

Nº 9 - 2006

# tekhne

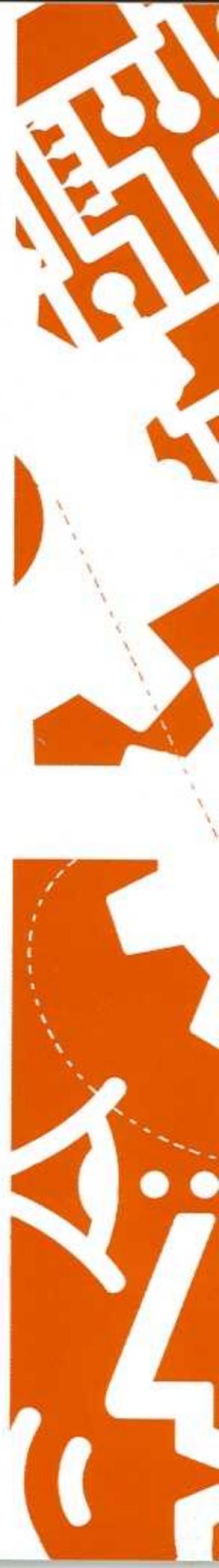
Revista de la Facultad de Ingeniería



Universidad Católica Andrés Bello



Caracas, Venezuela





**tekhne**  
**Revista de Ingeniería**

**Rector**

Luis Ugalde, S.J.

**Vicerrectora Académica**

Myriam López de Valdivieso

**Vicerrector Administrativo**

Lorenzo Caldentey

**Secretaría**

Maria Isabel Martínez

**Director de la Revista**

Ing. Rafael Hernández S.

*Decano de la Facultad*

**Jefe de Redacción**

Dra. Lourdes Ortiz

**Consejo Editorial**

Ing. Rafael Hernández S.

Ing. Lorenzo Caldentey

Lic. Emilio Piriz Pérez

Ing. Alonso Pérez Luciani

Ing. María Barreiro

Ing. Henry Gasparin

Ing. Willmer Pereira

Ing. Iñaki Mendizabal

**Producción**

Publicaciones UCAB

**Diseño y Composición**

Publicaciones UCAB

**Diagramación**

Alexandra Loginow

**Impresión**

Editorial Texto

**Diseño de Portada**

Jhon Bruzual

**Foto de la portada**

E. Piriz Pérez

Depósito legal

Pp 97-0007

ISSN: 1316-3930

**Website**

Publicaciones de la Facultad de Ingeniería

<http://www.ucab.edu.ve/ucabnuevo/index.php?seccion=190>

**Revista virtual**

[http://www.ucab.edu.ve/ucabnuevo/index.php?load=biblio\\_virt\\_rev\\_tekhne.htm&seccion=2500](http://www.ucab.edu.ve/ucabnuevo/index.php?load=biblio_virt_rev_tekhne.htm&seccion=2500)



PUBLICACIONES UCAB

Edificio de Biblioteca, tercer piso

Montalbán - La Vega

Apartado 20.332

Caracas 1020 - Venezuela

Tel: 407.42.08

Fax: 407.43.51

tekhne

Revista de Ingeniería

Universidad Católica Andrés Bello

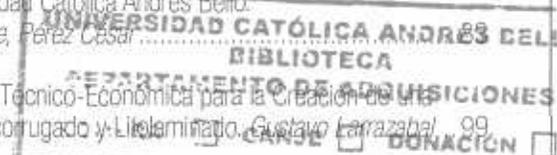
Facultad de Ingeniería

n° 9

Editorial..... 3

**E S T U D I O S**

1. Estudio de las condiciones de Borde para la Ecuación Diferencial de Murashev Sigalov Baykov. *Mario Paporanni y Peter Hummelgeus*..... 5
2. Implantación de una Metodología de Control de Gestión en PYMES de Manufactura. *Mendoza Adalberto y Remy Patemaster* ..... 10
3. La Información como una Capacidad Organizacional: Un planteamiento en el Contexto de Modelos de Alineamiento y desde la Perspectiva de Recursos y Capacidades. *Alejandro Orero y Jorge Alfaro*..... 19
4. 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. *Sergio Araya, Lourdes Ortiz y Julián Chaparro* ..... 29
5. Sismicidad Histórica y Modelos Sismotectónicos Sustento de Índices de Peligrosidad Sísmica. *José Grases y Beatriz Lino* ..... 38
6. Caracterización de los Sistemas de Información Basados en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Móviles. *Alejandro Orero, Santiago Iglesias y Ángel Hernández*..... 50
7. Influencia de la Participación del Usuario en su desempeño Individual. Análisis de los Factores de Implementación de los Sistemas de Información. *J. Melchor Medina y Julián Chaparro* ..... 56
8. Estimación de la Confiabilidad Estructural de una Edificación Indispensable Mediante Análisis No Lineales Estáticos de Pushover. *E.E. Muñoz, D. M. Ruiz, J.A. Prieto y A. Ramos* ..... 65
9. Agregados Finos, Propuesta de Límites Granulométricos para la elaboración de Concretos. *Bonilla Guillermo*..... 78
10. Diseño de Alternativas de un pupitre para los alumnos de pregrado de la Universidad Católica Andrés Bello. *Peña Carolina, Riera Dulce, Pérez César* ..... 99
11. Estudio de la Factibilidad Técnico-Económica para la Creación de una Empresa de Cartón Microcorrugado y Litolaminado. *Gustavo Larrazabal* ..... 99



# EDITORIAL

Este número de TEKHNE coincide en la apertura formal de la Facultad de Ingeniería al proceso investigativo en sus cuatro Escuelas, gracias a los lineamientos y orientaciones que el Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería (CIDI), viene desarrollando en forma metódica y eficiente. La incorporación de investigadores a dedicación al Centro ha significado un verdadero impulso a este proceso. Paralelamente la puesta en marcha de nuevas instalaciones en los laboratorios de Geotecnia y Suelos, Ingeniería Sanitaria y el conjunto de Telecomunicaciones, se han convertido en plataformas de Trabajos Especiales de Grado, inicio de nuevas líneas de investigación y puntos de encuentro para profesores y estudiantes de la Facultad.

La revista, no podía ser menos, inicia un camino de renovación buscando la consolidación como plataforma indexada, estableciendo un nuevo Consejo Editorial y una modernización en su sistema de arbitraje que garantice aún más el excelente nivel técnico y académico que nos ha caracterizado.

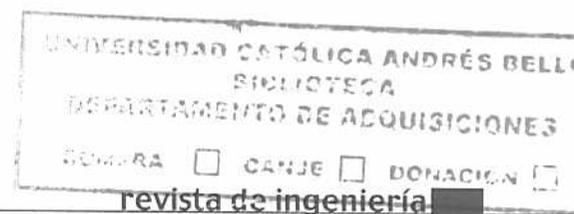
El contenido de esta novena edición nos adentra en aspectos disímiles y novedosos, desde gestión en el mundo de las Pymes con análisis de recursos, capacidades y modelos organizacionales hasta investigaciones en Ingeniería Civil dentro de modelos sismo tectónicas. Como siempre el incluir aquellos trabajos investigativos que han merecido mención publicación de nuestros noveles profesionales enriquece con líneas conceptuales muy novedosas el marco de nuestra revista.

Caso especial de analizarse es el desarrollo de la Unidad de estudios ergonómicos dentro de la Facultad de la Escuela de Ingeniería Industrial. Su participación en las recientes XI Jornadas ha demostrado un sólido avance en esta materia. De igual manera el Departamento de Estructuras de la Escuela de Ingeniería Civil y el postgrado de Especialización en Estructuras que se esta dictando bajo los lineamientos de la Facultad, estamos seguros marcara de manera más fluida y con gran calidad investigaciones en esta área.

Este año 2005-2006 es el escenario de la consolidación del proyecto de Ingeniería de Telecomunicaciones, conformando la salida de la 1ª. Cohorte de Ingenieros de Telecomunicaciones en Febrero de 2007. Es un claro ejemplo de cómo se alcanza un objetivo cuando todos hemos puesto lo mejor de nosotros en lograr y darle buen uso a los medios necesarios.

De nuevo nuestro agradecimiento a todos los autores y colaboradores de este noveno número de TEKHNE, que con su esfuerzo y dedicación han logrado mantener esta revista en forma continua en estos nueve años de circulación.

A todos gracias



# ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE BORDE PARA LA ECUACIÓN DIFERENCIAL DE MURASHEV SIGALOV BAYKOV

## 1. Introducción

La ecuación diferencial para la deflexión  $y(x)$  ( $0 \leq x \leq H$ ) de un pórtico de altura  $H$  bajo la acción de una carga horizontal  $q(x)$  ( $N/m$ ) viene dada por ([1])

$$Ky^4(x) - C(1 + \mu)y''(x) = q(x) + \frac{C}{K_0}M(x); \quad 0 \leq x \leq H \quad (1)$$

Donde  $K, K_0$  y  $C$  son parámetros de rigidez,  $\mu = \frac{K}{K_0}$  y  $M(x)$  el momento inducido por la carga  $q(x)$  a la altura  $x$ . Introduciendo las nuevas variables  $\varepsilon = \frac{x}{H}$ ;  $\mu(\varepsilon) = Ky(H\varepsilon)$  y los parámetros  $S^2 = \frac{K}{C(1 + \mu)}$  ( $S > 0$ ),  $\lambda = \frac{H}{S}$  y escribiendo  $\tilde{f}(\varepsilon) = f(H\varepsilon)$  para funciones  $f(x)$ , (1) se transforma en:

$$\mu^4(\varepsilon) - \lambda^2 \mu''(\varepsilon) = g(\varepsilon); \quad 0 \leq \varepsilon \leq 1 \quad (2)$$

$$g(\varepsilon) = H^4 \tilde{q}(\varepsilon) + \frac{\lambda^2 H^2 \mu}{1 + \mu} \tilde{M}(\varepsilon)$$

$$\tilde{M}(\varepsilon) = -H \int_{\varepsilon}^1 \tilde{Q}(\eta) d\eta = H^2 \int_{\varepsilon}^1 (\varepsilon - \eta) \tilde{q}(\eta) d\eta \quad (3)$$

$$\tilde{Q}(\varepsilon) = H \int_{\varepsilon}^1 \tilde{q}(\eta) d\eta \quad (\text{cortante})$$

- Peter Hummelgeus
- Mario Paparoni

En [1] hemos utilizado las condiciones de borde

$$\mu(0) = 0; \mu'(0) = 0; \mu''(1) = 0; \mu'''(0) = -H^3 \tilde{Q}(0) \quad (4)$$

Las primeras dos condiciones dicen que la base  $\epsilon = 0$  está empotrado, la tercera condición expresa que el momento interno es cero en el tope  $\epsilon = 1$  y la cuarta condición significa que en la base la derivada del momento interno es igual a la carga total. Las mismas condiciones (4) en la literatura, como por ejemplo [2], [3].

Aunque las condiciones (4) son razonables desde un punto de vista de la ingeniería estructural, pueden contemplarse otros conjuntos de condiciones de borde también razonables. El objetivo del presente trabajo es de profundizar en esta materia.

Una pregunta inmediata es por ejemplo: ¿Cuáles son las condiciones para un extremo libre en  $\epsilon = 1$ ? (observamos que (4) consiste de tres condiciones en la base y una sola condición en el tope). Una vía para obtener estas condiciones es la de formular un problema variacional cuya ecuación de Euler-Lagrange coincida con la ecuación diferencial (1): las condiciones de extremo libre son entonces las condiciones naturales del problema variacional en este extremo. Según un principio general, el problema variacional expresa la minimización de la energía potencial total. Otra manera para obtener las condiciones de extremo libre y otros conjuntos de condiciones de borde de interés es el estudio del operador diferencial  $A = \frac{d^4}{d\epsilon^4} - \lambda^2 \frac{d^2}{d\epsilon^2}$  (que figura en (2)) sobre un conjunto de funciones  $\phi \in C^4([0,1])$  que satisfacen ciertas condiciones de borde en  $\epsilon = 0$  y  $\epsilon = 1$ , buscando aquellas condiciones de borde que hacen de un operador autoconjugado.

## 2. El Operador A, extremo libre en $\epsilon = 1$

Definimos el producto interno de dos funciones  $f(\epsilon), g(\epsilon)$  por  $(f, g) = \int_0^1 f(\epsilon)g(\epsilon)d\epsilon$  (el producto interno estándar en  $L^2$ ). Tenemos integrando por partes repetidamente,

$$(A\phi, \psi) = \int_0^1 \phi^4 \psi d\epsilon = \lambda^2 \int_0^1 \phi'' \psi d\epsilon$$

$$[\phi'' \psi]_0^1 - \lambda^2 [\phi' \psi]_0^1 - \int_0^1 \phi'' \psi' d\epsilon + \lambda^2 \int_0^1 \phi' \psi' d\epsilon$$

$$[\phi'' \psi]_0^1 - \lambda^2 [\phi' \psi]_0^1 - [\phi'' \psi]_0^1 + \int_0^1 \phi'' \psi'' d\epsilon + \lambda^2 \int_0^1 \phi' \psi' d\epsilon, \text{ es decir}$$

$$(A\phi, \psi) = [\phi'' \psi]_0^1 - \lambda^2 [\phi' \psi]_0^1 - [\phi'' \psi]_0^1 + \int_0^1 \phi'' \psi'' d\epsilon + \lambda^2 \int_0^1 \phi' \psi' d\epsilon \quad (1)$$

Continuando la integración por partes obtenemos de (1) finalmente

$$(A\phi, \psi) = (\phi, A\psi) + [\phi'' \psi - \phi \psi'']_0^1 + [\phi' \psi' - \phi \psi''']_0^1 + \lambda^2 [\phi \psi' - \phi' \psi]_0^1 \quad (2)$$

Imponiendo las condiciones

$$\mu(0) = 0, \mu'(0) = 0 \quad (3)$$

para  $\mu = \phi$  y  $\mu = \psi$ , los términos

$$[\phi'' \psi - \phi \psi'']_0^1 + [\phi' \psi' - \phi \psi''']_0^1 + \lambda^2 [\phi \psi' - \phi' \psi]_0^1$$

en (2) producen la expresión:

$$C(\phi, \psi) = [\phi''(1) - \lambda^2 \phi'(1)] \psi(1) - [\psi''(1) - \lambda^2 \psi'(1)] \phi(1) + \phi'(1) \psi''(1) - \phi''(1) \psi'(1) \quad (4)$$

Además, con (3) la relación (1) se simplifica a

$$A(\phi, \psi) = [\phi''(1) - \lambda^2 \phi'(1)] \psi(1) - \phi''(1) \psi'(1) + \int_0^1 \phi'' \psi'' d\epsilon + \lambda^2 \int_0^1 \phi' \psi' d\epsilon \quad (5)$$

De (4), (5) vemos que (1), (2) se simplifica a

$$A(\phi, \psi) = \int_0^1 \phi'' \psi'' d\epsilon + \lambda^2 \int_0^1 \phi' \psi' d\epsilon \quad (6)$$

$$A(\phi, \psi) = (\phi, A\psi) \quad (7)$$

Respectivamente si  $\phi(\epsilon), \psi(\epsilon)$  cumplen las condiciones de borde (incluyendo (3))

$$\mu(0) = 0, \mu'(0) = 0, \mu''(1) = 0, \mu'''(1) - \lambda^2 \mu'(1) = 0 \quad (8)$$

La relación (7) dice que A es un operador autoconjugado cuando su dominio  $D_A$  consiste de todas las  $\mu \in C^4([0,1])$  que satisfacen las condiciones de borde (8). De (6) se sigue que  $(A\phi, \phi) > 0$  para todo  $\phi \in D_A, \phi \neq 0$  (es decir A es un operador positivo). De hecho (6) implica que

$$(A\phi, \phi) = \int_0^1 [\phi''(\epsilon)]^2 d\epsilon + \int_0^1 \lambda^2 [\phi'(\epsilon)]^2 d\epsilon \geq 0, \phi \in D_A, \text{ y}$$

$$(A\phi, \phi) = 0 \rightarrow \int_0^1 [\phi'(\epsilon)]^2 d\epsilon = 0 \rightarrow \phi'(\epsilon) = 0 \text{ en } 0 \leq \epsilon \leq 1 \quad (9)$$

$\phi(\epsilon) =$   
Per  
0, es  
Como  
(con s  
 $\phi$  una  
tenem  
se sigu  
corresp  
gonales  
los aut  
según  
Sturm-L  
y las a  
y comp  
propied  
bajo las  
Fourier  
Vean  
(8) y 1.  
con res  
cuenta

$\mu'''(1) - \lambda$

De (9)  
solamen

A con  
condicio  
rales en  
clase de  
reemplaz  
borde en  
definido

$$F[\phi] = \frac{1}{2} \int_0^1 K(\phi')$$

Y rep  
sistema  
Según un  
deflexión  
pendiend  
borde imp  
S. Es dec  
mente cu

$\phi(\varepsilon) = \text{constante en } 0 \leq \varepsilon \leq 1,$

Pero como  $\phi(0) = 0$  la constante tiene que ser 0, es decir  $\phi = 0$ , lo que demuestra la afirmación. Como consecuencia todos los autovalores de  $A$  (con su dominio  $D_A$ ) son positivos ya que siendo

$\phi$  una autofunción correspondiente al autovalor  $\nu$  tenemos  $\nu = \frac{(A\phi, \phi)}{\|\phi\|^2} \left( \|\phi\|^2 = (\phi, \phi) \right)$ . De (7) se sigue fácilmente que autofunciones  $\phi_1(\varepsilon), \phi_2(\varepsilon)$

correspondientes a autovalores distintos son ortogonales (es decir  $(\phi_1, \phi_2) = 0$ ). En (4) encontramos los autovalores y autofunciones numéricamente según la teoría general de los problemas tipo Sturm-Liouville todos los autovalores son simples y las autofunciones forman un sistema ortogonal y completo (una base ortogonal) en  $L^2(0;1)$ . Estas propiedades permiten obtener la solución de 1.(2) bajo las condiciones (8) en la forma de una serie de Fourier en las autofunciones.

