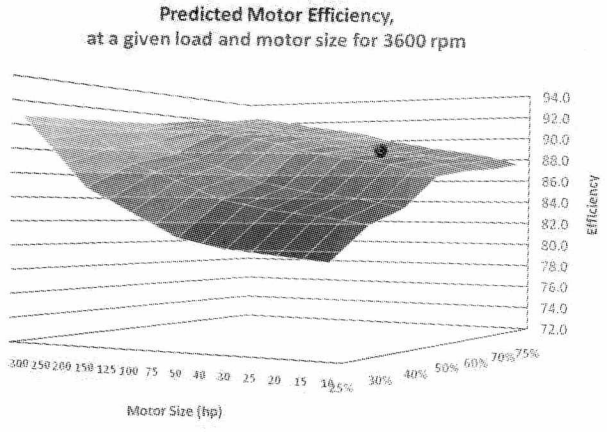


Fig10: Predicted motor efficiency, at a given load and motor size, at 3600 rpm

Considerations on Figure 10:

- The efficiency motor is negatively affected by load reduction, especially in motors with smaller sizes.
- In general, the bigger the motor in size (hp) and higher loads, the higher the predicted efficiency.
- For a same motor size, it can be identified several stable areas with similar efficiency values with load variations i.e. a 50 hp motor present efficiency values with mean of 89.45% with a variation of 1% among of 60% and 75% loads.
- For any motor, but particularly for medium and small sizes (hp) the best efficiencies are obtained when the motor runs at loads 50% or higher.

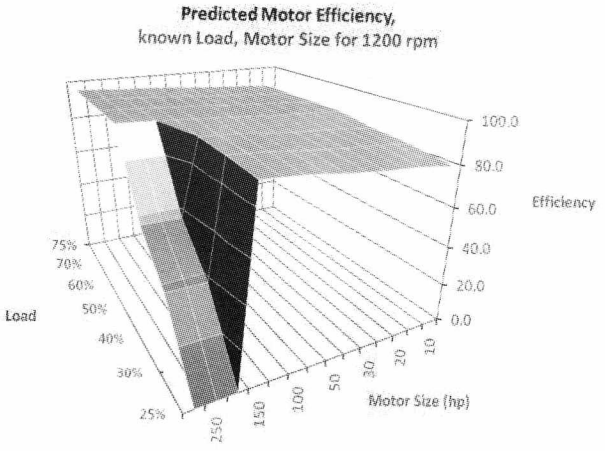


Fig 11: Predicted motor efficiency, at a given load and motor size, at 1200 rpm

Considerations on Figure 11:

- Three major areas of stable efficiency values can be identified in this figure: a) between 80-85% efficiency for low load values and small motor sizes b) a broad spectrum of loads and motors sizes for 85-90% efficiency values c) higher efficiency values between 90-95% for upper-limit in motor size and loads.
- In general, the macro-trend reflects a similar pattern, just like when the load is known (Fig.10), which also is reflected in the efficiency at 900 rpm, when the load and motor size are known (Fig.12). A lower impact over motor efficiency due load variations. In other words, the motor efficiency seems to be more sensitive to changes in speed (rpm) rather than changes in loads.
- Once again, an extreme disruption in the graph, which is featuring a kind of "black-hole" behavior in the area for largest motor sizes at lower speeds represent the inoperability of electrical motors in such conditions. The NEMA standard does not provide any

efficiency value for these cases, and neither our model.

Considerations on Figure 12:

- As mentioned before, the common pattern is reaffirmed in this graph, which at 900 rpm, present only two major segments for motor efficiency. Smaller motors (10-30 hp) present efficiency values between 80-90%, for all load spectrum, while bigger motors (40-300 hp) present 90-95% efficiency values.
- In the same fashion, it can be seen a "black-hole" in the area for bigger motors in lower loads.

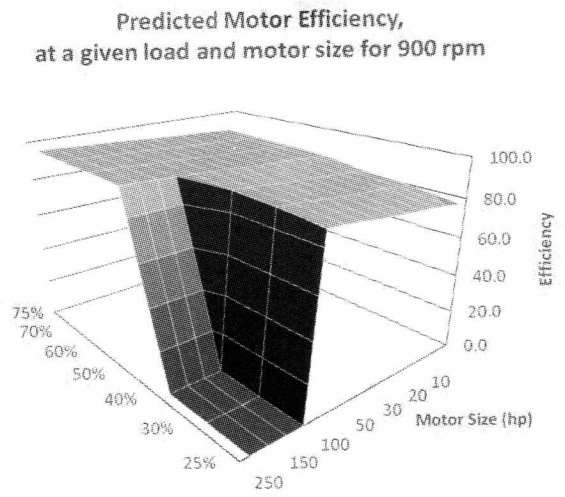


FIG 12: PREDICTED MOTOR EFFICIENCY, KNOWN LOAD AND MOTOR SIZE AT 900 RPM

7. Energy analysis for motor replacement

The minimum efficiency standards for new motors mean that when an older motor fails, you now have three options.

You can:

- Replace it with a new Premium-efficiency motor. Operating Efficiency. 3 to 4 % higher than Std. Efficiency motors. *
- Replace it with a new Standard-efficiency motor. Operating Efficiency better than rewound motor.
- Rewinding the failed motor.

** Depending on the Horse Power of the motor*

Normally, a cost premium (or cost differential) must be paid for higher-efficiency motors.

We have performed an analysis to identify the best motor replacement policy for individual motors to give maximum cost savings. We have considered the following parameters for our analysis:

1. The operating hours of the motors.
2. The electric charges.
3. The cost of replacement.
4. The efficiency of replacement motors.

We have used the MotorMaster software in order to obtain efficiencies for performing our analysis.

MotorMaster

The United States Department of Energy (US DOE) has developed a computer program that analyzes motor replacements for specific motors. With MotorMaster you can compare the cost effectiveness of replacing a specific motor that has failed with a number of different replacement motors. It provides you with a list of potential replacement motors from different manufacturers. You can also compare the cost effectiveness of rewinding the motor with the alternative of purchasing new motors of different efficiencies. You may download the software at no cost from the US DOE Motor Challenge website at http://www.oit.doe.gov/bestpractices/software_tools.shtml.

High-Efficiency vs. Rewound Motor

Facilities often rewind their failed motors because the cost of rewinding a motor is less than purchasing a new one. However, rewinding a motor reduces its efficiency from 1 to 5 percent each time it is rewound, and this often makes a rewound motor more costly in the long-run because its operating costs are higher. MotorMaster conservatively assumes a reduction of 2% in motor efficiency due to rewinding. You can change this percentage in MotorMaster when conducting your analysis.

Our analysis is performed using mathematical programming to determine the best motor replacement to give you maximum cost savings with simple payback period below 5 years. Below is

the description of the mathematical program used. This was programmed into a spreadsheet to obtain the results.

Objective

Maximize Cost Savings

Constraints

1) Simple Payback Period for the motors project <= 5 years*

2) Choose only one efficiency level per motor

**Depending on the policy of the company, sometimes it could be less than 5 years.*

Notation

Si => Standard Efficiency motors

Pi => Premium Efficiency motors.

CSSi => Cost Savings, Standard Efficiency

CSPi => Cost Savings, Premium Efficiency

ICSi => Implementation Cost, Standard Efficiency

ICPi +> Implementation Cost, Premium Efficiency.

Mathematical model to obtain maximum cost savings

Maximize

$$\sum (Si \times CSSi) + (Pi \times CSPi)$$

Maximize the cost savings.

Subject to

$$\frac{\sum (Si \times CSSi) + (Pi \times CSPi)}{\sum (Si \times ICSi) + (Pi \times ICPi)} \leq 5$$

The simple payback period of the project has been set to be less than 5 years (arbitrarily by choice).

$Si + Pi = 1$ - Either the Standard EFFc or the Premium EFFc motor must be selected.

$Si, Pi \{0,1\}$ - Variables *Si* & *Pi* are Binary

Demand, Energy, and Cost Savings Calculations for Motors

The equations to compare the demand, energy, and cost savings for two motors of the same size and specifications but different efficiencies are shown below. The monthly demand reduction (DR) can be estimated as follows:

$$DR = HP \times LF \times C \times (1/EFF_c - 1/EFF_p) \times \#\ units$$

Where,

HP = Horsepower of motor considered, hp

LF = Fraction of rated load at which motor normally operates

C = Conversion constant, 0.746 kW/hp

EFF_c = Estimated efficiency of comparison motor (rewind), no units

EFF_p = Estimated efficiency of proposed motor, no units

The annual energy savings (ES) can be estimated as follows:

$$ES = DR \times H \times UF$$

Where,

H = Annual operating hours of equipment driven by motor, hr/yr

UF = Use factor (% of annual operating hours motor is in use) – varies

The annual cost savings (CS) for an energy only structure can be estimated as:

CS = DR x Cost of Demand x 12 months/yr + ES x Cost of Electricity without Demand

Where

Cost of Demand = $10.457/kW/month

Cost of Electricity Without Demand = $0.048/kWh

Using a 20-hp motor as an example, we will compare the cost savings of replacing a failed motor with a premium-efficiency motor instead of rewinding.

Analysis of Rewound vs. Premium-Efficiency motor (savings from purchasing a premium-efficiency motor instead of rewinding):

$$DR = HP \times LF \times C \times (1/EFFc - 1/EFFp) \times \#\ units$$
$$= 20hp \times 1 \times 0.746\ kW/hp \times (1/0.875 - 1/0.923) \times 1$$
$$= 0.89\ kW$$

$$ES = (0.89kW) \times (6{,}240\ hrs/yr) \times 1.0$$
$$= 5{,}533\ kWh/yr$$

$$CS = 0.89\ kW/mo \times \$10.457/kW\text{-}mo \times (12\ mo/yr) + (5{,}533\ kWh/yr) \times (\$0.048/kWh)$$
$$= \$377\ /yr$$

Implementation Cost

The cost premium or implementation cost (IC) is calculated as the difference between purchasing a premium-efficiency motor (CP) and the cost of rewinding the failed motor (CR). Depending on the manufacturer selected, then the specific cost can be estimated through:

$$IC = CP - CR$$

Once the previous analysis is completed for all the motor units you are considering, then it is possible to calculate the entire figures for Cost Savings, and corresponding Implementation Costs. Thus several financial rations may be calculated in order to assess the level of attractiveness of such project.

8. Conclusions

We have presented a new approach to estimate motors efficiency under several operational scenarios. We started our discussion analyzing currently accepted standards for motors efficiency as are the American (IEEE 112-B), the European (IEC 34-2), and the Japanese (JEC 37). For these we have discussed their main advantages and disadvantages, and reviewed their differences.

Then we chose the American standard as model (including the 1992 Energy Policy Act) with NEMA designs. We then studied their efficiencies and provided afterward new equations for the motor efficiency estimation (Table 5). The errors found were very small, making the equations an excellent tool.

Using extrapolation techniques we validated our results, developing 3-dimensional efficiencies surfaces to show the best operational conditions for the motors. In the near future, we are planning to include our results in an Industrial Energy Management program (software) [6, 7].

We have finished our study presenting a short example where through a mathematical model it is evaluated the impact of motor efficiency in the energy analysis for a motor replacement.

Our future work considers the implementation of this algorithm as a subroutine in our energy management program.

9. Appendix 1

NEMA TABLE

MOTOR EFFICIENCY AT 75% RATED LOAD				
Load	75%			
hp / rpm	900	1200	1800	3600
10	87.6	87.7	88.4	87.2
15	88.7	88.1	89.3	87.8
20	89.9	89.7	90.8	89.6
25	90.3	90.5	90.9	89.6
30	90.5	91.3	91.6	90.0
40	91.4	90.1	90.5	88.4
50	91.0	92.0	91.8	89.2
75	91.8	91.6	92.5	90.5
100	92.5	92.7	92.1	90.4
125	93.1	93.0	92.3	90.8
150	93.4	93.8	93.1	91.7
200	94.1	94.3	94.0	92.2
250	94.8	94.5	94.2	92.5
300	94.2	94.8	94.4	92.8

NEMA TABLE

MOTOR EFFICIENCY AT 50% RATED LOAD				
Load	50%			
hp / rpm	900	1200	1800	3600
10	86.8	86.4	87.7	85.7
15	88.1	87.3	88.4	85.9
20	89.2	89.4	90.0	88.3
25	89.1	89.8	90.3	87.9
30	86.5	90.7	91.0	88.7
40	85.5	89.3	89.2	86.8
50	90.2	91.5	91.1	87.3
75	91.0	91.0	91.3	88.7
100	92.0	91.9	91.4	89.3
125	92.1	92.6	91.3	89.2
150	92.5	93.4	92.2	90.1
200	93.4	93.6	93.1	90.5
250	94.5	94.0	93.5	91.2
300	93.7	94.0	93.3	91.1

NEMA TABLE

MOTOR EFFICIENCY AT 25% RATED LOAD				
Load	25%			
hp / rpm	900	1200	1800	3600
10	77.3	80.3	80.0	77.8
15	79.1	80.7	80.7	79.5
20	82.6	82.8	83.4	79.7
25	78.6	83.5	83.4	79.3
30	84.1	84.6	85.6	81.0
40	85.0	85.3	84.2	79.7
50	84.9	86.7	86.3	82.0
75	87.0	87.2	87.1	82.5
100	83.6	86.5	85.5	83.8
125	87.9	88.7	84.0	82.6
150	-	91.1	86.7	85.6
200	-	-	87.8	84.9
250	-	-	89.4	90.3
300	-	-	89.9	89.9

10. References

[1] De Almeida, A; Ferreira, F; Busch, J and Angers, P: "Comparative Analysis of IEEE 112-B and IEC 34-2 Efficiency Testing Standards using spray Load Losses in Low Voltage Three-Phase, Cage Induction Motors" IEEE 2001.