Veamos ahora la relación entre las condiciones (8) y 1.(4). Integrando la ecuación diferencial 1.(2) con respecto a  $\varepsilon$  de  $\varepsilon = 0$  a  $\varepsilon = 1$  y tomando en cuenta  $\mu'(0) = 0$  y 1.(3), resulta que

$$\mu'''(1) - \lambda^2 \mu'(1) = \mu'''(0) + H^3 \tilde{Q}(0) + \frac{\lambda^2 H^2 \mu}{1 + \mu} \int_0^1 \tilde{M}(\varepsilon) d\varepsilon$$

De (9) vemos que 1.(4) y (8) son equivalentes solamente en el límite  $\mu \rightarrow 0$

A continuación veremos como las últimas dos condiciones en (8) surgen como condiciones naturales en  $\varepsilon = 1$  para un problema variacional. Sea  $S$  la clase de las  $\phi \in C^4([0;H])$  que satisface (3) (con  $\mu$  reemplazada por  $\phi$ ). No imponemos condiciones de borde en  $x = H$ , consideremos el funcional  $F : S \rightarrow \mathfrak{R}$  definido por

$$F[\phi] = \frac{1}{2} \int_0^H \left[ K(\phi''(x))^2 + C(1 + \mu)(\phi'(x))^2 - 2 \left[ q(x) + \frac{C}{K_0} M(x) \right] \phi(x) \right] dx \quad (10)$$

Y representando la energía potencial total del sistema cuando en el estado de deflexión  $\phi(x)$ . Según un principio físico general, la correspondiente deflexión  $y(x)$  bajo la acción de la carga  $q(x)$  (y dependiendo además de las posibles condiciones de borde impuestas) es la  $\phi \in S$  que minimiza  $F$  sobre  $S$ . Es decir  $F[\phi]$  alcanza su valor mínimo precisamente cuando  $\phi = y$ .

Consideremos variaciones alrededor de  $y(x)$  de la forma

$$\phi(x) = y(x) + \varepsilon \eta(x); 0 \leq x \leq H \quad (11)$$

Donde  $\eta \in C^\infty(0;H)$  con soporte compacto sobre  $\eta C(0;H)$ . Observemos que  $\phi \in S$  y  $\phi = y$  para  $\varepsilon = 0$  siendo  $\varepsilon$  un parámetro real en un intervalo abierto alrededor  $\varepsilon = 0$ . Como  $y(x)$  debe minimizar  $F$  sobre el conjunto de las  $\phi(x)$  de la forma (11), la función real  $\tilde{F}(\varepsilon) = F[y + \varepsilon \eta]$  de la variable real  $\varepsilon$  debe alcanzar un mínimo en  $\varepsilon = 0$ , lo que implica que

$$\frac{d\tilde{F}}{d\varepsilon}(0) = 0 \quad (12)$$

Tenemos de (10)

$$\tilde{F}(\varepsilon) = \frac{1}{2} \int_0^H \left[ K(y'' + \varepsilon \eta'')^2 + C(1 + \mu)(y' + \varepsilon \eta')^2 - 2 \left[ q + \frac{C}{K_0} M \right] (y + \varepsilon \eta) \right] dx$$

de donde con (12) tenemos

$$\int_0^H \left[ K y'' \eta'' + C(1 + \mu) y' \eta' - q \eta - \frac{C}{K_0} M \eta \right] dx = 0,$$

Y luego vía integración por partes (13)

$$K [y'' \eta' - y''' \eta]_0^H + C(1 + \mu) [y' \eta]_0^H + \int_0^H \left[ K y^{(4)} - C(1 + \mu) y'' - q - \frac{C}{K_0} M \right] \eta dx = 0$$

Para los  $\eta(x)$  considerados en (11), los términos  $K [y'' \eta' - y''' \eta]_0^H + C(1 + \mu) [y' \eta]_0^H$  en (13) son cero, de modo que (13) implica que

$$\int_0^H \left[ K y^{(4)} - C(1 + \mu) y'' - q - \frac{C}{K_0} M \right] \eta dx = 0$$

Para todo  $\eta(x)$  considerados según el lema fundamental del cálculo de variaciones concluimos que se cumple 1.(1), apareciendo ahora como la ecuación de Euler-Lagrange de nuestro problema variacional.

Ahora observamos que en (11) podemos permitir funciones  $\eta \in C^4([0;H])$  que junto con sus derivadas pueden tomar valores arbitrarios en  $x = H$  ya que no impusimos condiciones de borde en  $x = H$ . Con estas  $\eta(x)$  obtenemos nuevamente (13), donde ahora por 1.(1) la integral es cero y solamente queda:

$$K [y'' \eta' - y''' \eta]_0^H + C(1 + \mu) [y' \eta]_0^H = 0,$$

De donde con  $\eta(0) = 0, \eta'(0) = 0$  se sigue que  $Ky''(H)\eta'(H) + [C(1 + \mu)y'(H) - Ky'''(H)]\eta(H) = 0$

Y luego por la arbitrariedad de  $\eta(H), \eta'(H)$  que

$$y''(H) = 0, C(1 + \mu)y'(H) - Ky'''(H) = 0 \quad (14)$$

Transformando a las variables  $\varepsilon, \mu(\varepsilon)$  vemos que (14) es equivalente con las últimas dos condiciones de borde en (8). Encontramos entonces que estas condiciones son las condiciones naturales en  $\varepsilon = 1$  para nuestro problema variacional y corresponde con la ausencia de condiciones impuestas en  $\varepsilon = 1$  que puede expresar diciendo que  $\varepsilon = 1$  es un "extremo libre".

### 3. Otras condiciones de borde

Otro conjunto razonable de condiciones de borde está dado por

$$\mu(0) = 0, \mu'(0) = 0, \mu(1) = 0, \mu'(1) = 0 \quad (1)$$

(Ambos extremos empotrados). De 2. (1), 2. (4) vemos que con las condiciones (1) tenemos de nuevo 2. (6) y 2. (7) (ya que  $C(\phi, \psi) = 0$  en 2. (4)). Como consecuencia tenemos en este caso las mismas propiedades de los autovalores y las autofunciones como mencionados en la sección 2 (pero con otros autovalores y otras autofunciones). Otros conjuntos de condiciones de borde que producen 2. (6) y 2. (7), son por ejemplo:

$$\mu(0) = 0, \mu'(0) = 0, \mu(1) = 0, \mu''(1) = 0 \quad (2)$$

$$\mu(0) = 0, \mu'(0) = 0, \mu'(1) = 0, \mu'''(1) = 0 \quad (3)$$

Consideremos las condiciones

$$\mu(0) = 0, \mu'(0) = 0, \beta' \mu'(1) + \beta'' \mu''(1) = 0, \mu'''(1) - \lambda^2 \mu'(1) = 0 \quad (4)$$

Donde  $(\beta', \beta'') \neq (0, 0)$ . Con estas condiciones tenemos  $C(\phi, \psi) = 0$  en 2. (4), de modo que obtenemos nuevamente 2. (7) y la ortogonalidad de autofunciones correspondientes a distintos autovalores,

las autofunciones formando una base ortogonal de  $L^2(0; 1)$ . Observemos que 2. (8) es un caso particular ( $\beta' = 0, \beta'' = 1$ ) de (4), pero que en el caso general puede ser que 2. (6) no se cumple. Notamos que con la arbitrariedad de la selección de  $\beta', \beta''$ , (4), produce un conjunto infinito de condiciones de borde.

Hasta ahora hemos considerado únicamente condiciones de borde no mixtas (es decir en cada condición está involucrado un solo extremo). Para las condiciones mixtas

$$\mu(0) = \mu(1), \mu'(0) = \mu'(1), \mu''(0) = \mu''(1), \mu'''(0) = \mu'''(1) \quad (5)$$

Tenemos 2. (6) y 2. (7) (estas son condiciones periódicas). Muchas más condiciones mixtas pueden construirse artificialmente, pero nos parece un ejercicio inútil considerarlas en extenso.

Finalmente queremos hacer algunas observaciones sobre las condiciones 1. (4). A primera vista la condición  $\mu'''(0) = -H^3 \tilde{Q}(0)$  para indicar que diferentes cargas  $q(x)$  inducen diferentes condiciones de borde (ya que  $\tilde{Q}(0) = H \int_0^1 \tilde{q}(\eta) d\eta$  según 1. (3)). Sin embargo podemos dividir ambos miembros de la ecuación diferencial 1. (2) por  $\tilde{Q}(0)$ , obteniendo una ecuación diferencial equivalente en  $v(\varepsilon) = \frac{\mu(\varepsilon)}{\tilde{Q}(0)}$  y las condiciones de borde  $v(0) = 0, v'(0) = 0, v''(1) = 0, v'''(0) = -H^3$ , donde no aparece el cortante.

En la sección 2 encontramos que las condiciones  $\mu''(1) = 0, \mu'''(0) = -H^3 \tilde{Q}(0)$  en 1. (4) no corresponden a un extremo libre en  $\varepsilon = 1$ , si no que éstas están dadas por las últimas dos condiciones en 2. (8). Por 2. (9),  $\mu'(0) = 0$ , si la condición  $\mu'''(0) = -H^3 \tilde{Q}(0)$  es equivalente con la condición

$$\mu'''(1) - \lambda^2 \mu'(1) = \frac{\lambda^2 H^2 \mu}{1 + \mu} \int_0^1 \tilde{M}(\varepsilon) d\varepsilon \quad (6)$$

A base de estas observaciones nos parece de interés repetir nuestros estudios anteriores empleando las condiciones 2. (8) en lugar de 1. (4).

Finalmente observamos que las condiciones de borde 2. (8) tienen aplicación en el estudio de los modos fundamentales del problema dinámico.

*Este es un trabajo que termina aquí, constituye un ejercicio para buscar otras condiciones de bor-*

de apl.  
manej.  
se dej

[1] Mu  
of F  
Inc.

[2] Pa  
forc  
Cor  
pub  
Bul  
Ver

[3] Ca  
Edi  
to-N

[4] Ca  
do  
Edi  
Pór

[5] Me  
R.  
Mé  
Dir  
calc  
U.C

[6] Ka  
Der  
de  
la E  
198

[7] Ake  
de  
cas  
Dis

[8] Fue  
las  
par  
198

[9] Bo  
C."  
Cor  
Est  
198

*de aplicables a la ecuación diferencial que hemos manejado en trabajos anteriores, ejercicio éste que se deja para publicaciones posteriores.*

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Murashev V.I.; Sigalov E.V.; Baykov J."Design of Reinforced Concrete Structures" Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, 1971.
- [2] Paparoni Mario "Predimensioning of Tall Reinforced Concrete Buildings" Presented to A.C.I. Convention, Puerto Rico, December 1980.-Later published in a Spanish Version in the I.M.M.E. Bulletin N° 72-73 pp 101-164 U.C.V.- Caracas Venezuela. 1983 (Jan-Dec).
- [3] Casadei, Rosanna "Predimensionamiento de Edificios Altos Apantallados" UCLA, Barquisimeto-Noviembre 1983.
- [4] Cantelmi, Bruno; Gil Alonso; Goncalves, Donald. "Estudio de combinaciones Tipicables para Edificios Mixtos y Complejos"(Combinaciones de Pórticos y Pantallas)-U.C.V.-Octubre 1986.
- [5] Mercado M., Zoraima; Sierra M., Emilio; Rojas R. Angel R. "Análisis de las Ecuaciones del Método del Medio Continuo Equivalente para el Dimensionamiento de Edificios, haciendo uno de calculadora de bolsillo programables en BASIC" U.C.V.-Junio 1987.
- [6] Kameo, Aharón; Sanz, Carlos, "Problemas de Deriva Sísmica en Edificios. Estudio Paramétrico de las Variables Sistémicas que inciden sobre la Deriva de un Pórtico" UNIMET-Septiembre 1988.
- [7] Akel, Gamal; Barreiro B., Foraco, Andrés. "Análisis de una Población de Estructuras Semi-Prismáticas por los Métodos del Continuo Equivalente y Discretos" U.C.V.-Septiembre 1988.
- [8] Fuentes C. Eyslen; Pereira, Wilfren. "Estudio de las Soluciones del Método del Medio Continuo para Estructuras de Bajo Acoplamiento" U.C.V.-1988 (Tratamiento Matemático del Problema).
- [9] Bonato P.; Leonardo.; Patrocinio A., Yajaira C."Compendio de Medios Gráficos de Variables Configuracionales para el Predimensionado de Estructuras Aporticadas." UNIMET-Septiembre 1989.
- [10] Gonzalez R., Claudio A.; Gutiérrez C.; Oscar J.; Saputelli M. Fabrizio."El haz y la Celda en un Pórtico, Investigación Experimental para su Validez". UNIMET-Abril 1990.
- [11] Melandri Majónica, Mónica" verificación Matricial de Variables Configuracionales en Estructuras Aporticadas" UNIMET-Septiembre 1991.
- [12] Paparoni Mario "Predimensionamiento de Edificios Altos de Concreto Armado" (Libro) Ediciones SIDETUR-Caracas- Venezuela- Febrero 1991.
- [13] Casadei Rosanna "Variables determinantes en la obtención de la capacidad sismoresistente de una estructura aporticada de concreto armado", Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado". Decanato de Ingeniería Civil.

# I

## IMPLANTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE CONTROL DE GESTIÓN EN PYMES DE MANUFACTURA

### 1. SINOPSIS

Este estudio tuvo como fin concebir e implantar<sup>1</sup> una metodología de Control de Gestión, basada en datos, que permitiese de forma objetiva, apoyar en la toma de decisiones con miras al mejoramiento del desempeño y rentabilidad<sup>2</sup> de pequeñas y medianas empresas (PyME). Para ello, en primer lugar se establecieron los fundamentos teóricos necesarios, seguidamente se estructuró una metodología basada en técnicas de Ingeniería Industrial con el fin de poder adaptar un Sistema de Control de Gestión (SCG), para luego finalmente, evaluar y seleccionar una serie de herramientas de apoyo para la puesta en marcha e implementación del mismo.

A fin de poner en práctica esta metodología, se seleccionaron dos empresas de estas dimensiones que realizaran actividades de manufactura y estuvieran dispuestas a servir de pruebas piloto para el estudio. En ambas, se siguieron los pasos antes mencionados y se establecieron sistemas de control centrados en los procesos y flujos de trabajo que son más importantes, desde el punto de vista de satisfacción al cliente (Gemba).

Lo que diferencia este trabajo de otros realizados sobre el Control de Gestión, es que combina una serie de bases teóricas y trabajos de campo con herramientas informáticas accesibles (toolbox), para darle un carácter práctico y aplicable, del cual carecen muchos estudios hoy en día y que

- Adalberto Mendoza
- Remy Paternoster

1 Establecer y poner en ejecución nuevas doctrinas, prácticas o costumbres. A efectos del estudio, los términos implantar e implementar se consideran sinónimos

2 Beneficio económico que obtiene la empresa por el valor agregado dado a sus productos.

repre  
del s  
Co  
sulta  
ser in  
de la  
del é  
poter

Un  
la may  
(PyME  
dedica  
operat  
de Ge  
la me  
produc  
recurs  
caract  
difícil e  
de fon  
pecializ  
del ent  
otras p  
Venezu  
control  
vuela d  
ni com  
su ento  
para p  
aterriza

Por  
mentar  
tecnolo  
sólo se  
posible  
empres  
a sus r  
superar  
sonaliz  
solucio

3 Empre  
reducio  
ción.

representan poco beneficio útil para las empresas del sector PyME<sup>3</sup>.

Como logro de este estudio, se obtuvieron resultados altamente satisfactorios hasta el punto de ser incorporadas por completo en la gestión diaria de las empresas, siendo esto un buen indicativo del éxito, el buen diseño de la metodología y el alto potencial del tema.

## 2. INTRODUCCIÓN

Una de las características que tienen en común la mayoría de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) en Venezuela, es la tendencia marcada a dedicar la mayor parte de sus esfuerzos al ámbito operativo, dedicando menos atención al Control de Gestión en áreas críticas como la calidad, la medición de sus procesos, programación de producción, diseño de productos y utilización de recursos. Aunado a esto, nuestra actualidad se caracteriza por presentar un entorno económico difícil e impredecible que dificulta la destinación de fondos en la adquisición de un software especializado que realice las funciones de control y del entrenamiento necesario para su operación en otras palabras, la situación actual de las PyMEs en Venezuela bajo dicho entorno, sin actividades de control ni mejoras, es análoga a la de un avión que vuela de noche en una tormenta sin instrumentos ni comunicación y debido a no poder influir sobre su entorno, debe aprender a emplear sus recursos para poder navegar con éxito y poder realizar un aterrizaje seguro.

Por lo tanto, se trata de implementar una alternativa al uso de la tecnología disponible, la cual no sólo sea de bajo costo sino en lo posible con herramientas que la empresa ya posea, adaptándose a sus necesidades particulares y superando la carencia de "personalización" que poseen estas soluciones comerciales.

## 3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Implantar una metodología de Control de Gestión, basada en datos, que permita de forma objetiva, apoyar en la toma de decisiones con miras al mejoramiento de su desempeño y rentabilidad.

### Objetivos Específicos:

1. Establecer de forma efectiva y con suficiente claridad, los fundamentos del Control de Gestión.
2. Seleccionar un conjunto de herramientas tecnológicas de bajo costo y fácil implementación, compatibles con los requerimientos necesarios para la implantación del Control de Gestión.
3. Realizar al menos una prueba piloto en PyMEs de manufactura.

Con las pruebas pilotos se persigue probar a nivel práctico, la metodología desarrollada de Control de Gestión sobre PyMEs de manufactura. El estudio no evaluó directamente el impacto de tipo económico que dicha implantación tuvo sobre las empresas, sino que busca probar su facilidad para ser asimilado y mantenido en las actividades de las mismas.

## 4. METODOLOGÍA

A continuación se presenta un esquema general que resume la metodología empleada durante el estudio:

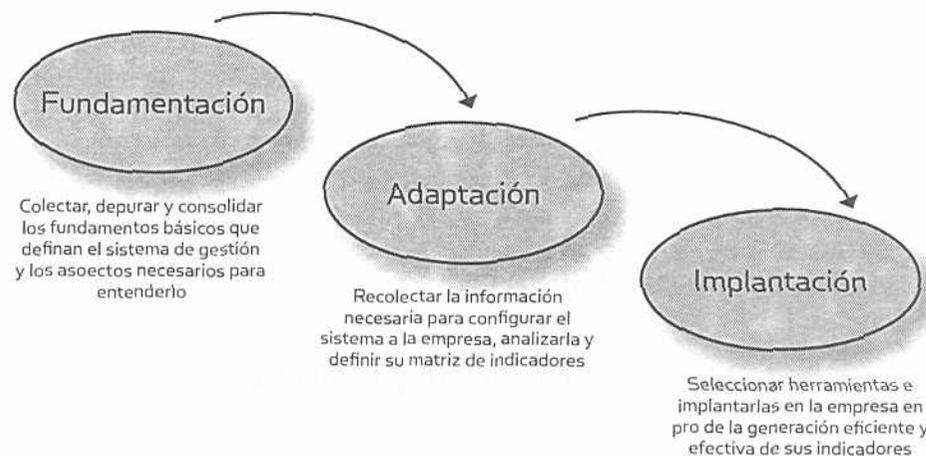


Gráfico 1. Metodología de la Investigación

<sup>3</sup> Empresa mercantil, industrial, etc., compuesta por un número reducido de trabajadores, y con un moderado volumen de facturación.

## 5. DESCRIPCIÓN DE LAS EMPRESAS EMPLEADAS EN LA PRUEBA PILOTO

Con el fin de cubrir a cabalidad los objetivos específicos planteados, se hizo necesaria la selección de dos empresas para la realización de pruebas piloto de la metodología de Control de Gestión. Los criterios de estas empresas fueron diversos, siendo los más importantes:

- Su condición de PyMEs de manufactura.
- No contar con un sistema de Control de Gestión.
- Su trayectoria en la región.
- Gran motivación hacia la mejora de sus procesos y la implantación del sistema.
- Alto grado de relación comercial con otras empresas locales.

Por otra parte, ambas empresas suponen dos extremos opuestos de lo que puede llegar a ser una PyME de manufactura, mostrándose en la siguiente tabla comparativa las principales diferencias entre ambas:

| Diferencia                   | Empresa A       | Empresa B              |
|------------------------------|-----------------|------------------------|
| Dimensiones                  | Industria Media | Industria Pequeña      |
| Continuidad del Proceso      | Casi Continuo   | Altamente Intermitente |
| Volumen de Producción        | Alto            | Bajo                   |
| Nivel de Detalle del Proceso | Medio           | Alto                   |
| Automatización del Proceso   | Alta            | Baja                   |

Tabla 1. Comparación General entre Empresas Seleccionadas

A continuación se explicará la implantación de metodología de control de gestión en la Empresa A. Se estará tratando en forma práctica cada uno de los aspectos que conforman la metodología de control de gestión diseñada en este estudio y aplicada por igual a ambas empresas. Por limitaciones de espacio en este documento, no se ha detallado la prueba piloto de la Empresa B.

## 6. EMPRESA A (Calzados FION CA)

### 6.1. Visita Preliminar

A partir de este punto, se hará referencia al Sistema de Control de Gestión implantado sobre esta empresa como SCG-Fion.

El proceso de adaptación se inició con una reunión preliminar sostenida con el jefe de calidad de la empresa, quien fue siempre el principal contacto durante todo el proceso. En esta se expusieron los objetivos iniciales del estudio y se discutieron los aspectos generales que caracterizan a la empresa.

La Empresa A, es una compañía dedicada a la manufactura de calzados de seguridad y otros implementos con el mismo fin. Dado que se trata de una prueba piloto puntual y no una implantación a gran escala del sistema, se acordó, con la misma empresa, enfocar el estudio sobre sus dos principales líneas de producción, **Good Year** y **Goliat**.

Este recorrido previo evidenció el hecho de que el Sistema de Gestión debía generar indicadores que permitieran medir las condiciones de ambas líneas por separado pero explotando posibles puntos comunes como la gestión de ventas, la estructura de las bases de datos y el diseño en los reportes. Además, la visita preliminar sirvió para crear vínculos valiosos con personas en el área de producción, calidad e inclusive aquellos que terminarían siendo los que alimentaran la información que nutriría al SCG. Por último, la visita previa sirvió para recolectar una serie de puntos en los cuales el sistema debería centrarse en pro de la mejora en la gestión interna de la empresa.

### 6.2. Levantamiento de Procesos

Luego de contar con una visión general de las actividades, se procedió a pautar una sesión para recorrer las instalaciones de la empresa y levantar los procesos de fabricación de ambas líneas.

### 6.3. Matriz Gemba<sup>4</sup>

Una vez entendida la empresa y revisada toda la información recolectada, el siguiente paso es la creación de una matriz en donde se depuren los datos realmente valiosos para la empresa a través de su ajuste dentro de las distintas familias de indicadores que conforman la metodología. Básicamente de lo que se trata es de unir por primera vez la empresa con el modelo de gestión.

<sup>4</sup> Gemba: Sistemas, procesos y flujos de trabajo que, desde el punto de vista de satisfacción al cliente, son más importantes.  
Matriz Gemba:

Como instrumento de ayuda, se creó lo que se ha denominado Matriz Gemba, cuyos objetivos se listan a continuación:

1. Identificar cuales procesos de la empresa pueden ser considerados Gemba y cuales no en función de la tabla 2.
2. Convertir la data que se observa en cada uno de ellos (insumos, tiempos, personal, maquinarias, etc.) en indicadores de las familias señaladas.
3. Identificar posible debilidades de la información y evaluar que nuevos datos debieran ser conseguidos para medir los procesos.

La Matriz Gemba resultante en esta etapa para la primera empresa es la siguiente:

|                          | Eficacia                              | Eficiencia                           | Efectividad                         | Productividad                           | Calidad                                 | Tiempo                |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|---|-----------------------|
| <b>GEMBA</b>             |                                       |                                      |                                     |   |   |                       |
| Diseño de Productos      |                                       |                                      | Modelos con Mayor Venta             |   |   |                       |
| Fabricación de Productos | Numero de Ordenes Cerradas            | Pares al Día vs. Capacidad Instalada | Razón Ordenes Cerradas vs. Abiertas | Pares Producidos/Periodo                | No Conformidades en el Proceso          | Tiempo en Proceso     |
|                          | Ordenes Abiertas Actualmente          | Eficiencias en el Consumo            |                                     | Estándares de Consumo Unitario          | Razón Pares Producidos / NC             | Proyección de Entrega |
|                          |                                       | Eficiencias en el Personal           |                                     | Tiempo para la Realización de 100 Pares | Efectividad en Calidad                  |                       |
|                          |                                       |                                      |                                     |   | Distribución por Modelo de los Defectos |                       |
|                          |                                       |                                      |                                     |   | Pareto de No Conformidades.             |                       |
| Entrega de Productos     | Numero de Ordenes con Retrasos        |                                      |                                     |   |   | Tiempo de Despacho    |
|                          | % Promedio del Tiempo en Retraso      |                                      |                                     |   |   |                       |
|                          | % de Avance en el Despacho de Pedidos |                                      |                                     |   |   |                       |
| Servicio post-venta      |                                       |                                      | Problemas Resueltos/Reportados      |   |   |                       |

Tabla 2. Matriz Gemba – SCG-Fion

Teniendo esto, se procedió a la etapa más crítica del proceso, identificar las posibles fuentes de información para que el SCG sea alimentado. Favorablemente, la empresa contaba con formularios que en la mayoría de los casos se adaptaban convenientemente a las necesidades de la matriz. Sin embargo, desde un primer momento se evidenció el hecho de que estos no eran llenados completamente y era necesaria una campaña de revisión de causas por parte de la dirección.

Los documentos presentados significaron un excelente punto de partida para el trabajo. Posteriormente, se procedió a depurar la información introducida en los formularios para agilizar el proceso de transcripción. Además, se generaron listas en aquellos campos donde se pensaba realizar algún tipo de análisis estadístico, por ejemplo, si para el SCG es vital el análisis de los vendedores con mayores ventas en un plazo de tiempo, es necesario

en esta etapa recopilar los nombres de cada uno de los empleados que laboran en los procesos para que no se comenten errores de transcripción que luego dificulten la asignación y agrupación de ventas a esa persona.

#### 6.4. Desarrollo de la Base de Datos

Teniendo ya suficiente material para entender el proceso y sobre todo, con un objetivo claro en torno a que indicadores debía el sistema de control presentar, era tiempo de desarrollar el módulo de **base de datos** en Filemaker<sup>5</sup>.

Lo primero que se hizo fue construir las tablas necesarias para el almacenamiento de los datos. Para ello, los mismos formularios de la empresa sirvieron como punto de partida. La siguiente lista muestra la estructura de las tablas para el SCG en Fion:

| Table Name                                | Statistics                       | Occurrences in Graph                      |
|---|----------------------------------|---|
| FION Goodyear Welt                        | 0 fields defined, 0 records      | FION Goodyear Welt                        |
| FION_Ordenes_de_Produccion                | 79 fields defined, 78 records    | FION_Ordenes_de_Produccion                |
| FION_no_Conformidades                     | 8 fields defined, 245 records    | FION_no_Conformidades                     |
| MONTAJE                                   | 0 fields defined, 0 records      | MONTAJE                                   |
| FION_Tarjetas_Montaje                     | 29 fields defined, 553 records   | FION_Tarjetas_Montaje                     |
| FION_Tarjetas_Montaje_Insumos             | 10 fields defined, 7770 records  | FION_Tarjetas_Montaje_Insumos             |
| FION_Tarjetas_Montaje_Fabricacion         | 11 fields defined, 12210 records | FION_Tarjetas_Montaje_Fabricacion         |
| COSTURA                                   | 0 fields defined, 0 records      | COSTURA                                   |
| FION_Tarjetas_Costura                     | 26 fields defined, 85 records    | FION_Tarjetas_Costura                     |
| FION_Tarjetas_Costura_Insumos             | 6 fields defined, 0 records      | FION_Tarjetas_Costura_Insumos             |
| FION_Tarjetas_Costura_Fabricacion         | 8 fields defined, 2125 records   | FION_Tarjetas_Costura_Fabricacion         |
| GOLIATH                                   | 0 fields defined, 0 records      | GOLIATH                                   |
| GOLIATH_Ordenes_de_Produccion             | 77 fields defined, 22 records    | GOLIATH_Ordenes_de_Produccion             |
| GOLIATH_no_Conformidades                  | 7 fields defined, 327 records    | GOLIATH_no_Conformidades                  |
| COSTURA                                   | 0 fields defined, 0 records      | COSTURA                                   |
| GOLIATH_Tarjetas_Costura                  | 23 fields defined, 320 records   | GOLIATH_Tarjetas_Costura                  |
| GOLIATH_Tarjetas_Costura_Insumos          | 6 fields defined, 640 records    | GOLIATH_Tarjetas_Costura_Insumos          |
| GOLIATH_Tarjetas_Costura_Fabricacion      | 7 fields defined, 8000 records   | GOLIATH_Tarjetas_Costura_Fabricacion      |
| PREINYECTADO                              | 0 fields defined, 0 records      | PREINYECTADO                              |
| GOLIATH_Tarjetas_Preinyectado             | 23 fields defined, 245 records   | GOLIATH_Tarjetas_Preinyectado             |
| GOLIATH_Tarjetas_Preinyectado_Insumos     | 6 fields defined, 1960 records   | GOLIATH_Tarjetas_Preinyectado_Insumos     |
| GOLIATH_Tarjetas_Preinyectado_Fabricacion | 7 fields defined, 1715 records   | GOLIATH_Tarjetas_Preinyectado_Fabricacion |
| INYECTADO                                 | 0 fields defined, 0 records      | INYECTADO                                 |
| GOLIATH_Tarjetas_Inyectado                | 23 fields defined, 55 records    | GOLIATH_Tarjetas_Inyectado                |
| GOLIATH_Tarjetas_Inyectado_Insumos        | 6 fields defined, 110 records    | GOLIATH_Tarjetas_Inyectado_Insumos        |

Gráfico 2. Estructura de Tablas SCG-Fion

<sup>5</sup> Manéjador de Base de datos empleado en el estudio, seleccionado por su versatilidad y comodidad en el diseño.