[2] Boglietti, A; Cavagnino, A; Lazzari, M and Pastorelli, M: "Induction Motor Efficiency Measurements in accordance to IEEE 112-B, IEC 34-2 and JEC 37 International Standards" IEEE 2003.

[3] Turner, W: "Energy Management Handbook". Third Edition, the Fairmont Press Inc., 1997.

[4] Motor Challenge Fact Sheet: "Determining Electric Motor Load and Efficiency" US-DOE Program.

[5] Auinger, H: "Determination and designation of the efficiency of electrical machines", Power Engineering Journal. 1999.

[6] Cardenas-Lailhacar, C; Venkat, S; Schaub, D; Capehart, L and Pawlik, K: "A Case Study for Energy Auditing Using an Interactive Energy Balance". Strategic Planning for Energy and the Environment. Lilburn, GA. Vol 25, No.1, 2005.

[7] Cardenas-Lailhacar, C; Latorre, L: "Power Factor Correction: A New Industrial Energy Management Program Setup". Energy Engineering. Lilburn, GA. Vol 104, No.4, 2007.

PROGRAMACIÓN POR CHEQUEO

■Juan Luis Paz
Universidad Católica Andrés Bello,
Caracas, Venezuela
juanluispaz@gmail.com

■ William Torrealba
Universidad Católica Andrés Bello
Caracas, Venezuela
wtorrealba@gmail.com

Fecha de Recepción: 9 de mayo de 2008
Fecha de Aceptación: 1 de julio de 2008

Resumen

La programación orientada a objetos (POO) ha supuesto un avance importante en la ingeniería del software pero a medida que los sistemas se han hecho aun más complejos se ha identificado la necesidad realizar una separación de competencias (es decir, extraer de los métodos toda competencia que no les sea inherente), muy en especial las competencias de control de errores. La programación orientada a aspectos (POA) trata de conseguir esto pero es excesivamente compleja.

A este problema es al que se le busca dar solución, definiendo un enfoque de programación alternativo basado en la POO que permita la separación del control de errores y de la funcionalidad básica de los métodos al que se le a denominado "Programación por Chequeo" (PPCH); para dar soporte a las construcciones del nuevo enfoque se define una extensión al lenguaje de programación C#, una posible forma de implementarlas en C# estándar y se realiza la implementación parcial de un compilador que acepta estas nuevas construcciones.

Debido a la naturaleza y objetivos de este trabajo, este se define como un proyecto de I+D (investigación y desarrollo) en los que se requiere utilizar metodologías iterativas e incrementales. El desarrollo se dividió en dos grandes etapas: definición del nuevo enfoque e implementación de las nuevas construcciones; en la primera se emplea una adaptación al modelo en espiral y en la segunda prototipado evolutivo.

Como resultado se ha añadido doce nuevas palabras reservadas y tres nuevas palabras contextuales al lenguaje de programación C# que dan soporte al nuevo enfoque, en contraste a las más de 30 palabras que añade el lenguaje de aspecto AspectJ a su lenguaje base; también se ha mostrado en un caso de estudio que de haber realizado la separación de competencias se habría ahorrado al menos el 18,25 % del código del sistema (en algunas partes de este el ahorro alcanza el 36,19 % del código).

Abstract

The object-oriented programming (OOP) was a major breakthrough in software engineering, however, as systems have become even more complex, the need make a separation of concerns has become apparent, especially those concerns involved with error control. The aspect-oriented programming (AOP) tries to figured out this but is too complicated.

The purpose here was to investigate solutions to this concern, by defining a programming alternative approach based on the OOP that separates error control and the basic functionality, called "Programación por Chequeo" (PPCH). This was to be achieved by defining an extension to the programming language C#, a possible way to implement them in C# standard, and a partial implementation of a compiler that accepts these new definitions.

Due to the nature and objectives of this work, this project was defined as research and development that required using iterative and incremental methodologies. The development was divided into two phases: definition of the new approach, and implementation of the new design. A spiral model of adaptation was used in the first phase and evolutionary prototyping in the second.

The results propose that twelve new reserved words and three new contextual words be added to the programming language C# that support this new approach, rather that the more than 30 words that adds aspect-oriented language AspectJ to their base language. A case study has shown that when error control is separated using this approach, code reductions of least 18.25% (and up to 36.19% in some parts) can be achieved.

1. Planteamiento del problema

En la historia de la ingeniería del software, se puede observar que los progresos más significativos se han obtenido gracias a la aplicación de uno de los principios fundamentales a la hora de resolver cualquier problema, incluso de la vida cotidiana, que no es más que la descomposición de un sistema complejo en partes que sean más fáciles de manejar, es decir, gracias a la aplicación del dicho popular conocido como "divide y vencerás".

La programación orientada a objetos (POO) ha supuesto uno de los avances más importantes de los últimos años en la ingeniería del software para construir sistemas complejos utilizando el principio de descomposición, ya que el modelo de objetos subyacente se ajusta mejor a los problemas del dominio real que la descomposición funcional.

A medida que los sistemas se han hecho aun más complejos se ha encontrado otra problemática, hasta ahora en cada método se encuentra el control de errores y la funcionalidad básica del mismo mezclados, y esta mezcla hace difícil entender el código (y desvía la atención del programador del problema); por lo que se ha identificado la necesidad realizar una separación de competencias, es decir, separar el control de errores de la funcionalidad básica del método.

Hasta ahora hay tres enfoques que permiten de alguna forma la separación de competencias:

- la **programación orientada a aspectos** (POA), pero es excesivamente complicada, lo que conlleva una serie de problemas de magnitud tal que hacen dudar sobre la utilidad real de POA [21] y [2].
- la **programación por contrato**, la cual separa en cierta medida el control de errores pero no permite la reutilización, tampoco permite elaborar controles de errores más complejos

que el de comprobar si algo cumple con una serie de condiciones;

- hacerlo **manual**, creando clases con métodos a los que le delegan la competencia de realizar el control de errores, el inconveniente está en que se crean unas clases confusas dedicadas al control de errores.

Por lo que resulta necesario definir un nuevo enfoque de programación que permita la separación del control de errores de la funcionalidad básica del método, que facilite la reutilización de estos controles de errores, que se enmarque totalmente dentro de la programación orientada a objetos y que sea sencillo de utilizar ya que "la complejidad es el mayor enemigo de la calidad" [11].

2. Objetivo

Definir un enfoque de programación alternativo basado en la programación orientada a objetos que permita la separación del control de errores y de la funcionalidad básica de los métodos, así como la implementación parcial de un compilador que soporte el nuevo enfoque.

3. Metodología

Lo propuesto, por su naturaleza y objetivos, se define como un proyecto de investigación y desarrollo (I+D) y para afrontarlo se requiere de metodologías iterativas, flexibles, que permitan ir construyendo su producto de manera incremental y evolutiva.

Para afrontar la magnitud, el desarrollo de este trabajo se dividió en dos grandes etapas:

1. Definición del nuevo enfoque
2. Implementación de las nuevas construcciones

La metodología utilizada combina una adaptación al modelo de cascada con fases solapadas (permite que una fase se inicie sin que la anterior haya concluido) para el desarrollo general y un modelo iterativo incremental adaptado en cada una de las etapas antes listada.

La **primera etapa**, en la que se definen las construcciones del nuevo enfoque, es una etapa altamente creativa que genera una serie de documentos con las especificaciones del nuevo enfoque. Al ser esta una etapa creativa se necesita un modelo que permita ir construyendo su producto de manera iterativa e incremental, que permita ir mejorando y refinando las ideas surgidas en cada iteración a lo largo de todo el desarrollo; por lo que se utiliza una adaptación (se adapta ya que los productos de esta fase solo son documentos) al modelo en espiral que permite ir refinando el producto en cada iteración. En la primera iteración se inicia cada uno de los tres documentos productos de esta fase que iteración tras iteración es refinado, al final de cada iteración se decide si hay que volver a iterar.

La **segunda etapa**, en la que se busca crear un compilador que admita código C# ampliado con las nuevas construcciones (definidas en la etapa anterior) y genere código ejecutable. En esta etapa se decide si se va a crear un nuevo compilador o se va a modificar uno ya existente, también se debe seleccionar al principio de esta etapa cuales son las nuevas construcciones a implementar. La metodología utilizada en esta etapa es el prototipado evolutivo, modelo iterativo incremental que permite crear un compilador funcional que en cada iteración es ampliado; la elección del prototipado evolutivo se debe a que en esta etapa se debe afrontar el desarrollo de un producto con innovaciones importantes y el desconocimiento de cómo implementarlo (ya que no se trata de un sistema tradicional), esta decisión se ve reforzada si se modifica un compilador ya existente (vía que se efectivamente se ha tomado) ya que hay que afrontar el desconocimiento sobre el compilador electo. Durante cada iteración del prototipado evolutivo se incorpora una construcción al compilador de las ya seleccionadas para ser implementadas.

4. Definición del nuevo enfoque

Al tomar la idea de la programación orientada a aspectos de crear entidades especializadas para la separación de competencias de la funcionalidad básica del método, se tiene dos entidades: los aspectos (conservando la esencia expresada

en la programación orientada a aspectos) y los chequeadores, entidades especializadas en comprobar el cumplimiento o no de una o una serie de condiciones.

Al enmarcar estas entidades dentro de la programación por contrato, se tiene que el método mantiene la funcionalidad básica y sale de éste el control de errores, a una entidad similar a un aspecto, denominada contrato; también se tiene que cada método debe exponer de forma clara bajo cuáles contratos se rige.

Al descomponer el control de errores en objetos especializados en la comprobación de cierta situación en particular (por ejemplo: el número no puede ser negativo), da cómo resultado objetos con una alta cohesión, estos objetos se denominan chequeadores y representan las cláusulas de un contrato. Esta separación, adicionalmente, aumenta la cohesión del método ya que se concentra en la funcionalidad básica. El control de errores de un método se construye a partir de la combinación de esos chequeadores bajo la figura de un contrato, que es empleado en la cabecera del método, separándolo así de la funcionalidad básica.

5. Principios de diseño

Los principios en el diseño que se busca para todas las construcciones propuestas (listadas sin ningún orden en particular) son:

- Permitir la reutilización
- Utilización sencilla
- Capacidad de ser utilizadas en escenarios complejos
- Evitar la redundancia de código (por ejemplo: definir la cabecera de un método dos veces)
- Permitir la autodocumentación
- Construcciones legibles
- Evitar la posibilidad de introducir comportamientos sorpresivos
- Enmarcado dentro de la programación orientada a objetos

6. Aspectos

Tomando la esencia de los aspectos de la POA, en la programación por chequeo se redefine y simplifica, programáticamente hablando; la nueva definición es: "Unidad capaz de controlar las entradas y salidas de una unidad funcional"

Para dar soporte a la nueva definición de los aspectos se ha creado un nuevo miembro de clase denominado aspecto (no confundir con los aspectos de la POA).

Sintaxis general:

```
aspect(ingreso):(egreso)
{
      pre {/*...*/}
      post {/*...*/}
      handler {/*...*/}
}
```

Los parámetros de *ingreso* son parámetros que existen al momento de ingresar a una unidad funcional (por ejemplo: en un método sus argumentos), los parámetros de *egreso* refiere a lo que retorna la unidad funcional (por ejemplo: en un método es el retorno de este). Tanto los parámetros de entrada como los de salida son lista de parámetros tal como se utilizan en los métodos.