Como se puede observar a continuación, dichas tablas cuentan con campos que permiten "amarrar" registros de unas a otras a fin de que se conserve la agrupación de los formularios. El siguiente diagrama muestra como las tablas de la base de datos se vinculan unas a otras:

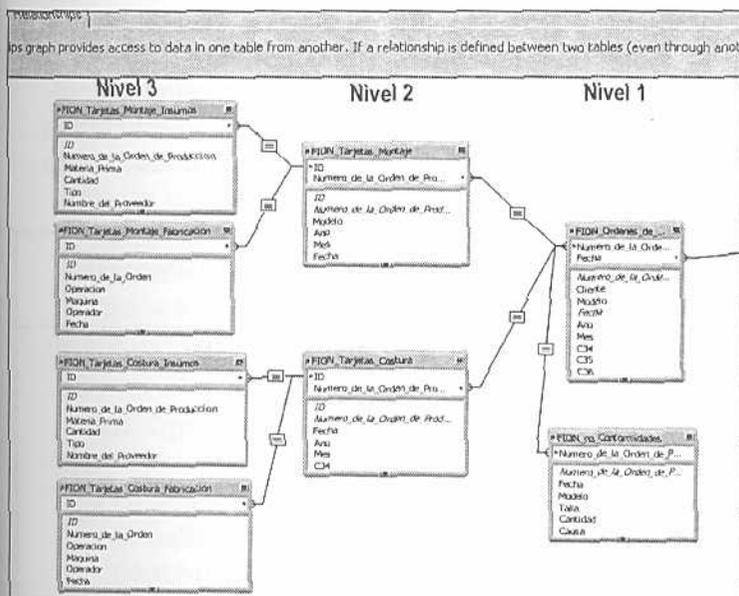


Gráfico 3. Diagrama de Relaciones entre Tablas para la Línea Good Year

Importante en este punto es explicar la estructura de la base de datos. Primeramente, cada línea de zapatos posee una tabla en la que se almacenan las ordenes principales de producción, en otras palabras, aquí se guardan las características principales de una orden, su código, modelo, cliente, tallas etc. (Nivel 1). Por debajo de esa tabla existe otra la cual almacena los lotes producidos para completar la orden principal (Nivel 2). En esta segunda tabla se almacena principalmente el número de pares que se realizaron en ese lote. Por último, por debajo de esta, existen dos tablas más las cuales sirven para almacenar los insumos y las condiciones del proceso al momento de procesar la suborden, en otras palabras, se están almacenando cantidad de insumos, marcas, tipos, personal que interactuó con la orden, las maquinas y sobre todo la fecha en la cual la orden pasó por las estaciones (Nivel 3). Todo esto puede ser visto en el diagrama superior comenzando de derecha a izquierda.

El siguiente paso luego de crear el esqueleto de la base de datos, es generar la interfase que permita al usuario interactuar con la información (introducirla, editarla, borrarla y consultarla). El principal aspecto que se consideró para este punto fue el

que la estructura de las pantallas fueran familiares al usuario de la empresa y además guarden concordancia con las tablas ya creadas, por ejemplo, una primera pantalla que permita ver las ordenes principales, la siguiente para ver las subórdenes y la siguiente para ver los insumos y los procesos de fabricación de esta.

Dado que la base de datos fue diseñada a partir de los formularios de la empresa, se decidió generar las pantallas de igual manera a fin de que el programa le fuera aun más familiar a los usuarios.

Formulario original de producción con campos para fecha, modelo, talla, cantidad y una lista de operaciones.

| Operación / Actividad                                | Máquina  | Operador | Fecha | Verificada |
|--|----------|----------|-------|------------|
| 1. Planilla a Horno                                  |          |          |       |            |
| 2. Prensado y Cort                                   |          |          |       |            |
| 3. Cortar Sistema de Cámara y Colocar Huera (manual) |          |          |       |            |
| 4. Montado del Corte                                 |          |          |       |            |
| 5. Molidos de Tapa                                   |          |          |       |            |
| 6. Empalmado   |          |          |       |            |
| 7. Buzlear   |          |          |       |            |
| 8. Colocar Paga                                      | (manual) |          |       |            |
| 9. Solucionar Faltas/Defectos                        | (manual) |          |       |            |
| 10. Montado  |          |          |       |            |
| 11. Prensado de Suela                                |          |          |       |            |
| 12. Puntado  |          |          |       |            |

Formulario digitalizado con campos para fecha, modelo, talla, cantidad y una lista de operaciones con campos para máquina, operador y fecha.

| Operación                        | Máquina            | Operador          | Fecha      | Verificada                       |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|------------|----------------------------------|
| Planilla a Horno                 | 2                  | Hernandez Alberto | 02/02/2004 | <input checked="" type="radio"/> |
| Cortar Sistema y Cámara y Plegar |                    |                   |            | <input type="radio"/>            |
| Montado del Corte                |                    |                   |            | <input type="radio"/>            |
| Molidos de Tapa                  |                    |                   |            | <input type="radio"/>            |
| Empalmado                        |                    |                   |            | <input type="radio"/>            |
| Buzlear                          |                    |                   |            | <input type="radio"/>            |
| Colocar Paga                     | Contreras Wilfredo |                   | 02/02/2004 | <input checked="" type="radio"/> |
| Solucionar Faltas/Defectos       | Hernandez Alberto  |                   | 02/02/2004 | <input checked="" type="radio"/> |
| Montado                          |                    |                   |            | <input type="radio"/>            |
| Prensado de Suela                |                    |                   |            | <input type="radio"/>            |
| Puntado                          | Maria Juan Carlos  |                   | 02/02/2004 | <input checked="" type="radio"/> |
| Lavado con Jabón                 | Rangel Carlos      |                   | 02/02/2004 | <input checked="" type="radio"/> |
| Prensado                         | Sánchez Rony       |                   | 02/02/2004 | <input checked="" type="radio"/> |
| Montado                          | Rangel Carlos      |                   | 02/02/2004 | <input checked="" type="radio"/> |
| Montado de Suela                 | 30                 | Viviana Lyle      | 02/02/2004 | <input checked="" type="radio"/> |
| Prensado de Suela                |                    |                   |            | <input type="radio"/>            |
| Buzlear en Corte                 |                    |                   |            | <input type="radio"/>            |
| Puntado de la Punta              |                    |                   |            | <input type="radio"/>            |
| Laminar en Corte                 |                    |                   |            | <input type="radio"/>            |
| Montar el Zapato con el Colgado  | Hernandez Lyle     |                   | 02/02/2004 | <input checked="" type="radio"/> |
| Finalizar en Corte               | Portuguez Carlos   |                   | 02/02/2004 | <input checked="" type="radio"/> |

Gráfico 4. Comparación entre Formulario Original y SCG-Fion

### 6.5. Carga de Datos

A medida que la base de datos era desarrollada, lo cual sin duda alguna es el trabajo mas duro de toda la implantación, la empresa comenzaba a

ingresar la información que el proceso generaba. Por decisión de la misma, la información histórica iba a ser cargada hasta principios del año 2004 dando prioridad sin embargo, a la información mas reciente. En este punto es importante resaltar el hecho de que este tipo de procesos toma tiempo y paciencia para llegar a un punto donde la información pueda ser utilizada. En muchos casos, la información histórica no es de mucha utilidad y lo más recomendable es tomar como punto de partida el presente y dedicar el tiempo extra en la mejora minuciosa del sistema.

**6.6. Desarrollo de la Interfase de Análisis**

Como se mencionó anteriormente, el software utilizado para esta etapa es Microsoft Excel. Como parte de la instalación de Filemaker, se incluye lo que se denomina ODBC Driver, lo cual no es mas que una pequeña aplicación que se incrusta en Windows y hace que se establezca un puente de datos entre dos programas, en nuestro caso, Filemaker y Excel.

Una vez instalado esto, a través de un proceso sencillo de selección se elige la tabla de Filemaker que se desea importar. Una de las principales ventajas de este puente es que es dinámico, los datos que vienen desde la base de datos cambian a medida que la base de datos cambia, lo cual asegura que la información reflejada en Excel es siempre la más actualizada y precisa.

En el caso de la Empresa A, los reportes que se iban a generar fueron divididos en áreas: producción, recursos, calidad y ventas. En cada uno de ellos se calculaban los indicadores que una vez fueron plasmados en la Matriz Gemba.

No es necesario detallar aun más sobre el procedimiento de creación de dichos reportes, dado que se trata de un procedimiento estándar dentro del uso de Excel y tal como se mencionó antes, esta guía no pretende convertirse en un manual acerca del uso de un software en especial.

**6.7. Desarrollo de la Interfase de Publicación**

Tal y como se muestra en el gráfico 3, restaba implementar dentro del SCG un medio de publicación que permita distribuir dentro de la empresa, en los lapsos convenientes, la información referente a los indicadores de control del sistema.

El primer paso fue analizar los medios de comunicación que funcionan dentro de la empresa. En el caso en cuestión, la compañía posee una infraestructura de red bien instalada que permite el intercambio de información entre su personal, la cual es apropiada como medio de publicación para el SCG .

Tomando esto en cuenta, se procedió a diseñar una página Web que centralizara los distintos componentes del sistema y que pudiera ser utilizada internamente por la empresa. A continuación se puede apreciar su contenido:

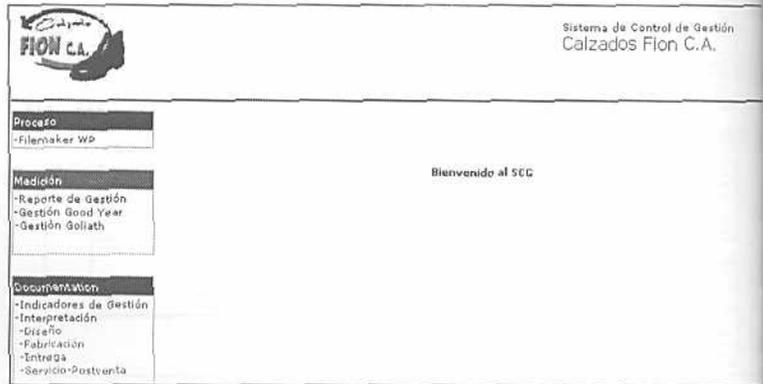


Gráfico 5. Medio de Publicación del SCG-Fion

Se aprecia como se estructuró en tres partes. La primera se denominó Proceso y en él es posible abrir, en interfase Web, Filemaker y examinar la base de datos, inclusive teniendo la posibilidad de editar datos si se está autorizado. Esta aplicación luce de la siguiente manera:

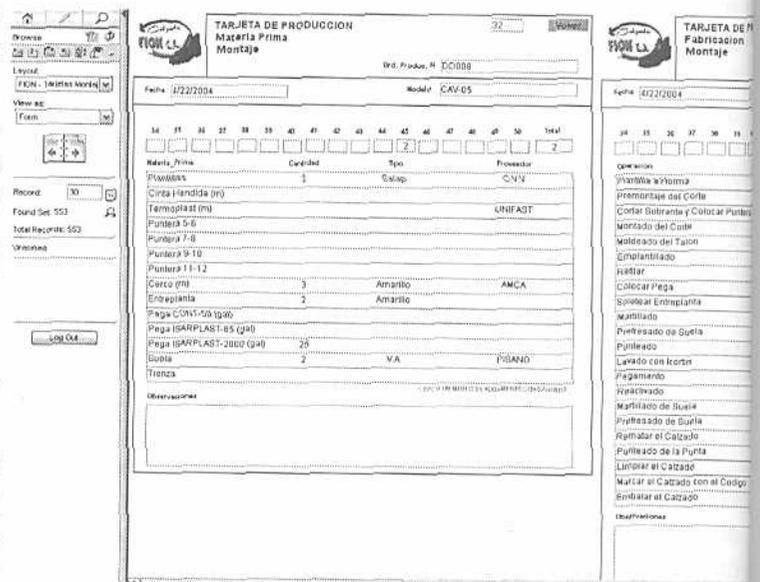


Gráfico 6. Interfase Web de Filemaker

Es interesante destacar que en el caso de Fion, toda la data alimentada fue realizada a través de este sistema "Web" lo cual puso a prueba su estabilidad, utilidad y seguridad.

La segunda parte que compone el medio de publicación se denominó **Medición**. En ella, se colocaron vínculos a archivos que pueden ser descargados a través de la red de la compañía en formatos como PDF o Excel. El administrador del SCG solo debe sobrescribir en el servidor el archivo con una nueva versión para hacerlo disponible al resto de la empresa.

La tercera y última parte se denominó **Documentación** y en ella se pueden colocar documentos relacionados con el uso del SCG como por ejemplo la Matriz Gemba o este mismo documento.

### 6.8. Oportunidades durante la Implementación

- La empresa se encontraba comprometida con el éxito del sistema y estableció relaciones ganar-ganar durante el desarrollo.
- La empresa dedicó recursos al desarrollo, como por ejemplo espacio en sus equipos y personal dedicado a la alimentación de información en el sistema.
- La empresa ya contaba con documentos en donde se recopilaba la información.

### 6.9. Diagramas Finales

La estructura final una vez adaptado e implantado el SCG en la empresa, fue la siguiente:

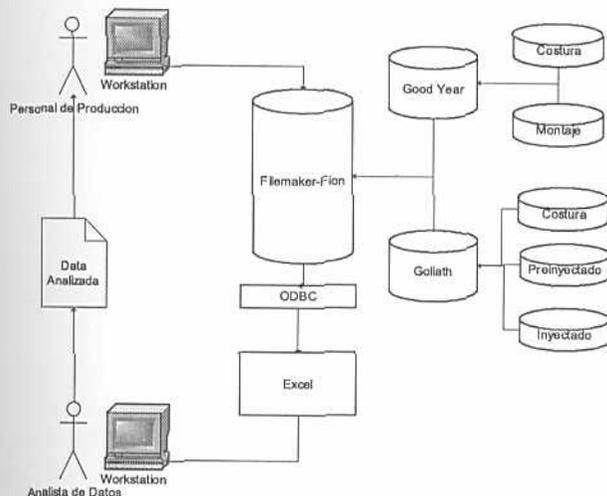


Gráfico 7. Estructura Final del SCG-Fion

## 7. CONCLUSIÓN GENERAL

Antes de concluir y habiendo evidenciado el éxito de las pruebas piloto, es importante hacer mención del papel que jugó el empleo de la metodología concebida inicialmente. Sin duda alguna, esta se convirtió en el camino a seguir durante toda la investigación y evidenció su importancia en momentos donde no se siguieron sus pautas. Esto no solo causó resultados iniciales no conformes sino que ocasionó retrabajo en búsqueda de su solución.

La metodología aplicada sufrió un proceso de mejora continua, a la par de la realización de las pruebas piloto, originando un resultado de mayor calidad que se evidenció al momento de realizar la segunda prueba, debido a que el proceso en general fue mucho más sencillo y eficiente. Esto demuestra claramente la posibilidad de concebir un paquete cada vez más genérico y de mayor alcance dentro del entorno PyME. Sin embargo, con el fin de conservar su fácil aceptación por la empresa, siempre será requerida una etapa de adaptación que refleje exactamente los procesos llevados a cabo, en un lenguaje familiar para las mismas, lo cual se conoce como parametrización<sup>6</sup>.

**Combinando un buen establecimiento de los principios de Control de Gestión, una inteligente selección de herramientas, una satisfactoria realización de pruebas piloto y la oportuna retroalimentación de ambas empresas, es posible asegurar el éxito del estudio en el diseño e implantación de una metodología de Control de Gestión para PyMEs de manufactura.**

## 8. RECOMENDACIONES

Como parte final del estudio, es conveniente proponer algunas recomendaciones que complementen las propuestas hechas con antelación:

- La universidad, en su misión de ayudar al desarrollo de la región, debe de ser portavoz de los conocimientos relacionados con el Control de Gestión, preparando a sus integrantes y difundiendo los conceptos básicos en las empresas de la zona, a fin de despertar el interés

<sup>6</sup> Definir variables que, en una familia de elementos, sirvan para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico basados en un estándar.

y proactividad de las mismas empresas en el desarrollo de sus propios SCG.

- La iniciativa anterior permitirá evaluar la posible generalización de la metodología, no solo a todas las empresas de manufactura, sino inclusive de servicios. Esto puede ser logrado a través de trabajos especiales de grado posteriores en la misma universidad.
- Aunque se ha evidenciado el impacto positivo que ha tenido la implantación dentro de las empresas, es conveniente que se evalúe con mayor detenimiento el beneficio real aportado sobre la gestión y sobretodo en la rentabilidad de las empresas, realizando comparaciones objetivas entre la situación actual y la alcanzada luego de la implantación. Aunque podría ser impulsado a través de trabajos de grado, su estudio es de mayor alcance y tiempo, por lo que requeriría el apoyo de la universidad y su posible sinergia con otras iniciativas similares, como la de "Clínica de PyMEs"<sup>7</sup>.

Para mayor información: [www.mysit.com](http://www.mysit.com)

---

7 Iniciativa de la Universidad Católica Andrés Bello enfocada hacia la evaluación y mejora de la situación económica de las PyMEs a nivel nacional.



# LA INFORMACIÓN COMO UNA CAPACIDAD ORGANIZACIONAL: UN PLANTEAMIENTO EN EL CONTEXTO DE MODELOS DE ALINEAMIENTO Y DESDE LA PERSPECTIVA DE RECURSOS Y CAPACIDADES

## RESUMEN

Si bien la era post-industrial proyecta a la "información" como un factor esencial en el proceso de toma de decisiones, percepción del entorno y creación de conocimiento, se ha observado más bien una focalización en la inversión y despliegue de "sistemas y tecnologías" adjetivadas de "información" más que en la información en sí. En este sentido, esta investigación adopta una posición centrada en la "información", percibida como una capacidad organizacional de valor estratégico en la organización contemporánea. El propósito esencial de este trabajo es la definición de una "Capacidad de información organizacional" asociada al uso y administración efectiva de la información en el negocio. Su formulación se establece tomando como base las diferentes percepciones del concepto información y los planteamientos de la perspectiva de recursos y capacidades (PRC). Adicionalmente, la "Capacidad de Información Organizacional" se expone como un factor de alineamiento que refleja la acción complementaria y sinérgica de los recursos y capacidades organizacionales que la definen. En este sentido, se contextualiza en el marco del modelo SAM Extendido y MIT90 modificado.

**Palabras Claves:** Información, capacidad, alineamiento, SI/TIC, organización.

■ Alejandro Orero Giménez\*

■ Jorge Alfaro Pérez\*

\*Grupo de Ingeniería de Organización. ETSI Telecomunicación  
Universidad Politécnica de Madrid. España.

## INTRODUCCIÓN

En el tenor de la permanente interrogante referida a la *incidencia de los Sistemas de Información y Tecnologías de Información y Comunicación (SI/TIC) en el rendimiento de la organización*, este trabajo adopta una posición centrada en la “información” observada como una “*capacidad organizacional*” de valor estratégico en la empresa contemporánea, situando a los SI/TIC como un elemento esencial pero en acción complementaria y sinérgica con otros recursos y capacidades organizacionales [16]. Este planteamiento focalizado en la “información” se explica en razón a: (i) los SI/TIC por sí solas es improbable que sean fuente de ventajas competitivas sostenidas [18]; (ii) las organizaciones, independiente del ámbito en la cual se desenvuelvan, se tornarán cada vez más intensivas en información, lo cual no necesariamente significará que se vuelvan más intensivas en tecnologías asociadas a ella [7]; (iii) se ha observado más bien una tendencia hacia la inversión y despliegue de “sistemas” y “tecnologías”, adjetivadas de “información”, más que a la información en sí [4][7]. Es una falacia suponer que una vez “implantada” correctamente una tecnología asociada a la información, inmediatamente surgirá la compartición y responsabilidad de la información.

En este sentido, el propósito esencial de este trabajo es la definición de una “*Capacidad de información organizacional*” asociada al uso y administración efectiva de la información en el negocio. En particular, se consideran tres perspectivas que denotan su planteamiento y relevancia: (a) la información como proceso (apartado 2), (b) la información como capacidad (apartado 3) y (c) la información como factor de alineamiento (apartado 4).

## PERCEPCIONES DE LA “INFORMACIÓN” EN LA ORGANIZACIÓN

Si bien se puede establecer claridad del propósito de la información y de existir cierta convergencia en las definiciones que se postulan respecto del concepto información, es posible observar diversas percepciones que en la práctica han conducido la forma en cómo la información es administrada en la organización. En este sentido se reconocen las percepciones de la información como recurso, producto y proceso, las cuales se entienden en orden de agregación y complejidad creciente, y discriminadas

en relación a la focalización en las personas o en los SI/TIC (Figura-1).

Como “recurso”, la información se considera un factor de producción intangible, la cual observa características particulares

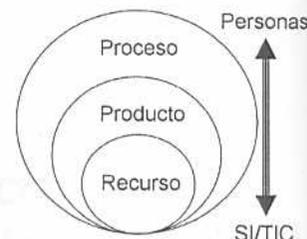


Figura-1: Percepciones de Información en la Organización

respecto de los recursos de producción tradicionales. De hecho, es más que sólo otro factor de producción. El recurso información habilita la efectiva combinación y utilización de otros agentes de producción, en sí es un “meta-recurso” que coordina la movilización de otros activos en el desempeño de la organización. Las postulaciones orientadas a considerar la información como un “recurso” se dieron de manera más expresiva a finales de los años '70's. Según expone Davenport y Prusak [5], a pesar de las premisas que cimentaron esta percepción, ésta se focalizó principalmente en la administración de las TIC's, lo cual desdibujó la idea de la información como recurso en sí.

La consideración de la información como “*producto*” ha permitido la asociación de conceptos relacionados a la administración de calidad total al ámbito de la información. En general, se plantean cuatro principios que sustentan la administración de la información como un producto: entendimiento de las necesidades de información de los clientes, administración de los procesos de producción de información, administración del ciclo de vida de los productos de información, y disponibilidad de un director de producto orientado a la administración de los procesos y productos de información resultantes [8][11]. En esta línea, si bien existe la consideración explícita de satisfacción de necesidades de los “clientes” de los productos de información, ésta se orienta en un mayor porcentaje a observar aspectos “tecnológicos” de los productos de información. Se manifiestan relevantes en este sentido, los aspectos asociados a características intrínsecas de los productos, su presentación y las facilidades de acceso y manipulación de dichos productos de información.

Naturalmente, las dos percepciones anteriores no son contraproducentes a los propósitos de la información, de hecho establecen un grado de especificidad creciente respecto a lo que se puede entender por información y en relación a la consolidación de las prácticas de su administración en la organiza-

ción. Sin embargo, un aspecto a cuestionar es la tendencia que han exhibido en la excesiva atención dispuesta a aquellos sistemas y tecnologías adjetivadas de información pero no en la información en sí. En resumen, estas dos percepciones de la información manifiestan una tendencia a equiparar "información" con aquellas tecnologías asociadas a ella. Más SI/TIC presupone mayor información.

Una perspectiva complementaria a las anteriores es observar a la información no como "objeto" sino como un ente abstracto asociado a un proceso humano [2][3][17]. Devlin [6], indica que la información no es física ni mental, existe entre el mundo físico que nos rodea y el mundo mental de los pensamientos humanos. Al considerar esta perspectiva de la información sobresale la necesidad de entender los factores conductuales y sociales en el marco de los cuales la información es creada y utilizada. En particular, Cornella [3] observa que en este proceso intervienen factores complejos como por ejemplo: la química entre el informador y el informado, el prestigio, las expectativas, los modelos mentales y procesos cognitivos. Y que sólo puede hablarse de información cuando alguien deviene informado, de manera que ha habido información cuando ha habido comunicación.

En referencia al planteamiento anterior, la información como producto, esta percepción asocia la información más bien al concepto de "servicio", asumiendo las cualidades de éstos en general [12]: la información es intangible, considerándose un bien que se debe "experimentar" para otorgarle valor; la información es simultánea, se crea y consume a la vez en un proceso cíclico y recursivo "necesidades-búsqueda-uso"; la información es variable, su valor depende de su especificidad: quién, cuándo y dónde se use; la información es perecedera, aún cuando la información no se consume, sino que se crea permanentemente, es imposible almacenarla para un uso futuro.

En resumen, la información se asocia a un "proceso" que transforma "representaciones de información" en conocimiento y/o acción, enmarcado en un cierto tipo de brecha de conocimiento, capacidad cognitiva, modelos mentales, condición emocional y social de los individuos. *La información como proceso*, plantea la necesaria transición desde como las personas usan los SI/TIC a una centrada en como las personas usan de manera efectiva la información; así como una transición desde la

percepción organizacional de la información como "recurso/producto" a la consideración adicional de la información como un "proceso humano". Ambos aspectos son relevantes en razón a: (i) el rol esencial de las habilidades y conocimientos de las personas en el "uso" de la información, ya sea con un propósito de toma de decisiones, entendimiento del entorno o creación de conocimiento [20]; y (ii) el rol esencial de las habilidades y conocimientos de las personas en el "uso" de la información en la conformación de una capacidad organizacional que sea reflejo de la habilidad del negocio en el uso y administración efectiva de la información [9]. Este proceso se caracteriza como cognitivo, situacional y dinámico. *Cognitivo/Afectivo*, dado que remarca un proceso de comunicación donde se produce información dotándola de forma y propósito en un contexto de estructuras cognitivas y afectivas. Cognitivamente, los individuos enmarcan una situación a sus capacidades y modelos mentales. Afectivamente, las emociones alertan, condicionan y/o conducen el proceso hacia aquello que se percibe importante en base a las experiencias pasadas. *Situacional*, dado que el desarrollo y resultado del proceso depende de quién, dónde y cuándo se realiza. En el proceso inciden los valores, creencias y supuestos individuales y del grupo, así como los atributos sociales y físicos del entorno del proceso. *Dinámico*, dado que el proceso es cíclico y recursivo, sin una secuencia predeterminada de los sub-procesos de identificación de necesidades, búsqueda y uso de la información. Se asume dinámico además dado la constante re-configuración de los aspectos situacionales.

## LA INFORMACIÓN COMO UNA CAPACIDAD ORGANIZACIONAL

La perspectiva de estrategia "basada en los recursos y capacidades" percibe a la organización como un conjunto único de recursos y capacidades idiosincrásicos, donde la creación de valor reside en la explotación de las diferencias. Este planteamiento enfatiza que la obtención y persistencia de ventajas competitivas surgen de la utilización de las características únicas de los recursos y capacidades de propiedad y/o bajo control de la organización. El negocio alcanza y mantiene ventajas competitivas "acumulando" recursos y capacidades que produ-

cen valor económico, son relativamente escasas y no son fácilmente imitadas, adquiridas o sustituidas por otros actores competidores [1][9].

En el apartado anterior, se ha descrito como la información puede ser percibida como recurso, producto y proceso. Sin embargo, desde la PRC la información en general es un "recurso" y como tal ostenta un potencial reducido de crear valor por sí sola. Adicionalmente, desde la percepción de "recurso/producto", la información ha sido asociada fuertemente a los SI/TIC, los cuales por sí solos es improbable considerarlos como fuente de ventajas competitivas sostenidas. Desde este prisma, la información como "recurso/producto" se erosiona rápidamente dado su potencial obsolescencia, imitación y homogenización dada la ubicuidad otorgada por los SI/TIC.

La consideración de la información como "proceso" tiene el valor agregado de resaltar las habilidades y conocimientos de las personas en la creación y uso de la información. Estas habilidades individuales se manifiestan esenciales en la síntesis de una capacidad organizacional asociada al uso de la información dado que, si bien las capacidades superiores reflejan la combinación de capacidades de nivel inferior, las "habilidades organizacionales superiores" no pueden ser formadas directamente sino que sólo pueden ser integradas vía el conocimiento individual de las personas. Un factor esencial en la conformación de ventajas competitivas a partir de las capacidades, radica en la habilidad de la organización para integrar conocimiento especializado individual tácito [9][21][22].

Basados en los argumentos anteriores e influenciado por los trabajos de Caldeira y Ward [23], Peppard y Ward [18] y Andreu y Ciborra [35], se postula un modelo que exhibe la conformación de la "capacidad de información organizacional" tomando como base habilidades, conocimiento, conductas y valores asociados a la información en un nivel de referencia individual (Figura-2). No obstante, la destreza de los empleados para armonizar sus esfuerzos e integrar sus habilidades y conocimientos individuales no sólo depende de sus competencias interpersonales sino también es relevante la existencia de un contexto organizacional. A nivel organizacional, estos recursos individuales se manifiestan en el contexto de roles de actuación enmarcados en la definición y acción de los procesos de negocio, la estructura y cultura organizacional. En particular, se

hace mención a los procesos de información como una representación genérica de los procesos de negocio desde la perspectiva de la información [5]; cultura de información, como referencia en particular a los valores, creencias y conductas asociadas a la información [24]; y roles de actuación de las personas en referencia a la información [8][11][24].

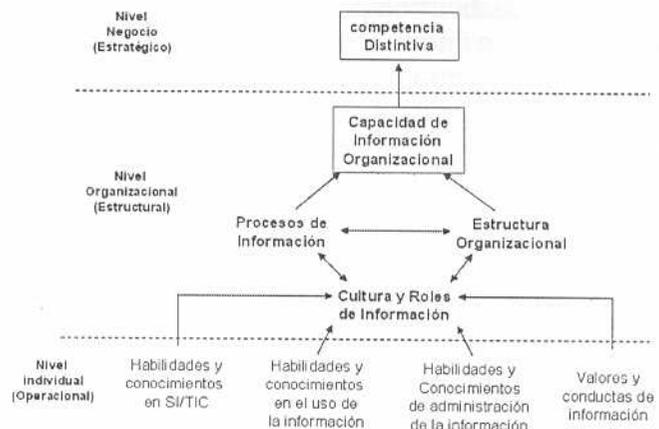


Figura-2: "Uso" de la Información desde la Perspectiva de Recursos y Capacidades (Elaborado a partir de [18][23][35]).

Estos factores o dimensiones de incidencia en la síntesis de una habilidad organizacional de uso y administración de la información han sido también identificados en diversas aportaciones publicadas. Desde la perspectiva de la organización como procesadora de información [25][36][40], se han considerado dos mecanismos fundamentales asociados a la capacidad de procesamiento de información de la organización: la estructura organizacional y los SI/TIC [26][27][28][29]. De forma complementaria, son relevantes las aportaciones de Marchand et al. [30] en la definición de una métrica vinculada a la habilidad de uso y administración de la información a nivel organizacional. En este caso se consideran como dimensiones: los SI/TIC, los procesos de información, y los valores y conductas de información.

En suma y en consideración de los elementos recién expuestos, este trabajo postula que la síntesis de una "capacidad de información organizacional" reside en la acción sinérgica y complementaria de: (i) la habilidad que exhibe el negocio en el uso efectivo de los SI/TIC, (ii) los valores y conductas de información, (iii) la habilidad que exhibe el negocio en administrar el ciclo de vida de la información representado en un modelo de procesos de información y

## LA "CAPACIDAD DE INFORMACIÓN ORGANIZACIONAL" EN EL CONTEXTO DE MODELOS DE ALINEAMIENTO

La información como factor de alineamiento, observa a la "Capacidad de Información Organizacional" como un agente de "ajuste" que conjuga las cuatro dimensiones mencionadas, estableciendo de esta forma una perspectiva de alineamiento centrado en factores estructurales y operacionales. Este planteamiento se expone tomando como base el modelo genérico de administración de la información de Maes [14][15] adaptado del modelo de alineamiento de Henderson y Venkatraman [10], así como el modelo de equilibrio MIT90 [34] y modificado por Orero et al. [19].

Según expone Avison et al. [39], dos modelos de alineamiento son los que más atención han conseguido: el modelo MIT90s [34] y el modelo SAM [10]. En el ámbito de este trabajo consideraremos ambos modelos de forma de contextualizar la "capacidad de información organizacional" como un factor de alineamiento. Sin embargo, en ambos casos se considerarán extensiones realizadas a estos modelos. En primer lugar, se considera el modelo SAM y las extensiones propuestas por Maes [14][15]. En este caso las extensiones se plantean de forma de reconocer el rol de la información en la organización como factor de creación de valor. Las extensiones se concretan en el modelo ampliando las dimensiones de ajuste estratégico e integración funcional, reconociendo el valor subyacente de las interrelaciones de los bloques originales del modelo SAM (Figura-4).

Maes [14][15], expone como área de competencia de la administración de la información el comprendido por los bloques interiores (2, 4, 5, 6 y 8). En particular, se reconoce una estrategia en torno a la información (bloque 2) complementaria a aquella asociada a los SI/TIC (bloque 3). Este planteamiento es concordante con la incorporación de una cuarta dimensión pertinente a la información en el modelo de ajuste organizacional (modelo OFF) [38] propuesta por Michael Earl [37].

El nivel "estructura", se asocia a aquellos factores operacionales que primero deben ser diseñados antes de ser "ejecutados". Considera aspectos estructurales (estructura organizacional, arquitectura de información, arquitectura de SI, infraestructura

(iv) la estructura organizacional como determinante en la habilidad de la organización para procesar información en atención a las diferencias entre una estructura orgánica y mecánica.

### La Capacidad de Información Organizacional como Conocimiento Organizacional Tácito

De forma complementaria, los planteamientos expuestos es posible observarlos desde la perspectiva de tipologías de conocimiento, en consideración de las dimensiones ontológica y epistemológica [31]. En primer lugar, (*punto A*, Figura-3) la percepción de la información como "recurso/producto" expone un carácter de "información objetiva" [32], de "representaciones de información" [6] o de "conocimiento explícito", donde destacan estructura y contenido [33]. En segundo lugar, la percepción de la información como "proceso" expone un carácter de "información subjetiva" [32] en consonancia con el conocimiento tácito. A nivel individual (*punto B*, Figura-3), se observan las habilidades, conocimientos, valores y conductas en relación al uso y administración de la información, las cuales han de ser integradas en la concepción de una capacidad superior. En tercer lugar, (*punto C*, Figura-3) la "capacidad de información organizacional" se expone como una representación del conocimiento organizacional tácito, la cual se orienta al uso y administración de la información resultado de la interpretación de las "representaciones de información" o conocimiento explícito con el propósito de tomar decisiones, entender el entorno y/o crear conocimiento [20].