Los aspectos poseen tres descriptores:

- El descriptor `pre` que indica las operaciones que se deben realizar antes de la ejecución de la primera instrucción del código sobre el cual se aplica el aspecto.
- El descriptor `post` que indica las operaciones que se deben realizar después de la ejecución de la última instrucción del código sobre el cual se aplica el aspecto.
- El descriptor `handler` que indica las operaciones que se deben realizar cuando una excepción que no sea manejada dentro del código sobre el cual se aplica el aspecto atraviesa su ámbito, en el `handler` se debe hacer la captura de la excepción tal como se hace para capturarlas después de haber colocado un `try`, utilizando un `catch`, ya que la excepción está sin capturar.

Ejemplo de un aspecto que muestra las entradas y salidas:

```
static class MostrarIOAspect {
  static aspect(object arg):(object
retorno) {
      pre {
       Console.WriteLine(
          "Argumento: {0}", arg);
      }
      post {
        Console.WriteLine(
            "Argumento: {0} " +
            "Resultado: {1}",
            arg, retorno);
      }
      handler {
      cacth (Exception ex) {
        Console.WriteLine(
            "Argumento: {0} " +
            "Excepción: {1}",
            arg, ex);
            throw;
            }
          } // fin aspect
       }
```

Para aplicar un aspecto sobre un método basta con colocar después del encabezado del método y antes de la apertura de llaves de implementación la palabra `aspect` seguido del nombre del contenedor del aspecto y a continuación los argumentos que el aspecto recibe. Ejemplo:

```
string AMayuscula(string arg)
      aspect MostrarIOAspect
             arg):(returned)
{
      return arg.ToUpper();
}
```

El valor retornado por el método se puede recuperar con la palabra `returned`.

También se pudo haber aplicado el aspecto sobre un bloque de código, utilizando la palabra `using` tal como se muestra a continuación:

```
void Main() {
      string texto = "Hola Mundo!";
      string enMayuscula;

      using aspect MostrarIO
                 (texto):(juntos) {
        enMatuscula = texto.ToUpper();
        }
      }
```

Si se desea aplicar más de un aspecto por vez, después de escribir la palabra `aspect` se puede listar la aplicación de los aspectos separados por coma, también se puede volver a escribir la palabra `aspect` y aplicar el siguiente aspecto. Ejemplo:

```
string MiMetodo()
      aspect A1Aspect():(),
             A2Aspect():()
      aspect A3Aspect():()
      { /* ... */ }
```

Para forzar la culminación normal de un descriptor en su implementación se utiliza la sentencia back. Ejemplo:

```
aspect(string s1, string s2):() {
      pre {
       if (s1 != s2)
        back;
         Console.WriteLine(
                      "Son iguales");
      }
    }
```

En el ejemplo anterior, si `s1` y `s2` no son iguales la llamada a escritura en la consola nunca será ejecutada, ya que el descriptor es culminado; tras la culminación del descriptor (bien sea utilizando la sentencia back o porque alcanzó la llave de cierre del descriptor) se ejecutan las instrucción sobre las cuales se aplica el aspecto.

7. Aspectos instanciados

En la iteración anterior se presentó cómo aplicar aspectos estáticos, pero los aspectos no serían totalmente compatible con la programación orientada a objeto si no fueran instanciables, por lo que para aplicar un aspecto que no posea el modificador `static` basta con escribir el nombre de la variable que referencia a la instancia en lugar de escribir el contenedor.

Ejemplo: El aspecto no estático (Ane)

```
class Ane {
      aspect(string s):() {
            pre { /* ... */ }
            post { /* ... */ }
```

```
            handler { /* ... */ }
        }
    }
```

se puede utilizar de la siguiente manera:

```
void HacerAlgo(string s, Ane a)
    aspect a(s):()
    {/*...*/}

void HacerAlgo2(string s, Objeto o)
    aspect o.AspectoUsado(s):()
    {/*...*/}

void HacerAlgo3(string s, Objeto o)
    aspect o.GetAspectoUsado()(s):()
    {/*...*/}
```

También es posible declarar la variable que referenciará a la instancia del contenedor del aspecto e inicializarla en la misma aplicación, para ello después de la declaración de la variable se colocan los argumentos del aspecto y luego se hace la inicialización del mismo, tal como se muestra a continuación:

```
void HacerAlgo1(string s)
    aspect Ane a(s):() = new Ane()
    {/*...*/}

void HacerAlgo2(string s, Ane a)
    aspect Ane b(s):() = a
    {/*...*/}

void HacerAlgo3(string s, Objeto o)
    aspect Ane b(s):() =
                o.GetAspectoUsado()
    {/*...*/}


void HacerAlgo4(string s, Objeto o)
    aspect Ane b(s):()=o.AspectoUsado
    {/*...*/}
```

Y para aquellos casos en los que no se desee crear una variable que referencie a la instancia del aspecto se puede crear la instancia del aspecto y luego colocar los argumentos que recibe, tal como se muestra a continuación:

```
void HacerAlgo(string s, Objeto o)
    aspect new Ane()(s):()
    {/*...*/}
```

8. Aspectos de inspección

Son aspectos que no pueden forzar la culminación normal de la unidad funcional sobre la cual se aplica. Es decir, las instrucciones sobre las que se aplica siempre se ejecutan (al menos que el descriptor `pre` inicie una excepción) y el descriptor `handler` no puede contener la excepción que dio origen a su ejecución (siempre se culmina el descriptor `handler` con el lanzamiento o relanzamiento de una excepción); dicho de otra manera, son aspectos que no están en capacidad de hacer culminar de forma normal la unidad funcional sobre la cual se aplica.

El tipo de los aspectos de inspección se puede colocar de manera explícita colocando después del paréntesis de cierre de los parámetros de egreso dos puntos y la palabra `noforce` (aplica para la declaración como para la aplicación); si se omite el tipo de aspecto se asume que se trata de un aspecto de inspección.

Ejemplo: Declaración explícita de un aspecto de inspección

```
class MiAspectoDeInspeccion {
    aspect():():noforce {
        pre { /* ... */ }
        post { /* ... */ }
        handler { /* ... */ }
    }
}
```

Ejemplo: Aplicación de aspecto indicando explícitamente que es de inspección

```
string MiMetodo()
    aspect MiAspectoDeInspeccion
                    ():():noforce
    { /* ... */ }
```

9. Aspectos retornantes

Hay situaciones en las que se requiere que el aspecto tenga la capacidad de inducir el retorno sobre la unidad funcional sobre la cual se aplica, por ejemplo, un aspecto que tiene la competencia del manejo del control de errores en un ambiente en el cual los métodos retornan códigos de error (en lugar de emplear excepciones para indicar la

culminación anormal); en estas situaciones los aspectos de inspección no son los suficientemente poderosos.

Los aspectos retornantes son aspectos en los que las instrucciones sobre las que se aplica el aspecto no siempre se ejecuta (el descriptor `pre` puede provocar la culminación sin que el cuerpo sobre el cual se aplica se ejecute) y el descriptor `handler` puede contener la excepción que dio origen a su ejecución (a pesar de haberse iniciado una excepción el descriptor `handler` puede provocar la culminación normal); dicho de otra manera, son aspectos que tienen la capacidad de hacer culminar de forma normal la unidad funcional sobre la cual se aplica.

El tipo de los aspectos retornantes se debe indicar de manera explícita colocando después del paréntesis de cierre de los parámetros de egreso dos puntos y la palabra `force` (aplica para la declaración como para la aplicación).

Los aspectos retornantes tienen la limitante de que todos los parámetros de egreso deben poseer el modificar `out` ó `ref` (esto se debe a que deben estar en capacidad de darle un valor).

Para provocar la culminación normal de la unidad funcional sobre la cual se aplica basta con utilizar la sentencia `return` (previamente habiéndole asignado valor a los parámetros de egreso – de ser requerido –).

Ejemplo: Declaración de un aspecto retornante (`AR`), en el cual los errores se manejan con códigos de error

```
class MiAR {
 aspect (object entra)
        :(out int retorno):force {
 pre {
  if (entra == null) {
      retorno = -1;
      //Error, no puede ser nula
      return;
      }
    }
    post {
     retorno = 0; //Resultado correcto
    }
      handler {
        catch {
          retorno = -2; //Error, hay
excepción
      return;
       }
     }
   } // fin aspect
}
```

Ejemplo: Aplicación de un aspecto retornante

```
int MiMetodo(object o)
 aspect MiAR(o):(out
returned):force
{
  Console.WriteLine(o);
}
```

10. Chequeadores

Unidad diseñada para asumir la competencia de comprobar si sus argumentos cumplen con una serie de condiciones. Los chequeadores tienen dos formas de indicar si sus argumentos no cumplen con las condiciones exigidas: pueden retornar un booleano o pueden iniciar una excepción.

Al igual que los aspectos los chequeadores requieren de un contenedor, también se ha creado un nuevo miembro de clase denominado chequeador.

Sintaxis general:

checker(*parámetros***)**
{ /*...*/ }

Dentro de las llaves de implementación del chequeador se colocan las pruebas separadas por coma, cada prueba es del estilo (esta sintaxis evita tener que escribir una secuencia de if anidados):

- expresiónBooleana **else throw** excepción
- llamada a otro chequeador

Ejemplo:

```
static class EsParPositivoChecker
{
 public static checker(int n) {
  n >= 0 else throw
                  new NegativoExcep(),
  (n % 2)==0 else throw
                  new NoParExcep()
 }
}
```

Hay dos formas de utilizar un chequeador, en función del resultado que se desea obtener:

- Si se desea que inicie una excepción en caso de que falle una prueba, se llama se la siguiente manera (ejemplo):

```
check EsParPositivoChecker(-2);
```

- Si se sedea que retorne un booleano que indica si se superaron todas las pruebas, se llama de la siguiente manera (ejemplo):

```
bool resultado = checkis
      EsParPositivoChecker(-2);
```

Al igual que en los aspectos, existen chequeadores instanciados y su sintaxis de invocación es similar. Ejemplo:

```
void HacerAlgo(
        string s,
         ChequeadorNoEstatico a) {
check a(s);
}
```

Es posible utilizar la sintaxis abreviada de los chequeadores para las pruebas en cualquier otro lugar, para ello en lugar de invocar al chequeador se coloca dentro de paréntesis la implementación. Ejemplo:

```
void Ejemplo(int n) {
    check(
     n >= 0 else throw
              new NegativoExcep(),
     (n % 2) == 0 else throw
              new NoParExcep()
    );
 }
```

En el caso de checkis no se debe indicar la clausula else de las pruebas, solo se listan las expresiones booleanas separadas por coma. Ejemplo:

```
void Ejemplo(int n) {
    bool resultado = checkis(
     n >= 0,
     (n % 2) == 0
 );
 // ...
}
```

Hay situaciones en las que esta sintaxis abreviada para las pruebas no resulta ser lo suficientemente flexible para las operaciones que hay que hacer, para esos casos existe la implementación avanzada de chequeadores, que consiste en implementar por separado el caso check y el caso `checkis` como si cada uno se tratase de un método (solo que el retorno se hace con la sentencia `back`). Ejemplo:

```
static class EsParPositivoChecker {
 public static checker(int n) {
  check {
   if (n >= 0)
    if ( (n % 2) == 0 )
     back;
    else
     throw new NoParExcep();

    else
     throw new NegativoExcep();
    }
    checkis {
     if (n >= 0)
     if ( (n % 2)==0 )
      back true;
     else
      back false;

     else
      back fasle;
  }
 } // fin checker
}
```

11. Contratos

La programación por contrato separa del cuerpo del método la competencia de comprobar las entradas y salidas, esta separación también es posible de hacerla en la programación orientada a aspectos pero pierde capacidad (lo más resaltante es lo relacionado a la herencia).

Para la programación por chequeo se define una unidad especializada en la competencia de la comprobación de entradas y salidas denominada

contrato, los contratos son como aspectos especializados en la competencia ya mencionada, pero tienen la particularidad de que se heredan (si sobre un método es aplicado un contrato las redefiniciones del método se rigen por el contrato aun cuando en estas no se haya aplicado el contrato).

Al igual que los aspectos los contratos requieren de un contenedor, también se ha creado un nuevo miembro de clase denominado contrato.

Sintaxis general:

```
contract(ingreso):(egreso)
{
      require {/*...*/}
      ensure {/*...*/}
}
```

A diferencia de los aspectos, ninguno de los parámetros de ingreso y de egreso pueden recibir los modificadores `out` y `ref`, tampoco hay tipos de contratos.