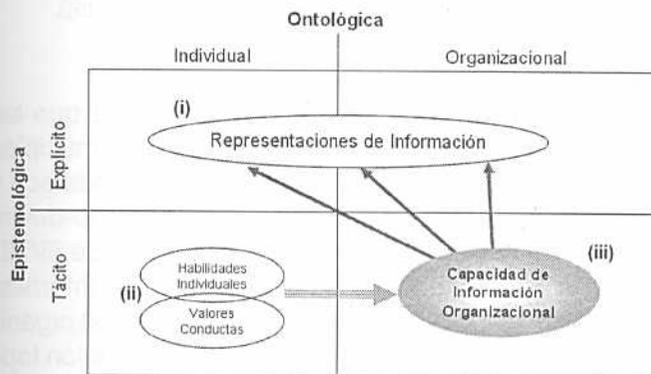


Figura-3: La Capacidad de Información Organizacional como Conocimiento Organizacional Tácito (Elaborado a partir de [31]).

de TIC), capacidades y procesos. El nivel "operacional", se asocia a la operación y evaluación de los procesos, competencias individuales y factores culturales.

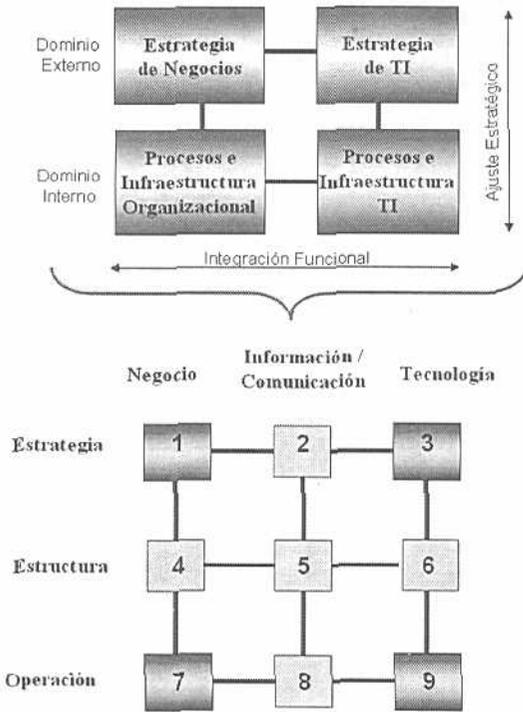


Figura-4: Modelo de Alineamiento SAM Extendido (Propuesto por Maes [14][15]).

### Perspectivas de Alineamiento en el Modelo SAM Extendido

Luftman [13] y Henderson y Venkatraman [10], han expuesto diferentes perspectivas de alineamiento. Los enfoques más simples consideran la integración de dos dominios, por ejemplo, la estrategia de negocio y de SI/TIC. Sin embargo este enfoque exhibe la posibilidad de inconsistencias internas, por ejemplo, al desestimar las dificultades de rediseño de los procesos. En este sentido, se exponen perspectivas de alineamiento de múltiples dominios, específicamente se consideran los patrones: explotación tecnológica, manipulación tecnológica, implementación estratégica e implementación tecnológica [10].

Tomando en consideración el modelo SAM extendido, la "capacidad de información organizacional" se expone como un factor de alineamiento que refleja la acción complementaria y sinérgica de múltiples

dominios (Figura-5). Un mayor nivel de alineamiento se expresaría en una habilidad superior en el uso y administración de la información, la cual en términos de sus dimensiones reflejaría, por ejemplo, (1) una estructura organizacional que facilitaría el flujo de información tanto horizontal como vertical, exhibiría una tendencia a niveles jerárquicos reducidos, una descentralización en la toma de decisiones y un estilo de control con tendencia a la responsabilidad más que a la supervisión; (2) una habilidad de uso efectivo de la arquitectura de SI/TIC; (3) una habilidad de administración del ciclo de vida de la información y el reconocimiento y asimilación de valores y conductas de información.

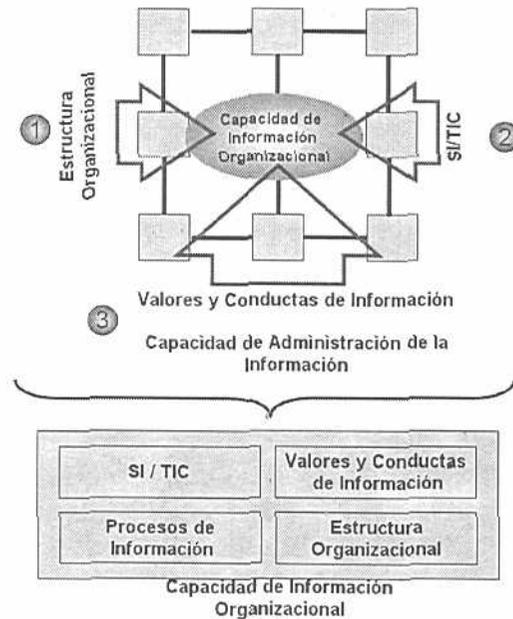


Figura-5: Capacidad de Información Organizacional en el Modelo SAM Extendido (Elaborado a partir de [14][15]).

En términos más específicos, es claro que las cuatro perspectivas de alineamiento de múltiples dominios descritas por Luftman [13] y Henderson y Venkatraman [10] reflejan una orientación top-down, es decir ya sea la estrategia de negocios o de SI/TIC dirigen las subsecuentes consideraciones internas. En referencia a la "capacidad de información organizacional", es posible reconocer una orientación top-down (Figura-6 (a)). En este sentido, es la estrategia de negocios la que definiría el valor de la habilidad de uso y administración de la información y partir de allí incidiría en la estructura y desarrollo de las dimensiones que la constituyen. Por otro lado y en

consideración de las premisas de la PRC, es posible reconocer una orientación bottom-up (Figura-6 (b)). En este caso serían las dimensiones estructurales y operacionales, las que por intermedio de la "capacidad de información organizacional" incidirían en la estrategia de negocio.

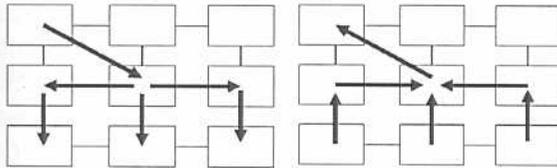


Figura 6: Perspectiva de Alineamiento y su Orientación (Elaboración a partir de [10] [14] [15]).

### Alineamiento en el Modelo MIT90 Modificado

En 1991, Scott-Morton [34] expuso un modelo general del rol de las TIC en la organización. El planteamiento esencial esgrime la necesidad de balance entre cinco dimensiones del negocio de forma de lograr un uso efectivo de las TIC's. Orero et al. [19], modifica el modelo estableciendo un rol preponderante de los SI en relación a las TIC's, y posicionando a los SI como interfaces en la interacción entre las TIC's y la organización (Figura-7).

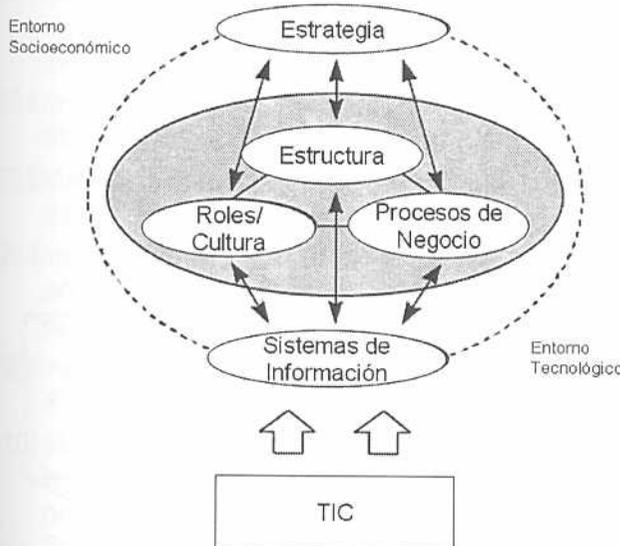


Figura 7: Modelo MIT90 Modificado (Elaborado por [19]).

En este sentido, la organización se observa como cinco fuerzas (estrategia, estructura, cultura, procesos y SI/TIC) en un equilibrio dinámico, cuyo ajuste permanente se manifiesta esencial en la consecución

de los objetivos y supervivencia de la organización. En el momento que se produce un cambio significativo, ya sea en el medio ambiente o en uno o varios de las fuerzas interiores, es necesario ajustar la inestabilidad del sistema vía la intervención en uno o varias de las dimensiones.

La definición de la "capacidad de información organizacional" descrita en este trabajo y las dimensiones subyacentes que la conforman, tienen una correspondencia importante con las fuerzas mencionadas en el modelo MIT90. En este sentido, la concepción de esta capacidad se puede entender como una "métrica" de percepción del "balance" de las dimensiones o fuerzas de la organización que la definen (Figura-8). En el marco de este modelo, dos aspectos se pueden observar: (i) la "capacidad de información organizacional" expone una perspectiva de ajuste sustentada en aspectos estructurales y operacionales, lo cual se ve reforzado desde la PRC que asume una definición estratégica del negocio en términos de lo que ésta puede hacer; y (ii) la necesidad de estudiar la interacción de esta capacidad en relación a la estrategia de negocio y de ambos respecto del rendimiento organizacional. En resumen, el modelo permite observar la participación de las TIC's en la organización, apreciando el valor agregado de los SI y reconociendo que más allá del acceso y/o tenencia de información, se observa un mayor potencial estratégico en la "habilidad organizativa de uso y administración de la información".

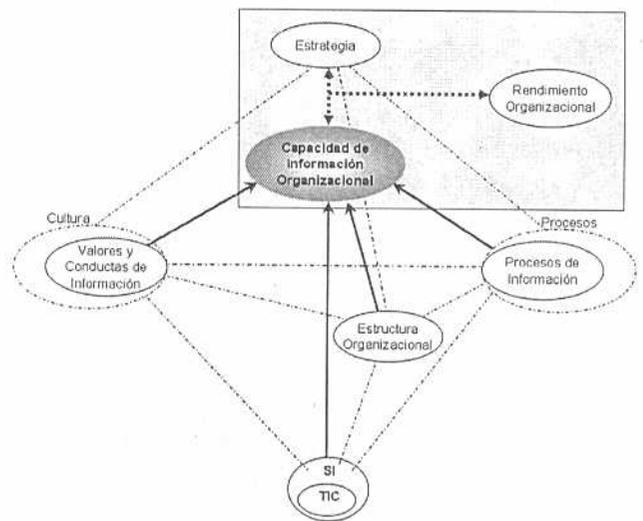


Figura-8: Capacidad de Información Organizacional en el Modelo MIT90 Modificado (Elaborado a partir de [19]).

## COMENTARIOS FINALES

Las organizaciones han establecido inversiones en SI/TIC con la expectativa de ver incrementado su rendimiento organizacional. Sin embargo, los resultados no son concluyentes en este plano. Este trabajo es un intento de aportar en la persistente búsqueda de la incidencia de los SI/TIC en el rendimiento de la organización. En este sentido, se ha establecido una posición más allá de la sola inversión y/o despliegue de SI/TIC, sino que se expone la relevancia de la información como una capacidad organizacional.

Con frecuencia hablar de información se entiende como una referencia directa a los SI/TIC. Este trabajo asume una separación de estos términos, planteando la necesaria transición desde cómo las personas usan los SI/TIC a una centrada en cómo las personas usan de manera efectiva la información; así como una transición desde la percepción organizacional de la información como "recurso/producto" a la consideración adicional de la información como un "proceso humano".

En este sentido, el uso efectivo de la información en la organización no sólo se asocia a las representaciones de información o conocimiento explícito sino que se vincula al desarrollo de conocimiento organizacional tácito, el cual desde la PRC se expone con el potencial de crear ventajas competitivas persistentes en razón a que se considera: valioso, dado su incidencia en las prioridades estratégicas del negocio; escaso, dado su desarrollo idiosincrásico; difícil de imitar, dado su dependencia de la historia y complejidad social (Figura-9).

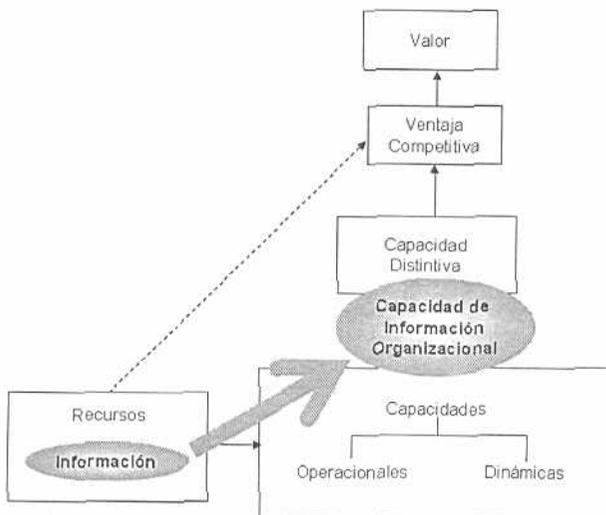


Figura-9: Capacidad de Información Organizacional en el Contexto de la PRC.

De forma complementaria, este trabajo expone la relevancia en la concepción y desarrollo de las prácticas de Administración de la Información (AI) en la organización en el tenor del constructo "Capacidad de Información Organizacional" (Figura-10):

- (i) En primer lugar, la AI es posible entenderla en dos niveles de administración. Por un lado, la AI se perfila hacia la administración de representaciones de información o capital intelectual explícito, en donde es relevante la participación de los SI/TIC. Por otro lado, la AI ha de entender y desarrollar los factores humanos en relación a la información. En este sentido, es primordial el desarrollo de habilidades y conocimientos en la creación y uso de la información, teniendo en consideración valores y conductas de información;
- (ii) En segundo lugar, la AI ha de orientarse a la conformación de una capacidad de administración y uso de la información a nivel organizacional. De esta forma, las prácticas de la AI se consolidarán en una habilidad organizacional valiosa, escasa y difícil de imitar, la cual aporte valor al negocio.

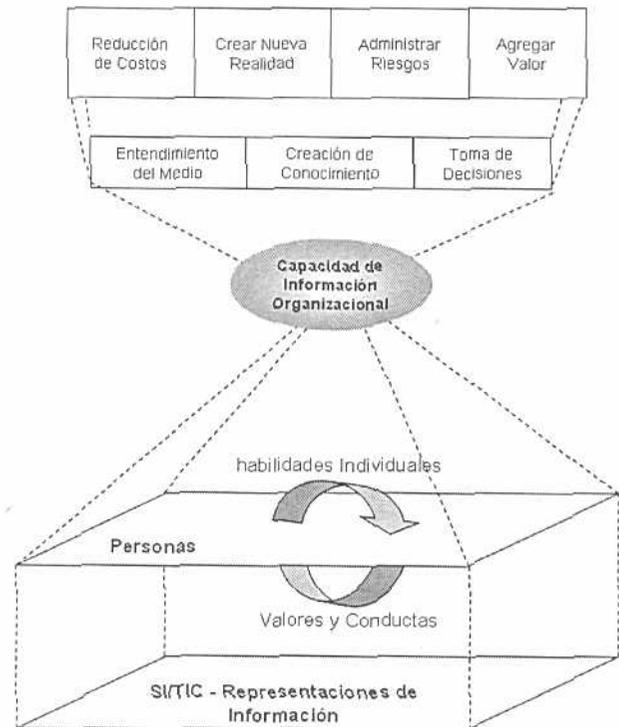


Figura-10: Capacidad de Información Organizacional en el Contexto de la Administración de la Información.

Finalmente, se ha de destacar la valoración empírica realizada del factor "Capacidad de Información Organizacional", tomando en consideración

la incidencia directa en el rendimiento de la organización y el efecto mediado a través de la estrategia de negocios. En particular, Alfaro y Orero [41] [42] exponen el impacto de la "Capacidad de Información Organizacional" en medidas de rendimiento organizacional en consideración de la estrategia de negocios de forma similar al expuesto en la Figura-6 y Figura-8.

## REFERENCIAS

- [1] Barney, J. (2002). *Gaining and Sustaining Competitive Advantage*. Prentice Hall.
- [2] Choo, Ch. (2000). "Closing the Cognitive Gaps: How People Process Information". En Marchand D., Davenport T. (Ed.). *Mastering Information Management Series*, Financial Times of London.
- [3] Cornella, A. (2002). *Informania!Com: La Gestión Inteligente de la Información en la Organización*. Ediciones Deusto.
- [4] Davenport, T. (2000). "Putting the I in IT". En Marchand D., Davenport T. (Ed.). *Mastering Information Management*. Prentice-Hall.
- [5] Davenport, T., Prusak, L. (1997). *Information Ecology: Mastering the Information and Knowledge Environment*, Oxford University Press.
- [6] Devlin, K. (2001). *Infosense: Turning Information Into Knowledge*. W H Freeman & Co.
- [7] Drucker, P. (2001). *Management Challenges in the 21st Century*. Butterworth-Heinemann.
- [8] English, L. (1999). *Improving Data Warehousing and Business information Quality*. Wiley Computer Publishing.
- [9] Grant, R. (2002). *Contemporary Strategy Analysis*. 4<sup>th</sup> ed. Blackwell Publishers Ltd.
- [10] Henderson, J.; Venkatraman, N. (1993). "Strategic Alignment: Leveraging Information Technology for Transforming Organisations". *IBM System Journal*, Vol. 32, No. 1.
- [11] Huang, T., Yang, L., Wang, R. (1999). *Quality Information and Knowledge*. Prentice-Hall.
- [12] Kotler, P. (1999). *Dirección de Marketing*, Prentice Hall.
- [13] Luftman, J. (1996). *Competing in the Information Age*. Oxford University Press.
- [14] Maes, R. (2004). "Information Management: A Roadmap". *PrimaVera Working Papers Series*, Universiteit Van Amsterdam.
- [15] Maes, R. (1999). "Reconsidering Information Management Through a Generic Framework". *PrimaVera Working Papers Series*, Universiteit Van Amsterdam.
- [16] Melville, N.; Kraemer, K.; Gurbaxani, V. (2004). "Information Technology and Organizational Performance. An Integrative Model of IT Business Value". *MIS Quarterly*, Vol. 28, No 2.
- [17] Oppenheim, C., Wilson, R. (2003). "Studies on Information as an Asset I: Definitions". *Journal of Information Science*, 29(3).
- [18] Peppard, J.; Ward, J. (2004). "Beyond Strategic Information Systems: Towards an IS Capability". *Journal of Strategic Information Systems*, Vol. 13, pp. 167-194.
- [19] Orero, A., Chaparro, J., Merino, J. (1996). "The Manage of Organizational Change by Information Systems", 3<sup>rd</sup> IFSAM World Conference.
- [20] Choo, Ch. (1998). *The Knowing Organization: How Organizations Use Information to Construct Meaning, Create Knowledge, and Make Decisions*, Oxford University Press.
- [21] Hamel, G., Prahalad, C. (1996). *Competing for the Future*. Harvard Business Scholl Press.
- [22] Eisenhardt, K., Santos, F. (2000). *Knowledge-Based View: A New Theory of Strategy*. En *Handbook of Strategy and Management*. Pettigrew A., Thomas H., Whittington R. (Ed.), London:Sage.
- [23] Caldeira, M., Ward, J. (2003). "Using Resource-Based Theory to Interpret the Successful Adoption and Use of Information Systems and Technology in manufacturing Small and Medium-Sized Enterprises". *European Journal of Information Systems*, 12:127-141.
- [24] Choo, Ch. (2002). *Information Management for the Intelligent Organization: The Art of Scanning the Environment*. Information Today Inc.
- [25] Tushman, M.; Nadler, D. (1978). "Information Processing as an Integrating Concept in Organizational Design". *The Academy of Management Review*, Vol. 3, No. 3.
- [26] El Louadi, M. (1998). "The Relationship Among Organizations Structure, Information technology and Information Processing in Small Canadian

- Firms*". Canadian Journal of Administrative Sciences, 15(2).
- [27] Mendelson, H. (2000). "Organizational Architecture and Success in the Information Technology Industry". Management Science, 46(4).
- [28] Wang, E. (2001). "Linking Organizational Context with Structure: A Preliminary Investigation of the Information Processing View". The International Journal of Management Science, 29:429-443.
- [29] Wang, E. (2003). "Effect of the Fit Between Information Processing Requirements and Capacity on Organizational Performance". International Journal of Information Management, 23:239-247.
- [30] Marchand, D., Kettinger, W., Rollins, J. (2002). *Information Orientation: The Best Link to Business Performance*. Oxford University Press.
- [31] Spender, J. (1996). "Organizational Knowledge, Learning and Memory: Three Concepts in Search of a Theory". Journal of Organizational Change Management, 9(1).
- [32] Callaos, N., Callaos, B. (2001). "Toward a Systemic Notion of Information: Practical Consequences". Informing Science, Junio.
- [33] Zack, M. (1999). "Managing Codified Knowledge". Sloan Management Review, 40(4).
- [34] Scott Morton, M. (Ed) (1991). *The Corporation of the 1990's*. Oxford University Press.
- [35] Andreu, R., Ciborra, C. (1996). "Organizational Learning and Core Capabilities Development: The Role of IT". Journal of Strategic Information Systems, 5:111-127.
- [36] Sankar, Y. (2003). "Designing the Learning Organization as an Information-Processing System". Int. Journal of Organization Theory and Behavior, Vol. 6, No 4.
- [37] Earl, M. (2000). *Every Business is an Information Business*. En Marchand D., Davenport T. (Ed). *Mastering Information Management*, Prentice-Hall.
- [38] Earl, M. (1996). *Integrating IS and the Organization: A Framework of Organizational Fit*. En Earl M. (Ed.). *Information Management: The Organizational Dimension*, Oxford University Press.
- [39] Avison, D., Jones, J., Powell, P., Wilson, D. (2004). "Using and Validating the Strategic Alignment Model". Journal of Strategic Information System, 13:223-246.
- [40] Galbraith, J. (1977). *Organizational Design*, Addison Wesley.
- [41] Alfaro, J., Orero, A. "Impacto de los Sistemas y Tecnologías de Información en el Rendimiento Organizacional: Una Perspectiva Focalizada en la Información". XV Congreso Anual de la Asociación Científica de Economía y Dirección de Empresa (ACEDE), España (2005).
- [42] Alfaro, J., Orero, A. "La Información como una Capacidad Organizacional: Incidencia en la Estrategia y Rendimiento del Negocio". IX Congreso de Ingeniería de Organización, España (2005).

mas y  
miento  
da en  
Aso-  
ón de

como  
cia en  
o". IX  
, Es-

# **DE LOS RECURSOS Y CAPACIDADES DE LA ORGANIZACIÓN AL CAPITAL INTELLECTUAL, LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO, Y EL APRENDIZAJE ORGANIZATIVO: POSIBILIDADES DE UN MODELO INTEGRADO A TRAVÉS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

## **RESUMEN**

La mejor valoración y desarrollo de las organizaciones representa una problemática que ha sido abordada a través de diversos enfoques, entre los que destacan la Teoría de los Recursos y Capacidades, el Capital Intelectual, la Gestión de Conocimiento, y el Aprendizaje Organizacional, entre otros. Todas estas aproximaciones se ven potenciadas a través del uso adecuado de los Sistemas de Información sobre la base de una acertada gestión. Sin embargo, estos enfoques son, generalmente, aplicados de manera independiente y no simultánea, de modo que los encuentros entre ellos no son potenciados a través de un posible enfoque integrado. Este trabajo presenta un estudio de posibles elementos comunes de estas aproximaciones, y plantea una propuesta de un modelo sistémico integrado, considerando siempre la presencia de Sistemas de Información (SI/TI). Entre las conclusiones más relevantes de este estudio destacan la posibilidad de un enfoque integrado de la Teoría de los Recursos y Capacidades, el Capital Intelectual y

### ■ Sergio Araya

Grupo de Ingeniería de Organización, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 28040, España.

Departamento de Sistemas de Información, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

### ■ Lourdes Ortiz

Grupo de Ingeniería de Organización, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 28040, España

Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela

### ■ Julián Chaparro

Grupo de Ingeniería de Organización, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 28040, España

la Gestión de Conocimiento, incorporando el Aprendizaje Organizativo, y el modelo de una investigación futura que permita demostrar la equivalencia de aspectos considerados como comunes entre los conceptos de cada una de las aproximaciones mencionadas, así como la relación entre ellos.

**Palabras Clave:** Recursos, Capacidades, Capital, Conocimiento, Aprendizaje, Gestión.

## 1. INTRODUCCIÓN

Cada vez resulta más natural encontrar que el valor de las organizaciones está determinado por aspectos tangibles e intangibles y una prueba de ello es el impacto que han generado conceptos como Capital Intelectual, Gestión del Conocimiento, Recursos/Capacidades, y Aprendizaje Organizacional. En tal sentido, el conocimiento se ha ubicado como uno de los recursos más importantes de la organización, donde su adecuada gestión puede constituir una capacidad de extremo interés que debe poseer una organización que desea aprovechar este recurso. Además, dentro de tales recursos y capacidades de la organización también se encuentran los relacionados con los SI/TI, los que, a través del tiempo, han adquirido una mayor relevancia dada la posibilidad que ofrecen de ser utilizados estratégicamente, constituyendo un aporte para el desarrollo de una organización.

Luego, si los recursos y capacidades asociados a los SI/TI y la gestión del conocimiento, así como el capital intelectual y el aprendizaje organizativo, pueden tener una influencia en el desarrollo de la organización, entonces podría ser interesante plantear algún tipo de relación entre estos elementos, de modo que en forma sistémica se logre potenciar las mejores prácticas y conceptos de estas aproximaciones a la problemática organizacional, generando un modelo que potencie el desarrollo futuro del negocio.

En este contexto surgen las preguntas que han motivado el desarrollo de esta investigación:

- i. ¿Existen encuentros claros en los conceptos manejados de manera independiente por la Teoría de Recursos y Capacidades, el Capital Intelectual, la Gestión del Conocimiento, y el Aprendizaje Organizativo?
- ii. ¿Es posible crear un modelo integrado de las teorías o perspectivas antes mencionadas?

- iii. ¿Un modelo integrado de estas teorías se ve potenciado por el uso de Sistemas de Información?
- iv. ¿Es posible definir el modelo de una posible futura investigación que de manera empírica demuestre la correspondencia de conceptos y efectividad del modelo integrado antes mencionado?

Estas preguntas están fundamentadas en las siguientes hipótesis:

- i. Sí existen encuentros en los conceptos de las teorías o enfoques antes mencionados y algunos de ellos son:
  - i.1. El conocimiento es un recurso de la organización cuando el mismo se encuentra de manera explícita.
  - i.2. El conocimiento es una capacidad de la organización cuando el mismo se encuentra de manera tácita.
  - i.3. Si se gestiona adecuadamente el conocimiento tácito (capacidad) se podrá incrementar de manera notable los recursos de la organización (incluyendo al conocimiento).
  - i.4. Si se gestiona adecuadamente el conocimiento explícito, tal como los recursos, se podrá lograr el incremento de los mismos.
- ii. Sí es posible crear un modelo integrado de las teorías antes mencionadas y el mismo se basa en las semejanzas de conceptos y posibles relaciones con las partes más específicas de cada enfoque.
- iii. Los Sistemas de Información potencian la posible aplicación de un modelo integrado de los enfoques planteados.
- iv. Puede definirse una investigación futura a fin de demostrar en la práctica lo que este trabajo presenta en una perspectiva teórica.

## 2. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Perspectiva de Recursos y Capacidades

En el último tiempo, los estudios sobre el desarrollo estratégico de las organizaciones, han dado una importancia significativa a los recursos y capacidades que se poseen [31] [11] [7] [17] [36] [3] [12] [2] [14], considerando estos dos elementos como

activo  
compe  
nada i

El a  
de ex  
y que  
compe  
compe  
que la  
capaci  
[36] [1

En  
capaci  
Navas  
empre  
diant  
habilit  
Lo imp  
conozc  
y profu  
poseer  
ficación  
aquellos  
alcanza  
hará po  
el largo

Los  
ces, co  
tajas co  
en el tie  
de una  
solidez  
compe  
En este  
que "el  
y capac  
termina

### 2.2.

En e  
que ren  
moso e  
las pist  
el valor  
lectual'  
acción  
puro in  
conside  
como u

activos que pueden permitir el logro de ventajas competitivas, y que tienen, por tanto, una determinada incidencia en el desempeño organizacional.

El análisis de los recursos y capacidades trata de explicar por qué empresas del mismo sector, y que por lo tanto se enfrentan al mismo entorno competitivo, tienen resultados diferentes (ventajas competitivas, desempeño, rentabilidad), señalando que la razón de ello se relaciona con los recursos y capacidades que posee cada organización [5] [35] [36] [15] [28] [3] [30].

En consecuencia, el análisis de los recursos y capacidades tiene como objetivo, como señalan Navas y Guerras [28], "identificar el potencial de la empresa para establecer ventajas competitivas mediante la identificación y valoración de los recursos y habilidades que posee o a los que puede acceder". Lo importante es, entonces, que las empresas se conozcan a sí mismas, comprendiendo completa y profundamente los recursos y capacidades que poseen [18], centrando su atención en la identificación, desarrollo, protección, y despliegue de aquellos recursos y capacidades que le permitan alcanzar ventajas competitivas sostenibles, lo que hará posible la obtención de rentas superiores en el largo plazo [1] [36].

Los recursos y capacidades se visualizan, entonces, como elementos que permiten alcanzar ventajas competitivas [27] [2] que podrían sostenerse en el tiempo [6] [27], que determinan el rendimiento de una empresa [3] [34], que entregan estabilidad y solidez para construir, a partir de ellos, estrategias competitivas [8], por medio de su integración [25]. En este sentido, Amit y Schoemaker [1] señalan que "el tipo, magnitud y naturaleza de los recursos y capacidades de la empresa son importantes determinantes de su rentabilidad".

## 2.2. Perspectiva del Capital Intelectual

En el nuevo mundo de los negocios, "tenemos que remontarnos hasta el año 1969, cuando el famoso economista John Kenneth Galbraith nos dio las pistas sobre cómo afrontar este desajuste en el valor cuando acuñó el concepto de 'capital intelectual'. Él sugirió que capital intelectual significa acción intelectual más que mero conocimiento o puro intelecto. Así, el capital intelectual se puede considerar tanto una forma de creación de valor como un activo en su sentido tradicional... Resulta

claro que la buena dirección se ha convertido en algo más que en la administración de un sólido activo y de los 'recursos humanos'. La capacidad para visualizar, evaluar y estudiar el crecimiento o el declive del capital intelectual de la compañía se convertirá en una especialidad administrativa cada vez más importante." [32].

"Entendemos Capital Intelectual como un lenguaje para pensar, hablar y actuar de los conductores de los futuros beneficios de las compañías. El Capital Intelectual abarca las relaciones con los clientes y los socios, los esfuerzos innovadores, la infraestructura de la compañía y el conocimiento y la pericia de los miembros de la organización." [32].

Navas y Ortiz de Urbina [29] señalan que el capital intelectual puede entenderse como "el conjunto de recursos intangibles que dispone una empresa en un momento determinado del tiempo, es decir, por todos aquellos activos y habilidades basados en la información y el conocimiento".

"Por otro lado se ha prestado mucha atención al problema de evaluar el conocimiento. El concepto de capital intelectual representa la fusión de estas dos corrientes del pensamiento: se ocupa tanto de la administración y la medida del conocimiento como de otra serie de factores intangibles de la compañía." [32].

Para Stewart [33], el capital convencional -capital financiero y físico- no ha desaparecido y no lo hará, pero se reconoce la importancia del capital del conocimiento como producto y proceso que agrega valor al trabajo. Es inevitable que el conocimiento se haga cada vez más importante, siendo el más importante capital de la organización.

## 2.3. Perspectiva de Gestión de Conocimiento

El enfoque basado en el conocimiento considera que el conocimiento es uno de los recursos, o el recurso, más importante o estratégico dentro de la organización, el que aporta más valor añadido a la empresa y el más difícil de transferir e imitar [18] [19], constituyendo una fuente de ventajas competitivas sostenibles en el tiempo [19], y que la gestión del conocimiento puede entenderse como el conjunto de procesos que, utilizando el conocimiento, llevan a cabo la identificación, creación, desarrollo, despliegue y explotación de los recursos intangibles existentes en la empresa [29].

Dos ideas que es interesante rescatar son: (i) El conocimiento dentro de una organización puede manifestarse en forma individual (a través de cada persona) o bien ser colectivo (a nivel organizacional) [29]. En este sentido, este conocimiento colectivo se relaciona con el aprendizaje de la organización; (ii) Las capacidades de conocimiento se pueden definir como “las habilidades para movilizar y desplegar recursos basados en conocimiento en combinación con otros recursos y capacidades” [9]. Mientras el conocimiento se considera como un recurso la gestión del conocimiento se puede plantear como una capacidad.