Los contratos poseen dos descriptores:

- El descriptor **require** que indica las precondiciones o comprobaciones que se deben realizar antes de la ejecución de la primera instrucción del código sobre el cual se aplica el contrato.
- El descriptor **ensure** que indica las postcondiciones o comprobaciones que se deben realizar después de la ejecución de la última instrucción del código sobre el cual se aplica el contratos (solo se ejecuta en caso de salida normal, de haberse iniciado una excepción no se realizan las comprobaciones).

Tanto el descriptor `require` como el descriptor `ensure` son chequeadores, por lo que dentro de las llaves de implementación de estos descriptores se debe seguir la misma sintaxis utilizada para implementar los chequedores, también es posible utilizar la implementación avanzada de chequeadores en cada descriptor.

Ejemplo: Un contrato que rige el calculo de raíces cuadradas (haciendo la salvedad de los errores que puedan ocurrir a causa del redondeo y la precisión finita del tipo de dato usado) podría ser el siguiente

```
static class RCContract
{
 public static contract(
        double a):(double resultado)
 {
      require {
       a >= 0 else throw
                    new NegativoExcep()
}
ensure {
 a*a == resultado else throw
   new ResultadoErradoExcep(),
 resultado >= 0 else throw
   new ResultadoNegativoExcep()
   }
 } // fin contract
}
```

La aplicación de un contrato es similar a la aplicación de aspectos, pero en lugar de utilizar la palabra `aspect` se emplea la palabra `contract`. Si se desea aplicar aspectos y contratos, primero deben ir los contratos y luego aspectos. Ejemplo:

```
double CalcularRaizCuadrada(
  double n)
  contract RCContract(n):(returned)
  aspect LoggerAspect
                  (numero):(returned)
{ /* ... */ }
```

Al igual que en los aspectos, existen contratos instanciados y su sintaxis de invocación es similar. Ejemplo:

```
bool Depositar(decimal importe)
      contract new DepositoContract()
            (this.balance, importe):()
{
 AgregarDeposito(importe);
}
```

Ya que cada descriptor del contrato es un chequeador por si mismo, es posible invocarlos como tal, para ello basta con escribir después de la palabra `check` ó `checkis` el nombre del descriptor (`require` ó `ensure`) y luego realizar la invocación del contrato. Ejemplo:

```
  check require RCContract(4d):(0d);
  bool resultado = checkis require

     RCContract(4d):(0d);
```

A diferencia de los aspectos, los contratos se pueden aplicar sobre miembros abstractos y en interfaces, y los contratos son heredados por las reimplementaciones; es decir, aun cuando se cambie la implementación de un miembro, este se sigue rigiendo por el contrato que regía a su predecesor. Ejemplo:

```
interface ICalculadorRaizCuadrada
{
 double CalcularRaizCuadrada
        (double n)
         contract RCContract
                  (n):(returned);
}

class CalculadorRaizCuadrada
      : IcalculadorRaizCuadrada
{
 double CalcularRaizCuadrada(
                          double n)
 {
   // ...
 }
}
```

Aunque el método de la clase no diga explícitamente que se rige por el contrato RaizCuadradaContract este está sujeto al contrato ya que es parte de las cláusulas exigidas por el método de la interfaz que implementa.

12. Composición

Al aplicar el dicho "divide y vencerás" un problema se descompone en partes más simples pero la solución al problema está en la composición e interacción de las partes.

Al descomponer un aspecto complejo en aspectos más simples surge la necesidad de poderlos componer, para ello basta con aplicar los aspectos componentes al aspecto compuesto. Ejemplo:

```
static class AspectoComponente1 {
 static aspect
           (object o1):(object o2) {
  pre { /* ... */ }
  post { /* ... */ }
  handler { /* ... */ }
 }
}

static class AspectoComponente2 {
 static aspect
           (object o1):(object o2) {
  pre { /* ... */ }
  post { /* ... */ }
  handler { /* ... */ }
 }
}

static class AspectoCompuesto {
 static aspect
           (object o1):(object o2)
 aspect
      AspectoComponente1(o1):(o2)
 aspect
      AspectoComponente2(o1):(o2)
{
  pre { /* ... */ }
  post { /* ... */ }
  handler { /* ... */ }
 }
}
```

La funcionalidad del aspecto compuesto es el resultado de la combinación de la funcionalidad de los aspectos componentes y la propia. Es posible alterar el orden de composición indicando en que punto se debe colocar la funcionalidad propia, esto se logra haciendo una aplicación de aspecto pero en vez de invocar a uno se coloca la palabra `here`. Ejemplo:

```
static class AspectoCompuesto {
 static aspect
           (object o1):(object o2)
 aspect
      AspectoComponente1(o1):(o2)
 aspect
      here
 aspect
      AspectoComponente2(o1):(o2)
 {
 pre { /* ... */ }
 post { /* ... */ }
 handler { /* ... */ }
 }
}
```

Los contratos se pueden componer entre ellos de forma análoga a la composición de aspecto, aplicando los contratos componentes al contrato compuesto. Ejemplo:

```
static class ContratoComponente1 {
 static contract
           (object o1):(object o2) {
  require { /* ... */ }
  ensure { /* ... */ }
 }
}

static class ContratoComponente2 {
 static contract
           (object o1):(object o2) {
  require { /* ... */ }
  ensure {/* ... */}
 }
}

static class ContratoCompuesto {
      static contract
           (object o1):(object o2)
 contract
      ContratoComponente1(o1):(o2)
 contract
      ContratoComponente2(o1):(o2)
 {
  require { /* ... */ }
  ensure { /* ... */ }
 }
}
```

13. Asignaciones preliminares

Hay situaciones en las que es deseable poder acceder al viejo valor de un argumento (por ejemplo: en el caso de un contrato que rige al método depositar en una cuenta, en donde es deseable poder comparar en las postcondiciones que el viejo saldo más el importe es igual al nuevo saldo), esto se resuelve creando un campo en el contenedor del aspecto o contrato al cual se le asigna el valor que se desea preservar tan pronto se conozca (esto se hace asignándole el valor al campo dentro del aspecto o contrato pero fuera de cualquiera de sus descriptores).

Ejemplo: Contrato que rige el método de depositar en una cuenta

```
struct RealizarDepositoContract {
 decimal balance_anterior;

 contract (
      decimal balance,
      decimal importe
    ):() {
 balance_anterior = balance;
 require {
      importe >= 0 else throw new

 ImporteNegativoExcep()
  }
  ensure {
   balance == balance_anterior
                + importe
    else throw
       new ResultadoErradoExcep()
  }
 } // fin contract
}
```

La clase cuenta con su método de depositar sería:

```
class Cuenta {
 decimal balance;

void Depositar(decimal importe)
 contract new
           RealizarDepositoContract()
                (balance, importe):()
 { /* ... */ }
 // ...
}
```

14. Aspectos y contratos anónimos y desmembrados

Con la finalidad de simplificar aun más la utilización de los contratos y los aspectos, se admite aplicar contratos y aspectos realizando su implementación in situ; permitiendo así realizar la separación de competencias sin tener que declarar de manera separada las competencias y la unidad funcional sobre la cual se aplica. Esto se consigue de dos maneras:

- Aspectos o contratos **anónimos**, en la cual se aplica el aspecto o contrato pero en vez de invocarlo se hace la implementación de este in situ. Para los aspectos y contratos anónimos se ha extendido las capacidades de las asignaciones preliminares permitiendo realizar la declaración de las variables que preservarán el valor. Ejemplo:

```
bool Depositar(decimal importe)
 contract {
  decimal balance_anterior =
                      balance;
  require {
   importe>=0 else throw
       new ImporteNegativoExcep()
 }
 ensure {
  balance == balance_anterior
             + importe
   else throw
       new ResultadoErradoExcep()
  }
 } // fin contract
{
 // ...
}
```

- Aspectos o contratos **desmembrados**, en la cual se permite aplicar e implementar el descriptor de aspecto o contrato deseado, para ello en lugar de anunciar la aplicación del aspecto o contrato se anuncia el descriptor y luego se realiza su implementación. Esta notación es la que más se acerca a la notación utilizada por los lenguajes que soportan programación por contrato. Ejemplo:

```
public long Factorial(long x)
 require {
  x >= 0 else throw
       new NegativoExcep()
 }
 ensure {
  returned>=x else throw
       new  ResultadoErradoExcep(),
  returned>=0 else throw
       new ResultadoNegativoExcep()
  }
{
 if (x <= 1)
  return 1;
 else
  return x * Factorial(x-1);
}
```

15. Propiedades envolventes

Hay situaciones en las que no se desea que un campo admita todos los valores que soporta, sino un subconjunto de ellos, estas situaciones en la programación por contrato se resolvían con invariantes de clase, pero para la programación por chequeo se presenta un mecanismo alternativo: propiedades envolventes combinadas con contratos que restringen los valores al subconjunto válido (como cláusula `require` del descriptor `set` de la propiedad).

Las propiedades envolventes permiten autocontener el campo que la soporta, restringiendo la visibilidad del campo a la propiedad que lo envuelve; por lo que si en algún otro lugar (dentro o fuera) de la clase o estructura se desea acceder al campo se debe hacer a través de la propiedad que lo contiene. La declaración e inicialización del campo autocontenido se hace dentro de la propiedad que lo envuelve pero fuera de cualquiera de sus descriptores.

Ejemplo: Clase cuenta bancaria donde hay que asegurar que el campo saldo nunca sea negativo

```
class CuentaBancaria
{
  public decimal Saldo {
  decimal _saldo;
  get {
   return _saldo;
}
set
 require {
  value >=0 else throw
      new   SaldoIncorecctoExcep()
   }
  {
  _saldo = value;
  }
 }
}
```

En la programación por contrato las invariantes de clases se puede utilizar para expresar restricciones más complejas que asegurar que un campo contenga un subconjunto de los valores válidos para el tipo de dato (por ejemplo: que la combinación de valores existente en dos campos sea válida en el dominio del problema); para la mayoría de los casos con un buen diseño y una correcta utilización de la herencia y la descomposición en objetos simples, no se requieren de ese tipo de invariantes.

Por lo antes expuesto no se han incluido en la programación por chequeo las invariantes (estas

agregan una complejidad adicional al lenguaje que resulta útil en muy pocos casos y su objetivo se puede conseguir utilizando otras vías ya provistas por el lenguaje – en algunos casos sacrificando la separación de la invariante de la funcionalidad de la clase o estructura –), no obstante, en el trabajo especial de grado en el que se basa este documento se define una extensión a la programación por chequeo para dar soporte a las invariantes cuya presentación va más allá del alcance de este documento.

16. Principios del enfoque

A continuación se listan los principios de diseño que se deben tener en cuenta al utilizar la programación por chequeo:

- **Principio de no redundancia**: Bajo ninguna circunstancia se debe repetir en el cuerpo de un método (u otra unidad funcional) lo que hacen los aspectos y contratos que sobre este se aplican.
- **Principio de sencillez**: Se debe procurar hacer las cosas lo más sencillas posibles ("la complejidad es el mayor enemigo de la calidad"), para ello los métodos (u otras unidades funcionales) se deben limitar a hacer exclusivamente lo que a ellos les compete.
- **Principio de separación**: Siempre que sea posible, se debe extraer de los métodos (u otras unidades funcionales) toda competencia que no les sea inherente.
- **Principio de reutilización**: Se debe realizar la separación de competencias pensando y procurando su reutilización.

17. Resultados: el enfoque

Se ha diseñado un nuevo enfoque de programación que en cierta medida resulta ser un casamiento entre la programación por contrato y la programación orientada a aspectos, uniendo de esta manera estos dos enfoques sin aparente relación, tomando de ellas sus virtudes y deslastrándose de sus complicaciones, sin desenmarcarse de la programación orientada a objetos.

Frente a la programación tradicional orientada a objetos, la programación por chequeo permite:

- Realizar la separación de competencias de una forma fácil y sencilla
- Incorporar los conceptos más importantes de la programación por contrato y disfrutar de sus ventajas
- Mayor reutilización del código, como consecuencia de realizar la separación de competencias
- Mejorar notablemente la legibilidad del código, como consecuencia de realizar la separación de competencias
- Facilitar las tareas de mantenimiento, como consecuencia de haber aumentado la reutilización del código a raíz de haber realizado la separación de competencias
- Reducir notablemente la cantidad de líneas de códigos de un sistema, como consecuencia de haber aumentado la reutilización del código a raíz de haber realizado la separación de competencias
- Frente a la programación por contratos, la programación por chequeo permite:
- Reutilizar el control de errores
- Separar más clases se competencias, no solamente las ya soportadas por la programación por contratos: precondicones, postcondicones e invariantes
- Mayor reutilización del código, como consecuencia de realizar la separación de competencias
- Mejorar notablemente la legibilidad del código, como consecuencia de realizar la separación de competencias
- Facilitar las tareas de mantenimiento, como consecuencia de haber aumentado la reutilización del código a raíz de haber realizado la separación de competencias
- Reducir notablemente la cantidad de líneas de códigos de un sistema, como consecuencia de haber aumentado la reutilización del código a raíz de haber realizado la separación de competencias
- Frente a la programación orientada a aspectos, la programación por chequeo permite:

- Incorporar los conceptos más importantes de la programación por contrato y disfrutar de sus ventajas
- Solucionar los problemas relacionados con la herencia de la aplicación de aspectos
- Eliminar los problemas relacionados a los puntos de cortes y puntos de enlace
- Utilizar una sintaxis muchísimo más cercana a los lenguajes de programación orientados a objetos que la sintaxis utilizada en los lenguajes de aspectos, lo cual la hace más sencilla
- Utilizar una sintaxis muchísimo más sencilla y reducida que la provista por los lenguajes de aspectos; en lo aquí propuesto se añade doce palabras reservadas y tres palabras contextuales a C#, mientras que AspectJ (el lenguaje de aspectos más importante) añade más de 30 palabras significantes a su lenguaje base (java)
- Al estar en el mismo lugar la aplicación del aspecto y/o contrato y el bloque de código que lo recibe, permite saber rápidamente lo que allí pudiera ocurrir; a diferencia de los leguajes de aspectos en los cuales ambas cosas se encuentran separados, por lo que leyendo el bloque de código no se puede prever que sobre este se está aplicando un aspecto. Al tener ambas partes juntas mejora notablemente la autodocumentación del código
- Debido a la forma en que se aplican los aspectos y/o contratos es posible aplicarlos a partes de un método, sin tener que aplicárselo a la totalidad de este

Si se combina las construcciones provistas por la programación por chequeo con patrones de diseño se puede tener aplicaciones muy poderosas; por ejemplo, se podría tener una fábrica de aspectos que lea de un xml las acciones que va a ejecutar en `pre`, `post` y `handler`, permitiendo así ajustar su comportamiento en tiempo de ejecución sin tener que recompilar la aplicación.

18. Resultados: extención a C#

Se han diseñado las construcciones que dan soporte a la programación por chequeo como una extensión al lenguaje de programación C#, para ello se crearon:

- Doce nuevas palabras reservadas: `aspect`, `pre`, `post`, `handler`, `returned`, `back`, `checkis`, `check`, `checker`, `contract`, `require` y `ensure`
- Tres nuevas palabras contextuales: `force`, `noforce` y `here`
- Tres nuevos miembros de clases (y estructuras): aspectos, contratos y chequeadores que sirven para encapsular las competencias; cuya utilización se realiza en la cabecera del método, propiedad, bloque de código, etc. sobre el cual se desea aplicar la competencia.
- Dos nuevas instrucciones condicionales: `check` y `checkis`
- Una nueva instrucción de retorno: back
- Un nuevo concepto: la composición de competencias
- Un nuevo mecanismo de ocultación: las propiedades envolventes

Con esta extensión se da soporte a los conceptos de la programación por chequeo sin romper con la sintaxis tradicional del lenguaje C#, se aprovechan las construcciones ya provistas por este y se evita cualquier tipo de construcción sinónima, respetando siempre el espíritu y diseño original de C#.

Esta extensión no hace obsoleta ninguna de las construcciones del lenguaje, tampoco introduce incompatibilidades, por lo que preserva la compatibilidad con el código C# válido.

19. Resultados: documentos generados

Durante el desarrollo de lo que aquí se propone, se han generado una serie de documentos que explican con detalle el nuevo enfoque:

- Documento explicativo de las nuevas reglas y construcciones
- Documento con las extensiones a la gramática de C#
- Documento explicativo que indica como implementar las nuevas construcciones utilizando las construcciones ya provistas por C#

También se ha definido una extensión al nuevo enfoque para dar soporte a las invariantes, definida en la programación por contrato, pero no incluidas en el nuevo enfoque por la complejidad que añaden y el poco valor que aportan ante la mayoría de las situaciones, el nuevo enfoque provee de construcciones alternativas para las aplicaciones más útiles de las invariantes de clases.

20. Resultados: el compilador

Se ha construido un compilador (denominado cgmcs) que admite parte de las nuevas construcciones modificando el compilador ya existente para C# del proyecto Mono, las nuevas construcciones soportadas son:

- Implementación de aspectos de inspección.
- Implementación de contratos.
- Implementación de propiedades envolventes.
- Asegurar que el campo autocontenido sea únicamente utilizado por su propiedad envolvente.
- Aplicación de uno o varios contratos y/o aspectos de inspección sobre métodos, propiedades, constructores, constructores estáticos y redefinición de operadores.
- Aplicación de aspectos instanciados.
- Aplicación de contratos instanciados.
- Utilización de expresiones al momento de aplicar un aspecto o contrato, tanto para obtener la instancia de este como para indicarle sus argumentos.

Haber añadido todas estas construcciones al compilador gmcs no afecta a su comportamiento normal, por lo que el compilador sigue siendo compatible con las construcciones que este ya soportaba.

21. Caso de estudio

Como caso de estudio se ha seleccionado un software ya existente que ha sido desarrollada por completo sin realizar separación de competencias, en ella se ha buscado identificar algunas competencias y calcular el ahorro de código de haberse realizado la separación. El software seleccionado es SGEM (Sistema de Generación y Envío de Mensajes), que consta de 48.786 líneas de código escritas en C# distribuidas en 400 archivos.

Al estudiar el código se identificaron varias competencias, de las cuales se seleccionaron dos de ellas (las más significativas):

- Competencia de escritura en el logger las entradas que corresponden al nivel debug, en las que se registra que se está ingresando y/o que se está abandonado un método.
- Competencia de tratamiento de errores de base de datos.

En el estudio se encontró que al separar las dos competencias seleccionadas mejoraba notablemente la legibilidad del código, facilitaba las tareas de mantenimiento y se reducían significativamente la cantidad de líneas de códigos del sistema. De haber realizado la separación de las competencias seleccionadas se habría ahorrado el 18,25 % del código total del sistema (en la implementación de acceso a base de datos el ahorro alcanza el 36,19 % del código).

22. Conclusiones

Se ha diseñado un nuevo enfoque de programación al que se le ha denominado "Programación por Chequeo" que permite la separación de competencias (muy especialmente las competencias de control de errores) y de la funcionalidad básica de los métodos basándose en la programación orientada a objetos. Este nuevo enfoque en cierta medida resulta ser un casamiento entre la programación por contrato y la programación orientada a aspectos, tomando de ellas sus virtudes y deslastrándose de sus complicaciones; uniendo así estos dos enfoques que no tienen un aparente punto en común.

Realizar la separación de competencias mejora notablemente la legibilidad del código, facilita las tareas de mantenimiento y se reduce significativamente la cantidad de líneas de códigos; tal como se muestra en el caso de estudio, en el cual aparte de haber obtenido los beneficios ya citados, de haberse

hecho la separación de competencias, se habría ahorrado el 18,25 % del código total del sistema; incluso, en la implementación de acceso a base de datos el ahorro alcanza el 36,19 % del código; hay que resaltar que para el caso de estudio solo se seleccionaron dos competencias de las varias existentes, por lo que el ahorro podría ser mayor.

Para dar soporte al nuevo enfoque se ha tomado como base el lenguaje de programación C# y se ha definido una extensión a este; que, sin romper con la compatibilidad con el código C# válido, le añade a este la capacidad de realizar la separación de competencias según lo dispuesto por la Programación por Chequeo, permitiendo así disfrutar de las ventajas de la separación de competencias en este lenguaje. También se definió una forma de implementar las nuevas construcciones utilizando C# estándar así como se implementó un compilador que acepta un subconjunto de estas.

Las capacidades de la Programación por Chequeo no se limitan a lo provisto por esta, ya que en ella se establece un marco flexible y extensible de trabajo de utilización genérica, y si se combina con patrones de diseño se puede tener aplicaciones muy poderosas; por ejemplo, se podría tener una fábrica de aspectos que lea de un xml las acciones que va a ejecutar en `pre`, post y `handler`, permitiendo así ajustar su comportamiento en tiempo de ejecución sin tener que recompilar la aplicación.

La elaboración de este trabajo ha sido ardua ya que se está trabajando con temas que son novedosos e inmaduros, en los que no existe mucha documentación escrita, por lo que necesario recurrir a documentos de conferencias y trabajos de grados. Con la Programación por Chequeo se busca dar un poco más de madurez a las ideas de la separación de competencias y hacerlas más factibles de utilizar en el proceso de desarrollo de software.

23. Recomendaciones: nuevas líneas de estudio

Siempre es preferible que un error se detecte en tiempo de compilación que en tiempo de ejecución, basándose en esta premisa, se podría dotar al compilador de la capacidad de identificar posibles violaciones a las cláusulas de los contratos. Véase el siguiente código:

```
static class EsParChecker
{
 public static checker(int numero)
 {
  (numero % 2)==0      else throw
      new   NumeroNoParException()
 }
}

static class Ejemplo
{
 static int GenerarNumeroPar()
  ensure {
      check EsParChecker(returned)
 }
{ /* ... */ }

static int GenerarOtroNumero()
{ /* ... */ }

static int Consumir(int numero)
  require {
      check EsParChecker(numero)
 }
{ /* ... */ }

static void Prueba()
{
 int a = GenerarNumeroPar();
 // a cumple con
 // EsNumeroParChecker,
 // sin importar su valor

 Consumir(a);
 // no habrá problemas,
 // a cumple los requisitos

 int b = GenerarOtroNumero();
 // b podría ser cualquier
 // número, no necesariamente
 // cumple con EsParChecker
 // (no lo garantiza, no está
 // en la clausula ensure
 // de GenerarOtroNumero() )

 Consumir(b);
 // esta llamada es un potencial
 // punto de fallo, ya que el
 // argumento no necesariamente
 // satisface las precondiciones
 // del método. El compilador
```

```
  // podría notificar la
  // posibilidad de que en este
  // punto ocurra un fallo.
  }
}
```

Basándose en los requerimientos y garantías de cada contrato, el compilador podría tratar al código como una máquina de estados (donde cada estado es representado por cláusulas de contratos – chequeadores –) y buscaría todos los cambios de estados que no sean seguros (aquellos en donde las garantías no satisfacen los requerimientos).

Un compilador que trabaje con este esquema permitiría identificar en tiempo de compilación un sin número de fallos que de otra manera solo serían detectables en tiempo de ejecución (en pruebas o en producción).

24. Recomendaciones: Complemento deseable

Dotar al lenguaje con la capacidad de tener referencias que no admitan nulo es un buen complemento para la programación por chequeo, ya que muchas de las precondiciones son restricciones que comprueban que un argumento no sea nulo.

Ejemplo: sin soporte a referencias no nulas

```
void GuardarEnDisco(object objeto)
      require {
      objeto != null else throw
        new ArgumentNullException()
  }
{ /* ... */ }
```

Al incluir el soporte a referencias no nulas el compilador puede detectar en tiempo de compilación el intento de asignar un valor nulo a un elemento que no lo admite.

Ejemplo: reescritura del ejemplo anterior utilizando la notación de Spec#

```
void GuardarEnDisco(object! objeto)
{ /* ... */ }
```

Al incluir soporte a referencias no nulas se reduce la necesidad de escribir precondiciones para este caso tan particular, común y repetitivo; simplificando aun más el código y reduciendo la posibilidad de introducir errores.

25. Recomendaciones: Estrategias de implementación

Si se desea construir o modificar un compilador para dar soporte la programación por chequeo, las siguientes recomendaciones que hay que tener en cuenta:

Para implementar adecuadamente las reglas y construcciones definidas en la programación por chequeo realizar transformaciones de código a nivel del preprocesador no es suficiente, se requiere una integración más profunda con el compilador, sobre todo al momento de la aplicación de los aspectos y contratos, en la que hay que decidir cuál es la sobrecarga a invocar.

Para dar soporte a la programación por chequeo no es necesario realizar modificaciones a la máquina virtual, se puede incorporar todas las nuevas reglas y construcciones al compilador y hacer que este las resuelva en tiempo de compilación; si embargo, si se desea utilizar varios lenguajes de programación sin que esto cause inconvenientes sería conveniente soportar las nuevas reglas y construcciones a nivel de la máquina virtual (en especial las relacionadas a la herencia de los contratos).

26. Referencias

[1] Aho, Alfred; Sethi, Ravi y Ullman, Jeffrey (1998). Compiladores. Principios, técnicas y herramientas Addison Wesley.

[2] Altman, Rubén y Cyment, Alan (2004). SetPoint: Un enfoque semántico parala resolución de pointcuts en AOP. Tesis de Licenciatura, Licenciatura en Computación, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

[3] Balagurusamy, E (2007). Programación orientada a objetos con C++. McGraw-Hill. 3ra. Ed.

[4] Casas, Sandra; Marcos, Claudia; Vanoli, Verónica; Reinaga, Héctor; Sierpe, Luis; Pryor, Jane y Saldivia, Claudio (2005). Administración de Conflictos entre Aspectos en AspectJ. Paper, Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Unidad Académica Río Gallegos y, UNICEN, ISISTAN Research Institute, Argentina

Grupo de Gestión de la Tecnología. El ciclo de vida [en linea]. Universidad Politécnica de Madrid <http://www.getec. etsit.upm.es/docencia/gproyectos/planificacion /cvida.htm> [Consulta: 22 de septiembre de 2007]

[5] Heileman, Gregory (1998). Estructuras de Datos, Algoritmos, y Programación Orientada a Objetos. McGraw-Hill.

[6] Joyanes, Luis y Fernandez, Matilde (2002). C#. Manual de programación. McGraw-Hill.

[7] Joyanes, Luis y Zahonero, Ignacio (2002). Programación en Java 2. Algoritmos, Estructuras de Datos y Programación Orientada a Objetos. McGraw-Hill.

[8] Joyanes, Luis (1998). Programación orientada a objetos. McGraw-Hill. 2da. Ed.

[9] Larman, Craig (2003). UML y Patrones. Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado. Prentice Hall. 2a. ed.

[10] Mckim, James (1996). Programming by Contract. IEEE Computer Society. Marzo de 1996

[11] Meyer, Bertrand (1999). Construcción de software orientado a objetos. Prentice Hall.

[12] Nieto, Juan (2003). Programación orientada a aspectos aplicada a tecnologías WEB. Proyecto Fin de Carrera, Ingeniería Informática, Universidad de Sevilla, Sevilla, España

[13] Plosh, Reinhold (1996). Tool Support for Design by Contract. IEEE Computer Society. Proceedings of TOOLS - 26 Conference, Santa Barbara 1998

[14] Pressman, Roger (2005). Ingeniería del software. Un enfoque práctico McGraw-Hill. 6ta. Ed.

[15] Quintero, Antonia (2000). Visión General de la Programación Orientada a Aspectos. Paper, Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Sevilla, Sevilla, España

[16] Rancán, Claudio Jorge (2003). Gestión de configuración de productos software en etapa de desarrollo. Trabajo final, Especialidad en control y gestión de software, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

[17] Rossel, Gerardo y Manna, Andrea (2003). Diseño por Contratos: construyendo software confiable [En línea]. Revista Digital Universitaria. 01 octubre 2003, vol. 5 no. 5 <http://www.revista.unam.mx/vol.4/num5/ art11/art11.htm> [Consulta: 12 de octubre de 2006]

[18] Sarwar, Syed M.; Koretski, Robert y Sarwar, Syed M. (2003). El libro de LINUX. Addison Wesley.

[19] Schildt, Herbert (2003). C#. Manual de referencia. McGraw-Hill.

[20].- Torrealba, William (2003). Introducción a la teoría de traductores e intérpretes. Guía de clases, Ingeniería Informática, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela

[21] Tourwé, Tom; Brichau, Johan y Gybels, Kris (2003). On the existence of the AOSD-Evolution Paradox. Workshop on Software-engineering Properties of Languages for Aspect Technologies. AOSD

[22] Wikipedia, La enciclopedia libre. Programación orientada a objetos [en linea]. <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Programaci%C3%B3n_orientada_a_objetos&oldid=11105792> [Consulta: 7 de septiembre del 2007]

[23] Wikipedia, La enciclopedia libre. Programación Orientada a Aspectos [en linea]. <http://es.wikipedia.org/w/in-

dex.php?title=Programaci%C3%B3n_Orientada_a_Aspectos&oldid=10168934> [Consulta: 7 de septiembre del 2007]

[24] Wikipedia, The Free Encyclopedia. Research and development [en linea]. <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Research_and _development&oldid=158726790> [Consulta: 22 de septiembre de 2007]

ÍNDICE POR AUTORES

Apellido	Nombre	Nombre del artículo	En	Edición
Adames M.	José	Estudio Nutricional de las Hojas de Grifo Negro (Mocrolobium Bicuspidatum).	Estudios	Tekhné Nº 07
Aguerrevere	Carlos	Máquina de Carlos Aguerrevere.	Estudios	Tekhné Nº 06
Aguerrevere	Carlos	Continuación de la máquina de Carlos Aguerrevere	Estudios	Tekhné Nº 08
Alfaro	Jorge	La información como una Capacidad Organizacional: Un planteamiento en el contexto de Modelos de Alineamiento y desde la Perspectiva de Recursos y Capacidades.	Estudios	Tekhné Nº 09
Álvarez	Jessica	Estudios Técnico-Económicos de Operaciones de Suministro de Energía Eléctrica a una mediana empresa	Estudios	Tekhné Nº 02
Álvarez Hernández	Daniel	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.	Estudios	Tekhné Nº 06
Angulo	Jorge	Desarrollo de una Herramienta de Medición de Desempeño en Transmisión de Datos para una Red CDMA 1xEVDO	Estudios	Tekhné Nº 10
Anzola	Alfredo	Nanotecnología	Artículos	Tekhné Nº 02
Aponte	Angel	Autómatas Celulares y su Aplicación a la Modelación del Tráfico Automotor en la Ciudad de Caracas	Estudios	Tekhné Nº 10
Araya	Sergio	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.	Estudios	Tekhné Nº 09
Arcetti	Sergio	Ingeniería sanitaria	Estudios	Tekhné Nº 01
Arcetti	Sergio	Destilador solar de usos múltiples	Estudios	Tekhné Nº 02
Arvelo Luján	Ángel Francisco	Evaluación de la capacidad de calidad de un proceso industrial, por métodos estadísticos	Estudios	Tekhné Nº 02
Autores Varios		Correlación entre Falla de Suelo y condiciones del Suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.	Estudios	Tekhné Nº 06
Banchs	Rafael	Redes Neuronales para la caracterización de yacimientos: Del Mito a las Aplicaciones Prácticas.	Estudios	Tekhné Nº 08
Barreiro	María	El terremoto de Cariaco del 9 de Julio de 1997	Estudios	Tekhné Nº 03
Barroso Osorio	Manuel	Destilador solar de usos múltiples	Estudios	Tekhné Nº 02
Baturay	M.B.	Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.	Estudios	Tekhné Nº 06
Belardi	Nelson	Formación continua. Cursos de extensión	Información General	Tekhné Nº 01
Biord	Horacio	VIH-SIDA: una reflexión sobre los retos	Estudios	Tekhné Nº 01
Bonilla	Guillermo	Regionalizar Coeficientes de Diseño de Mezclas de Concreto para desarrollar viviendas de interés social.	Estudios	Tekhné Nº 06
Bonilla	Guillermo	Guía NCHRP 1-37 A. Rompiendo Paradigmas en el Diseño de Pavimentos.	Estudios	Tekhné Nº 07
Bonilla	Guillermo	Diseño experimental para ingenieros civiles	Estudios	Tekhné Nº 08
Bonilla	Guillermo	Agregados Finos, Propuesta de Límites Granulométricos para la elaboración de Concretos.	Estudios	Tekhné Nº 09
Bonilla	Guillermo	Caracterización de agregados por Zonas Geográficas. Extensión del método del Manual de Concreto Estructural	Estudios	Tekhné Nº 10
Bray	Jonathan D.	Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.	Estudios	Tekhné Nº 06
Bufanda	Juan	El indicador de Seguridad en Construcción ISC.	Estudios	Tekhné Nº 08

Buonanno	Nicola	Estudios técnico-económicos de operaciones de suministro de energía eléctrica a una mediana empresa.	Estudios	Tekhné Nº 02
Buroz Castillo	Eduardo	El desarrollo de la Ingeniería Ambiental	Artículos Breves	Tekhné Nº 01
Caldentey	Lorenzo	La profesión de gerente de proyectos	Artículos Breves	Tekhné Nº 01
Campo C.	Rafael F.	Propuestas para la recuperación, operación y mantenimiento de sistemas de ventilación en túneles de carretera. Caso específico Túnel de Boquerón I	Estudios	Tekhné Nº 03
Cárdenas	Karen	Sistemas de amortiguación de vibraciones, para equipos de alta sensibilidad	Estudios	Tekhné Nº 02
Carapaica	Orielisa	Herramienta software para el análisis de problemas cuya abstracción se fundamenta en grafos	Estudios	Tekhné Nº 10
Carrano	Andrés	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	Estudios	Tekhné Nº 02
Carrano	Andrés	El acercamiento cooperativo de las fábricas de aprendizaje y su impacto en los estilos de aprendizaje	Estudios	Tekhné Nº 03
Casanas	Diego	Modelo estratégico de la planificación de inventarios	Estudios	Tekhné Nº 02
Castro	Enrique	Sistemas de amortiguación de vibraciones, para equipos de alta sensibilidad	Estudios	Tekhné Nº 02
Cedeño	Alexander	Estudios sobre los esfuerzos de adherencia desarrollados entre el acero y el concreto con cabillas de diámetro 3/8", 5/8", 3/4", 1".	Estudios	Tekhné Nº 05
Chacón	Lorena	Analisis y rediseño del sistema de cobertura para television abierta de RCTV en la zona del litoral central de Venezuela	Estudios	Tekhné Nº 10
Chang	Daniel	Modelo de Operación del CIDI-UCAB basado en la Gerencia del Conocimiento y soportado en la Tecnología de la información.	Estudios	Tekhné Nº 08
Chaparro	Julián	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.	Estudios	Tekhné Nº 09
Chaparro	Julián	Influencia de la Participación del Usuario en su desempeño Individual. Análisis de los Factores de Implementación de los Sistemas de Información.	Estudios	Tekhné Nº 09
Chirico	Angelo	Ingeniería informática	Estudios	Tekhné Nº 01
Christensen	Curt	Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.	Estudios	Tekhné Nº 06
Contreras	Axel	Modelo de Operación del CIDI-UCAB basado en la Gerencia del Conocimiento y soportado en la Tecnología de la información.	Estudios	Tekhné Nº 08
Crespo O	Luis	Los tres problemas griegos (sin solución)	Artículos Breves	Tekhné Nº 01
De Jesús	Alvaro	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	Estudios	Tekhné Nº 10
De Sá Fernández	Luis B.	Propuestas para la recuperación, operación y mantenimiento de sistemas de ventilación en túneles de carretera. Caso específico Túnel de Boquerón I	Estudios	Tekhné Nº 03
Delgado	Alasia	Herramienta software para el análisis de problemas cuya abstracción se fundamenta en grafos	Estudios	Tekhné Nº 10
Díaz Lang	Cesar	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.	Estudios	Tekhné Nº 06

Dos Santos	Danny	Sistema Autónomo de Desplazamiento en Robots con Reconocimiento de Patrones Geométricos Regulares.	Estudios	Tekhné Nº 08
Durguno_lu	H.T.	Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.	Estudios	Tekhné Nº 06
Echagaray	Edith	Sistemas de amortiguación de vibraciones, para equipos de alta sensibilidad	Estudios	Tekhné Nº 02
Etayo	Arazaty	Diseño de un plan para mejorar el sistema de comercialización de una compañía comercializadora de productos de consumo masivo con sus principales clientes	Estudios	Tekhné Nº 05
Fazzino	Michelangelo	Mouse para minusválidos.	Estudios	Tekhné Nº 08
Fernández	Vanesa	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.	Estudios	Tekhné Nº 07
Figueroa	Rubén	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.	Estudios	Tekhné Nº 06
Fleischer	Jonathan	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	Estudios	Tekhné Nº 10
Font	Jon	MESEM: Mecanismo de Seguridad para Productos Multimedia.	Estudios	Tekhné Nº 06
Gallo	Armando	Mantenimiento preventivo al TPM	Estudios	Tekhné Nº 02
Giunta	Maximiliano	Aplicación de las tecnologías CAD/CAE en el ámbito de la Ingeniería concurrente: caso de un equipo médico.	Estudios	Tekhné Nº 05
Gómez	Arsenio	Desarrollo de una Herramienta de Medición de Desempeño en Transmisión de Datos para una Red CDMA 1xEVDO	Estudios	Tekhné Nº 10
Goncalves	Yolanda	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.	Estudios	Tekhné Nº 08
González	Jhonny	Estudios sobre los esfuerzos de adherencia desarrollados entre el acero y el concreto con cabillas de diámetro 3/8", 5/8", 3/4", 1".	Estudios	Tekhné Nº 05
Gorrochotegui	Alfredo	"La Bioética en la Cultura de los Gerentes y Líderes Avanzados"	Estudios	Tekhné Nº 10
Grases	José	Sismicidad Histórica y Modelos Sismotectónicos Sustento de Índices de Peligrosidad Sísmica.	Estudios	Tekhné Nº 09
Grases	José	No al Hullabaloo y al Burra.	Artículos	Tekhné Nº 05
Groscors	Julio A.	Rediseño de la red de distribución de suministros a nivel nacional de una empresa de Tele-Comunicaciones	Estudios	Tekhné Nº 02
Guerrero	A.	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.	Estudios	Tekhné Nº 04
Gutiérrez	Arnaldo	Diseño, ejecución e inspección de soldaduras en edificaciones según la nueva norma COVENIN-MINDUR 1618-98.	Estudios	Tekhné Nº 04
Gutiérrez	Arnaldo	Una escultura para la enseñanza de Proyectos de Estructuras de Acero.	Estudios	Tekhné Nº 06
Hernández	Ángel	Caracterización de los Sistemas de Información Basados en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Móviles.	Estudios	Tekhné Nº 09
Hernández	Julio Javier	Desarrollo en el área de estructuras, para la Norma Antisísmica	Estudios	Tekhné Nº 02
Herrera	Daniel	Flash: excelente herramienta para un multimedia educativo.	Artículos	Tekhné Nº 05
Herrera	Janeth	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.	Estudios	Tekhné Nº 06
Hummelgens	P.F.	Un tratamiento matemático de la rigidez torsional de una planta de edificio con pórticos en direcciones arbitrarias.	Estudios	Tekhné Nº 04

Hummelgens	P.F.	Soluciones del medio continuo aplicables a perfiles de carga generalizables, a partir de la ecuación diferencial de Murashev, Sigalov y Baykov. Parte I.	Estudios	Tekhné Nº 05
Hummelgens	P.F.	Soluciones del medio Continuo aplicables a perfiles de cargas generalizables, a partir de la Ecuación Diferencial de Murashev, Sigalov y Baykov. Parte II.	Estudios	Tekhné Nº 06
Hummelgens	Peter	Fuerza Puntual en el Tope	Estudios	Tekhné Nº 07
Hummelgens	Peter	Fuerza Puntual a una Altura Arbitraria.	Estudios	Tekhné Nº 07
Hummelgens	Peter	Perfil de Carga Arbitraria.	Estudios	Tekhné Nº 07
Hummelgens	Peter	Solución con múltiples cargas puntuales distribuidas arbitrariamente	Estudios	Tekhné Nº 07
Hummelgens	Peter	Estudio de las condiciones de borde para la ecuación diferencial de Murashev Sigalov Baykov.	Estudios	Tekhné Nº 09
Iglesias	Santiago	Caracterización de los Sistemas de Información Basados en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Móviles.	Estudios	Tekhné Nº 09
Javier Pérez	Francisco	El ingeniero Alfredo Jahn. Contribución lingüística.	Artículos	Tekhné Nº 04
Karadayilar	Turhan	Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.	Estudios	Tekhné Nº 06
Larrazabal	Gustavo	Estudio de la Factibilidad Técnico-Económica para la Creación de una Empresa de Cartón Microcorrugado y Litolaminado.	Estudios	Tekhné Nº 09
Lascurain	Joseba A.	Ventajas de la ecuación de estado de Peng-Robinson	Estudios	Tekhné Nº 02
Lascurain	Joseba A.	La ingeniería Industrial y el ambiente	Artículos	Tekhné Nº 03
Lascurain	Joseba A.	Modelos matemáticos para el diseño de equipos separadores gas-gas en procesos de permeación	Estudios	Tekhné Nº 03
Lascurain	Joseba A.	El SI y las Leyes sobre Pesas y Medidas. Parte I.	Estudios	Tekhné Nº 04
Lascurain	Joseba A.	El SI y las Leyes sobre Pesas y Medidas. Parte II.	Estudios	Tekhné Nº 04
Lascurain	Joseba A.	Lo que no vio Stillman Drake en Galileo. Parte I.	Estudios	Tekhné Nº 05
Lascurain	Joseba A.	Lo que no vio Stillman Drake en Galileo. Parte II.	Estudios	Tekhné Nº 06
Lascurain	Joseba A.	La Ingeniería Industrial y el ambiente.	Estudios	Tekhné Nº 07
Lippke	Francisco	Diseño conceptual de distribución de una planta de fabricación de tableros eléctricos	Estudios	Tekhné Nº 02
Lirio	Beatríz	Sismicidad Histórica y Modelos Sismotectónicos Sustento de Índices de Peligrosidad Sísmica.	Estudios	Tekhné Nº 09
López	Lorena	Análisis del sistema de comunicaciones asociado a la red eléctrica de la región central de CADAFE	Estudios	Tekhné Nº 10
López	María Isabel	Estudio del equilibrio líquido-vapor de una solución acuosa no ideal. Sistema metanol-agua.	Estudios	Tekhné Nº 05
López	María Isabel	Flash: excelente herramienta para un multimedia educativo.	Artículos	Tekhné Nº 05
López	María Isabel	Reflexiones acerca de la evolución de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).	Estudios	Tekhné Nº 06
Luzardo	Melissa	Estudio Nutricional de las Hojas de Grifo Negro (Mocrolobium Bicuspidatum).	Estudios	Tekhné Nº 07
Malaver	Alfonzo	Actividad sismológica y acelerográfica en Venezuela en el período 1970 – 1990	Estudios	Tekhné Nº 01
Malaver	Alfonzo	El terremoto de Cariaco del 9 de Julio de 1998	Estudios	Tekhné Nº 03
Marcano	Isis	Análisis del sistema de comunicaciones asociado a la red eléctrica de la región central de CADAFE	Estudios	Tekhné Nº 10
Marinel	Luís	Sistemas de amortiguación de vibraciones, para equipos de alta sensibilidad	Estudios	Tekhné Nº 02
Márquez	N.	Ventajas de la ecuación de estado de Peng-Robinson	Estudios	Tekhné Nº 02

Márquez	N.	Modelos matemáticos para el diseño de equipos separadores gas-gas en procesos de permeación	Estudios	Tekhné Nº 03
Martínez	José	Una visión acerca de la instrumentación y control electrónicos en nuestras vidas	Varios	Tekhné Nº 01
Martínez	Marcos	Diseño conceptual de distribución de una planta de fabricación de tableros eléctricos	Estudios	Tekhné Nº 02
Martínez	Marino	Diseño de un Catálogo de Cuentas para el control de costos de construcción de empresas constructoras.	Estudios	Tekhné Nº 07
Matute	Mariela	La Ingeniería Concurrente: filosofía de trabajo del siglo XXI	Estudios	Tekhné Nº 03
Medina	J. Melchor	Influencia de la Participación del Usuario en su desempeño Individual. Análisis de los Factores de Implementación de los Sistemas de Información.	Estudios	Tekhné Nº 09
Méndez Ramírez	C. T.	Recomendaciones de Diseño para la Construcción de Tablestacas para Refuerzo de Puertos Marítimos.	Estudios	Tekhné Nº 08
Mendoza	Adalberto	Implantación de una Metodología de Control de Gestión en PYMES de Manufactura.	Estudios	Tekhné Nº 09
Mengual F.	Mario	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	Estudios	Tekhné Nº 01
Meter	Hummelgeus	Estudio de las condiciones de Borde para la Ecuación Diferencial.	Estudios	Tekhné Nº 09
Miralles	Wickard	Acreditación de los programas de Ingeniería Civil	Estudios	Tekhné Nº 01
Miralles	Wickard	Plan estratégico para Caracas	Varios	Tekhné Nº 01
Moreno	José	Autómatas Celulares y su Aplicación a la Modelación del Tráfico Automotor en la Ciudad de Caracas	Estudios	Tekhné Nº 10
Mostany	J.	Distribución espacial de núcleos electrocristalizados	Estudios	Tekhné Nº 03
Muñóz	E.E.	Estimación de la Confiabilidad Estructural de una Edificación. Indispensable Mediante Análisis No Lineales Estáticos de Pushover.	Estudios	Tekhné Nº 09
Naranjo	E.	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.	Estudios	Tekhné Nº 04
Narváez	Mayra	Ingeniería de Telecomunicaciones.	Varios	Tekhné Nº 05
Nieto F.	José	Criterios de diseño del sistema de disipación sísmica en los viaductos del ferrocarril Caracas-Tuy Medio.	Estudios	Tekhné Nº 05
O'daly	Alejandro	Influencia de la resistencia del concreto en el costo de los proyectos de edificaciones multifamiliares.	Estudios	Tekhné Nº 05
Ochoa	José	Recursos hídricos y desarrollo sustentable	Estudios	Tekhné Nº 01
Ochoa Iturbe	José	La problemática del agua en el siglo XXI	Artículos	Tekhné Nº 03
Önalp	Akin	Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.	Estudios	Tekhné Nº 06
Orero	Alejandro	La información como una Capacidad Organizacional: Un planteamiento en el contexto de Modelos de Alineamiento y desde la Perspectiva de Recursos y Capacidades.	Estudios	Tekhné Nº 09
Orero	Alejandro	Caracterización de los Sistemas de Información Basados en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Móviles.	Estudios	Tekhné Nº 09
Ortiz	Lourdes	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.	Estudios	Tekhné Nº 09
Ortiz	Lourdes	Herramienta software para el análisis de problemas cuya abstracción se fundamenta en grafos	Estudios	Tekhné Nº 10
Ortiz Sosa	Lourdes Maritza	Modelo de Clasificación y Evolución de Metodología de Desarrollo de Proyectos de Sistemas de Información.	Estudios	Tekhné Nº 07

Ortiz Sosa	Lourdes Maritza	Apreciación defectuosa de la tecnología de Información y Comunicación. Un enlace entre planeación estratégica y la gestión del conocimiento organizacional.	Estudios	Tekhné Nº 07
Ortiz Sosa	Lourdes Maritza	Gestión de Conocimiento Tácito presente en la UCAB y en AUSJAL.	Estudios	Tekhné Nº 08
Ortiz Sosa	Lourdes Maritza	Gestión de Conocimiento Tácito en Universidades Jesuitas de América Latina: Modelo para el desarrollo de la investigación	Estudios	Tekhné Nº 08
Osers	Rodolfo	Acreditación de los programas de Ingeniería Civil	Estudios	Tekhné Nº 01
Pacheco	Luis	Rapad Prototyping: una herramienta para el diseño de productos	Estudios	Tekhné Nº 03
Palacios MS	Luis Enrique	La educación integral. El intercambio tecnológico en la formación del ingeniero	Artículos	Tekhné Nº 02
Paparoni	M.	Un tratamiento matemático de la rigidez torsional de una planta de edificio con pórticos en direcciones arbitrarias.	Estudios	Tekhné Nº 04
Paparoni	M.	Fuerza Puntual en el Tope.	Estudios	Tekhné Nº 07
Paparoni	M.	Fuerza Puntual a una Altura Arbitraria.	Estudios	Tekhné Nº 07
Paparoni	M.	Perfil de Carga Arbitraria.	Estudios	Tekhné Nº 07
Paparoni	M.	Solución con Múltiples Carfas Puntuales distribuidas arbitrariamente	Estudios	Tekhné Nº 07
Paparoni	Mario	Soluciones del medio continuo aplicables a perfiles de carga generalizables, a partir de la ecuación diferencial de Murashev, Sigalov y Baykov. Parte I.	Estudios	Tekhné Nº 05
Paparoni	Mario	Soluciones del medio Continuo aplicables a perfiles de cargas generalizables, a partir de la Ecuación Diferencial de Murashev, Sigalov y Baykov. Parte II.	Estudios	Tekhné Nº 06
Paparoni	Mario	Estudio de las condiciones de Borde para la Ecuación Diferencial.	Estudios	Tekhné Nº 09
Parra Rosales	José	Evaluación probabilística de confiabilidad estructural, ante acciones sísmicas en instalaciones petroleras	Estudios	Tekhné Nº 02
Pastor	José	Rapad Prototyping: una herramienta para el diseño de productos	Estudios	Tekhné Nº 03
Paternóster	Remy	Implantación de una Metodología de Control de Gestión en PYMES de Manufactura.	Estudios	Tekhné Nº 09
Paz	Patricia	La Ingeniería Concurrente: filosofía de trabajo del siglo XXI	Estudios	Tekhné Nº 03
Peña	Carolina	Diseño de Alternativas de un pupitre para los alumnos de pregrado de la Universidad Católica Andrés Bello.	Estudios	Tekhné Nº 09
Peña	Gustavo	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.	Estudios	Tekhné Nº 08
Peñalver	Rafael	Sistema Autónomo de Desplazamiento en Robots con Reconocimiento de Patrones Geométricos Regulares.	Estudios	Tekhné Nº 08
Pereira	José Luis	Evaluando los proyectos del día a día	Artículos Breves	Tekhné Nº 01
Pérez	César	Diseño de Alternativas de un pupitre para los alumnos de pregrado de la Universidad Católica Andrés Bello.	Estudios	Tekhné Nº 09
Pérez	Francisco Javier	Imágenes del proceso de la Revista Técnica del Ministerio de Obras públicas	Artículos	Tekhné Nº 02
Pérez Ayala	Hugo Ignacio	Un proyecto para el estado Vargas.	Artículos	Tekhné Nº 04
Pérez Bravini	Luis Felipe	Desarrollo de un Sistema Estratégico de Planificación de Inventarios, como Soporte al proceso de Expansión de la Red Celular, en una Empresa de Telecomunicaciones.	Estudios	Tekhné Nº 04
Pérez H.	Robert	Criterios de diseño del sistema de disipación sísmica en los viaductos del ferrocarril Caracas-Tuy Medio.	Estudios	Tekhné Nº 05
Pirraglia	Adrián	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	Estudios	Tekhné Nº 10

Prieto	J.A.	Estimación de la Confiabilidad Estructural de una Edificación. Indispensable Mediante Análisis No Lineales Estáticos de Pushover.	Estudios	Tekhné Nº 09
Quintero	William Lobo	Diseño sismorresistente basado en el desempeño de las estructuras.	Estudios	Tekhné Nº 05
Radina	Domingo A.	Influencia de la resistencia del concreto en el costo de los proyectos de edificaciones multifamiliares.	Estudios	Tekhné Nº 05
Rafael	Ramón	El indicador de Seguridad en Construcción ISC.	Estudios	Tekhné Nº 08
Ramos	A.	Estimación de la Confiabilidad Estructural de una Edificación. Indispensable Mediante Análisis No Lineales Estáticos de Pushover.	Estudios	Tekhné Nº 09
Riera	Dulce	Diseño de Alternativas de un pupitre para los alumnos de pregrado de la Universidad Católica Andrés Bello.	Estudios	Tekhné Nº 09
Ríos	José Manuel	El curso propedéutico	Información General	Tekhné Nº 01
Ríos	José Manuel	La escuela de Ingeniería informática estrena su primera directiva	Varios	Tekhné Nº 02
Ríos	José Manuel	Lo que usted puede encontrar en la Web y no se atrevía a preguntar	Varios	Tekhné Nº 02
Ríos	José Manuel	Creación de CID	Varios	Tekhné Nº 02
Rondón	Gabriel	Sistemas de amortiguación de vibraciones, para equipos de alta sensibilidad	Estudios	Tekhné Nº 02
Rosemary	Di Felice Gatti	Elaboración de un plan para la Gestión de Riesgo en una planta de Molienda de Trigo.	Estudios	Tekhné Nº 07
Ruíz	D.M.	Estimación de la Confiabilidad Estructural de una Edificación. Indispensable Mediante Análisis No Lineales Estáticos de Pushover.	Estudios	Tekhné Nº 09
Ruiz Sobaja	A.	Recomendaciones de Diseño para la Construcción de Tablestacas para Refuerzo de Puertos Marítimos.	Estudios	Tekhné Nº 08
Sabal	Miguel	Diseño e Implementación de un Sistema para el Control, Supervisión y Gestión de Redes Basadas en el Protocolo IPv4	Estudios	Tekhné Nº 10
Salcedo	Dayana	Diseño de un Sistema de reconocimiento del habla para controlar dispositivos electricos	Estudios	Tekhné Nº 10
Sánchez	Oswell	Mouse para minusválidos.	Estudios	Tekhné Nº 08
Sánchez Boscán	José E.	Elaboración de un plan para la Gestión de Riesgo en una planta de Molienda de Trigo.	Estudios	Tekhné Nº 07
Sancio	Rodolfo	Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.	Estudios	Tekhné Nº 06
Santibáñez	David	El Flujo de caja Descontado. (Discounted Cash Flow).	Estudios	Tekhné Nº 06
Scharifker	B.R.	Distribución espacial de núcleos electrocristalizados	Estudios	Tekhné Nº 03
Schmidt H.	Ludwing	Del "ingeniero" a la "ingeniería"	Artículos Breves	Tekhné Nº 01
Secretaría Facultad		Trabajos especiales de grado. Año lectivo 1995-1996	Varios	Tekhné Nº 01
Secretaría Facultad		Directorio profesional. Facultad de Ingeniería. Segundo semestre, Año 1995-1996	Información General	Tekhné Nº 01
Seed	Raymond B.	Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.	Estudios	Tekhné Nº 06
Serrano	D.	Estudio comparativo de Dializadores Comerciales, Reacciones de hipersensibilidad.	Estudios	Tekhné Nº 02
Serruya	Abraham	Distribución espacial de núcleos electrocristalizados	Estudios	Tekhné Nº 03
Serruya	Abraham	Estudio del equilibrio líquido-vapor de una solución acuosa no ideal. Sistema metanol-agua.	Estudios	Tekhné Nº 05
Sirit	Yelitza	Regionalizar Coeficientes de Diseño de Mezclas de Concreto para desarrollar viviendas de interés social.	Estudios	Tekhné Nº 06
Sirit	Yelitza	Diseño experimental para ingenieros civiles.	Estudios	Tekhné Nº 08

Sirit	Yelitza	Agregados finos, propuesta de límites granulométricos para la elaboración de concretos.	Estudios	Tekhné Nº 09
Soledad	Beatriz	Estudio comparativo de Dializadores Comerciales, Reacciones de Hipersensibilidad	Estudios	Tekhné Nº 02
Soledad	Beatriz	Estudio Nutricional de las Hojas de Grifo Negro (Mocrolobium Bicuspidatum).	Estudios	Tekhné Nº 07
Solórzano	Emilio	Criterios de diseño del sistema de disipación sísmica en los viaductos del ferrocarril Caracas-Tuy Medio.	Estudios	Tekhné Nº 05
Stekman	Iván	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.	Estudios	Tekhné Nº 08
Stewart	Jonathan P.	Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.	Estudios	Tekhné Nº 06
Taylor	James B.	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	Estudios	Tekhné Nº 02
Taylor	James B.	El acercamiento cooperativo de las fábricas de aprendizaje y su impacto en los estilos de aprendizaje	Estudios	Tekhné Nº 03
Teixeira	Alejandro	Diseño de un Sistema de reconocimiento del habla para controlar dispositivos electricos	Estudios	Tekhné Nº 10
Troconis	Hilda	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.	Estudios	Tekhné Nº 07
Ucciani	Francois	Propuesta para la recuperación, operación y mantenimiento de sistemas de ventilación en túneles de carretera. Caso específico Túnel de Boquerón I.	Estudios	Tekhné Nº 03
Uribe	Luis	Transformaciones entre Clips y Flops "D_JK_T".	Estudios	Tekhné Nº 08
Uribe C.	Luis G.	CODIDAC.	Estudios	Tekhné Nº 07
Vainrub	Roberto	Tiene futuro la industria en Venezuela?	Artículos	Tekhné Nº 02
Vainrub	Roberto	Uso de las teorías de verdad para la validación de un modelo heurístico.	Estudios	Tekhné Nº 04
Vainrub	Roberto	El Flujo de caja Descontado. (Discounted Cash Flow).	Estudios	Tekhné Nº 06
Velasco	Horacio	Sistema Tuy III. Pruebas de golpe de Ariete y puesta en servicio de la tercera línea.	Estudios	Tekhné Nº 04
Velásquez	Orly Jacome	Aplicación de las tecnologías CAD/CAE en el ámbito de la Ingeniería concurrente: caso de un equipo médico.	Estudios	Tekhné Nº 05
Vera K	Daniel	Construcción de una Aplicación que interactúe con un Robot a través de la Tecnología JINI.	Estudios	Tekhné Nº 06
Vollmer	Luisa	Destilador solar de usos múltiples	Estudios	Tekhné Nº 02
Youd	T.L.	Correlación entre falla de suelo y condiciones del suelo en la Ciudad de Adapazari, Turquía.	Estudios	Tekhné Nº 06
Zambrano	C.	Estudio comparativo de Dializadores Comerciales, Reacciones de hipersensibilidad.	Estudios	Tekhné Nº 02
		Las tres carreras de la Facultad de Ingeniería de la UCAB	Información General	Tekhné Nº 01
		Especialización y maestría en Ingeniería Ambiental	Información General	Tekhné Nº 01
		Postgrado en gerencia de Proyectos	Información General	Tekhné Nº 01
		Autoridades de la Facultad de Ingeniería. Año académico 1995-1996	Información General	Tekhné Nº 01

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 que hayan sido publicados en otras revistas científicas o conferencias arbitradas. El comité editorial designa los árbitros que sean expertos reconocidos en el área sobre el cual versa cada uno de los artículos sometidos al arbitraje. Durante el proceso de evaluación los nombres de los árbitros son mantenidos confidenciales y los comentarios son reenviados a los autores.

2. 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 12.
- 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 y su correspondiente leyenda.
- Las fórmulas y ecuaciones deben estar generadas por editores de ecuaciones. Además deben estar numeradas en números arábigos y colocados en el margen derecho.
- 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 deben estar citadas, por orden de aparición, en el artículo. Cada cita se define con un número entre corchetes, en forma ascendente, que remita a su correspondiente referencia. La bibliografía puede incluir también referencias que no fueron citadas en el artículo, pero que fueron consultadas.
  - Libro:
  - [#] Apellido, Inicial Nombre. *Título del libro*. Lugar de publicación, editorial, año, pp. (Paginas consultadas).
  - Artículo de Libro:

- [#] Apellido, Inicial Nombre. "Título del Artículo". En *Título del libro*. Apellido del editor o compilador del libro (ed.) o (comp.). Lugar de publicación, editorial, año, pp.
- Artículo de Revista:
- [#] Apellido, Inicial Nombre. "Título del Artículo". Título de la revista. Lugar de Procedencia. Vol, y/o n°, pp, mes y año.
- Página de Internet:
- [#] Título del documento. Autor o Editor de la página. Nombre de la empresa o institución responsable de la página. Fecha de Consulta, Disponible: Dirección Electrónica.
- Artículo Presentado en una Conferencia:
- [#] Apellido, Inicial Nombre. (año, mes). Título. Presentado en Título de la Conferencia [Tipo de medio electrónico]. Disponible: Dirección Electrónica.

3. Consignación de Artículos.

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 que contendrá el trabajo de investigación tal como está impreso y en formato de documento de Word, pdf o latex.
- Un directorio denominado 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/ucabnuevo/index.php?seccion=190

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 presented 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 sent to the authors.

2. Format for papers.

Final submission can be delivered in MS Word or PDF format and following these indications:

- Paper should have a maximum of 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:
  - Studied problem and objectives
  - Related works and state of arts.
  - Methodology
  - Results and discusions
  - 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 (pages).
  - Article in a book:
  - [#] Last Name, Name. "Article Title". In *Book Title*. Last Name of editor or book co-ordinator (ed.) or (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. Responsible company, consulted date. 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/ucabnuevo/index.php?seccion=190

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 arbitro 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.

PLANILLA PARA LA REVISIÓN DE PROPUESTAS DE ARTÍCULOS REVISTA TEKHNÉ

TITULO:

FECHA DE RECIBIDO:
FECHA DE ENTREGA:

Por favor devuelva esta planilla junto al artículo antes del <<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:
FIRMA:

Favor devolver esta planilla a la siguiente dirección:

Urbanización Montalbán – La Vega. Universidad Católica Andrés Bello. Edifico 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 Piriz 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: Noviembre de 2008
Tiraje: 500 ejemplares