De acuerdo a Nickols, referido por Cortada y Woods [10], se distinguen, tres interpretaciones de la palabra conocimiento: (i) Estado de conocer o estar familiarizado con algo “know about”, (ii) Capacidad de acción o entendimiento de hechos, métodos, principios y técnicas, para hacer que algo ocurra “know how”, y (iii) Codificación, captura y acumulación de hechos, métodos, principios, técnicas, etc.

Esta diferenciación lleva a la definición de tres tipos básicos de conocimiento cuya distinción se ilustra en la figura 1 (Tipos de conocimiento):

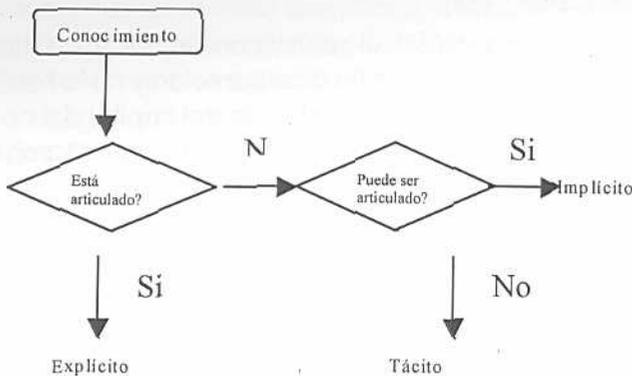


Figura 1. Tipos de Conocimiento. Fuente: Cortada y Woods[10]

El conocimiento en su sentido estratégico, para Saint Onge, referido por Zack [37], sigue el continuo de evolución del dato y la información, teniendo como meta inmediata su evolución al estado de la llamada sabiduría, donde domina el conocimiento tácito y la integración.

Para Saint Onge [10], el conocimiento de una organización está medido en su cultura, provee los

nodos o puntos de entrada por los cuales la información es transmitida y procesada para generar conocimiento. El pensamiento colectivo maquila la cultura organizacional a través de filtros de acceso a conocimiento para futuras aplicaciones. Si existe una comunicación efectiva y el intercambio de conocimiento explícito en la cultura de la organización, entonces se puede comenzar a tener un mínimo nivel de congruencia de conocimiento tácito. La diversidad de visiones individuales proporciona variedad de perspectivas para el negocio. Sin embargo, para facilitar el intercambio de conocimiento se requiere un nivel de congruencia que permita que las perspectivas individuales se entiendan unas a otras y trabajen juntas hacia un objetivo común (ver figura 2, Pensamiento colectivo).

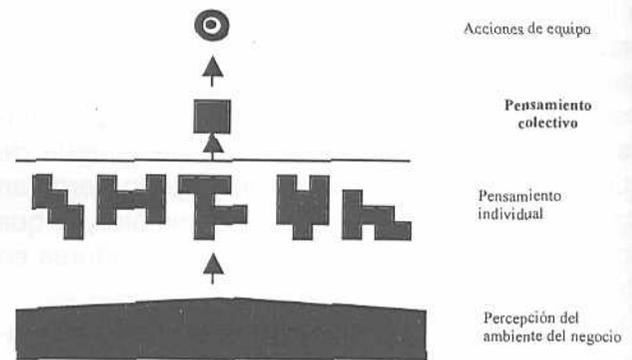


Figura 2. Pensamiento colectivo Fuente: Zack[37]

## 2.4. Perspectiva del Aprendizaje Organizativo

Una definición formal de aprendizaje organizativo puede ser la señalada por Montes, Pérez y Vázquez [26], estableciendo que “es un proceso dinámico de creación, adquisición e integración de conocimiento dirigido al desarrollo de recursos y capacidades que permiten a la organización una mejora en su desempeño”.

Al revisar la literatura es posible identificar algunas ideas centrales sobre aprendizaje organizativo:

- El aprendizaje organizativo es un proceso de adquisición de conocimientos que pueden ser de utilidad para la organización [20] [16] [22] [26].
- La capacidad de aprender de una empresa, en forma más rápida que la competencia, puede

ser la principal o única fuente de ventaja competitiva sostenible [13].

- El resultado o efecto que puede tener el aprendizaje organizativo es particular de cada organización, ya que cada una posee su propia base de conocimiento y capacidades que puede utilizar para generar y desarrollar conocimientos, obteniendo por tanto, resultados diferentes [4], sean éstos de rentabilidad [21], de productividad [23] [24], o de desempeño [16].

### 3. METODOLOGÍA UTILIZADA

El proyecto planteado ha sido desarrollado de acuerdo a una metodología compuesta de las siguientes fases:

- Estudio teórico, a través del cual se levantaron los conceptos fundamentales de las teorías seleccionadas. Basado en un estudio documental.
- Planteamiento y desarrollo de un análisis de cada uno de los enfoques o perspectivas en estudio, para identificar relaciones entre ellos, a nivel de conceptos y su aplicabilidad en las organizaciones.
- Definición de un modelo que trate de integrar los enfoques en estudio, y su relación con los Sistemas y Tecnologías de Información.
- Planteamiento de un modelo de validación, como posible investigación futura, que permita determinar la aplicabilidad del modelo propuesto de integración de los enfoques en estudio.

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Sobre el análisis de los enfoques en estudio

Al analizar los diferentes planteamientos que existen en torno a los cuatro "enfoques o perspectivas de estudio organizacional" es posible notar que todos ellos se relacionan con la identificación, creación, desarrollo, despliegue y explotación de activos tangibles y/o intangibles y habilidades que puede poseer la organización, con el fin de obtener los resultados esperados (ventajas competitivas, ventajas competitivas que sean sostenibles en el tiempo, y en definitiva mejorar su rendimiento o desempeño).

Más específicamente, al efectuar un análisis en torno a los recursos y capacidades que posee una organización, sobre la base de los antecedentes recogidos, se pueden plantear dos ideas centrales:

- Los diferentes enfoques tienen como objetivo mejorar los resultados de la organización.
- Cada enfoque coincide en alguna medida complementándose en la práctica. De ello se derivan los siguientes aspectos de encuentro y complemento, en torno al conocimiento:

| Enfoque o Teoría                 | Encuentros  | Complemento  |
|----------------------------------|---|--|
| Teoría de Recursos y Capacidades | El enfoque de recursos y capacidades incluye el conocimiento de la organización como recurso en tanto sea explícito y como capacidad en tanto se presente en la forma tácita.   | El conocimiento en este caso tiene un carácter más aplicado y su gestión no es fundamental excepto en lo referente a su máximo aprovechamiento una vez disponible.   |
| Capital Intelectual              | El conocimiento es considerado como un activo de la organización y una fuente de creación de valor para la misma, generándose diferencias claras entre organizaciones es de un mismo contexto y capital tangible equivalente. | El conocimiento de la organización es considerado un activo, pudiendo capitalizarse. El conocimiento no sólo se presenta en el saber hacer sino en las fuentes de información con las que se cuenta para ello, tales como redes de contactos y la propia cultura de la organización. |
| Gestión de Conocimiento          | Considera el conocimiento como un recurso y capacidad para la organización  | Ofrece posibilidad de gestión del conocimiento como recurso y capacidad, contribuyendo al máximo aprovechamiento del mismo, así como a su creación, captura y distribución.  |
| Aprendizaje Organizacional       | El hacer las tareas propias de la organización produce conocimiento que se transforma en nuevas capacidades y recursos  | El aprendizaje organizacional hace especial énfasis en creación de conocimiento a través de la experiencia de la organización, enriqueciéndose a través de un ciclo sistémico de mejora continua.  |

Tabla1: Encuentros y complementos entre la Teoría de Recursos/Capacidades, el Capital Intelectual, la Gestión de Conocimiento y el Aprendizaje Organizacional. Fuente: Elaboración propia.

Estos encuentros dan lugar a posibilidades de integración que se apoyan de manera significativa en el uso de los SI/TI como fuentes de información sobre el conocimiento disponible y como formas de implantación de procesos de la organización conocidos de manera explícita o implícita, buscando siempre la mejor utilización de los recursos y capacidades disponibles.

#### 4.2. Sobre el Modelo de integración propuesto

Sobre la base del análisis efectuado de los enfoques en estudio, y su relación con los Sistemas y Tecnologías de Información, se ha definido el modelo que se presenta en la figura 3.

El modelo considera que la Gestión del Conocimiento, la Gestión del Capital Intelectual, y el Aprendizaje Organizativo, son procesos que una organización puede desarrollar en busca de mejores resultados (ventajas competitivas, ventajas competitivas sostenibles, desempeño), donde cada uno de ellos puede desarrollar y mantener una doble relación de apoyo con el otro (relación bi-unívoca), y donde los Sistemas y Tecnologías de Información (a través de los recursos y capacidades asociados) pueden constituir un medio de apoyo a cada uno de tales procesos, estableciéndose también una relación bi-unívoca. Por último, cada uno de los procesos señalados (y sus componentes), los Sistemas y Tecnologías de Información (a través de los recursos y capacidades asociados), así como las relaciones entre ellos forman parte de los recursos y capacidades de la organización.

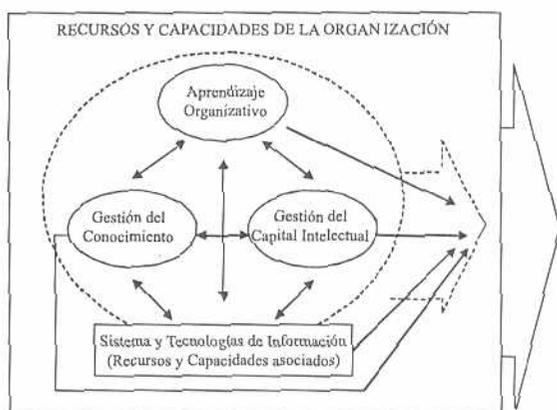


Figura 3: Modelo de integración de Gestión del Conocimiento, Gestión de Capital Intelectual, y Aprendizaje Organizativo, a través de los Sistemas y Tecnologías de Información (recursos y capacidades asociados)  
Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Sobre el Modelo de validación para el desarrollo de una futura investigación

Partiendo de la premisa de que cada uno de los enfoques o perspectivas en estudio, donde se suman los Sistemas y Tecnologías de Información (a través de los recursos y capacidades asociados), puede apoyar la obtención de mejores resultados organizacionales (ventajas competitivas, ventajas competitivas sostenibles, desempeño), el modelo de validación, basado en el modelo de integración propuesto, que permitiría determinar la aplicabilidad de éste, se sustenta en las siguientes hipótesis de investigación:

- H1: Existe una relación bi-unívoca entre la Gestión del Conocimiento y la Gestión del Capital Intelectual, donde cada uno puede influir positivamente sobre el otro.
- H2: Existe una relación bi-unívoca entre la Gestión del Conocimiento y el Aprendizaje Organizativo, donde cada uno puede influir positivamente sobre el otro.
- H3: Existe una relación bi-unívoca entre la Gestión del Capital Intelectual y el Aprendizaje Organizativo, donde cada uno puede influir positivamente sobre el otro.
- H4: Existe una relación bi-unívoca entre los Sistemas y Tecnologías de Información (a través de los recursos y capacidades asociados) y la Gestión del Conocimiento, donde cada uno puede influir positivamente sobre el otro.
- H5: Existe una relación bi-unívoca entre los Sistemas y Tecnologías de Información (a través de los recursos y capacidades asociados) y la Gestión del Capital Intelectual, donde cada uno puede influir positivamente sobre el otro.
- H6: Existe una relación bi-unívoca entre los Sistemas y Tecnologías de Información (a través de los recursos y capacidades asociados) y el Aprendizaje Organizativo, donde cada uno puede influir positivamente sobre el otro.
- H7: Los Sistemas y Tecnologías de Información (a través de los recursos y capacidades asociados) influyen positivamente en la integración de la Gestión del Conocimiento, la Gestión del Capital Intelectual, y el Aprendizaje Organizativo.

El modelo de validación, que constituye la representación gráfica de la investigación futura a desarrollar, se presenta en la figura 4.

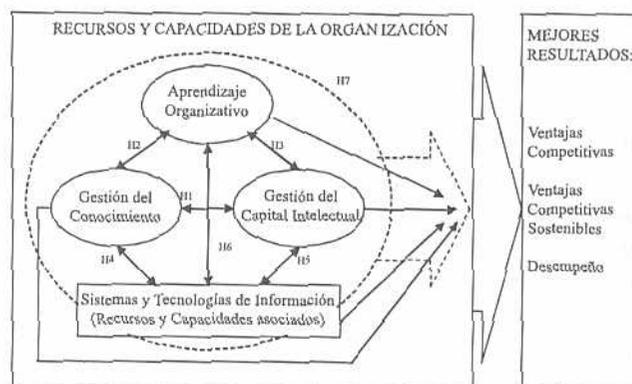


Figura 4: Modelo de validación (representación gráfica de la investigación futura a desarrollar). Fuente: Elaboración propia

## 5. CONCLUSIONES

La investigación en el campo de la dirección estratégica ha otorgado una importancia creciente a los recursos y capacidades, el conocimiento, el aprendizaje organizacional y el capital intelectual de la organización. Cada uno de estos enfoques busca el logro de mejores resultados para la organización, sin embargo, estos enfoques se han dado de manera independiente. A través del modelo integrado planteado en esta investigación, se intenta potenciar los beneficios otorgando importancia a los elementos comunes y no comunes de tales enfoques, viendo los comunes en una interpretación enriquecida por la multiplicidad de criterios. Este enfoque integrado podría dar origen a una nueva aproximación para la comprensión y desarrollo de la organización.

Considerando las preguntas e hipótesis planteadas originalmente en esta investigación, se puede concluir que:

- i. Hay una clara relación entre los conceptos tratados por las teorías de Recursos y Capacidades, la Gestión del Conocimiento, el Capital Intelectual y el Aprendizaje Organizacional, los cuales hacen posible un tratamiento adecuado de los recursos tangibles e intangibles de la organización, favoreciendo su desarrollo a través de un proceso de gestión de tangibles e intangibles que integra el aprendizaje organizacional.
- ii. Es posible crear un modelo de gestión que integre los conceptos principales de las teorías o enfoques antes mencionados, logrando con ello una considerable mejora en el desarrollo de la organización.
- iii. Tanto los recursos tangibles como los intangibles se ven favorecidos con el uso adecuado de Sistemas de Información a través de los cuales se hacen posibles procesos para su máximo aprovechamiento, tales como inventarios, que permiten conocer lo que se dispone; repositorios de información y conocimiento, que permiten disponer de este tipo de recursos cuando son requeridos; y sistemas de gestión; que permiten controlar el uso de tales recursos; entre otras aplicaciones.
- iv. La efectividad de la propuesta integrada aquí presentada puede ser comprobada a través de estudios empíricos los cuales se han definido de forma general en esta investigación y se

consideran fundamentales para realizar ajustes que naturalmente la práctica reportará.

En cuanto a los métodos utilizados en esta investigación, vale destacar que dado que se trata de una primera aproximación a la integración de conceptos, es posible que se requiera una segunda aproximación con un profundo estudio sustentado en el análisis profundo de las diversas perspectivas propias de cada uno de los enfoques teóricos considerados, tal es el caso de la Gestión del Conocimiento que presenta claras diferencias en los enfoques de oriente y occidente, los cuales no han sido tratados de manera profunda en este trabajo.

Finalmente, en cuanto a las propuestas acordadas, las mismas están sujetas a ajustes sin embargo, el enfoque integrado parece tener cada vez más sentido y probablemente requerirá de una consideración profunda de la teoría general de los sistemas y específicamente las nuevas tendencias en materia de sistemas y tecnologías de información y comunicación.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Amit, R., Schoemaker, P. (1993): "Strategic assets and organizational rent"; *Strategic Management Journal*, Vol. 14, pp. 33-46.
- [2] Barney, J. (2002): *Gaining and sustaining competitive advantage*; Pearson Education (segunda edición), New Jersey, E.E.U.U.
- [3] Bhatt, G. (2000): "A resource-based perspective of developing organizational capabilities for business transformation"; *Knowledge and Process Management*, Vol. 7, 2, pp. 119-129.
- [4] Bierly, P. y Chakrabarty, A. (1996): "General Knowledge strategies in the U.S. pharmaceutical industry"; *Strategic Management Journal*, Vol. 17 (Winter Special Issue), pp. 123-135.
- [5] Black, J. y Boal, K. (1994): "Strategic resource traits, configurations and paths to sustainable competitive advantage"; *Strategic Management Journal*, Vol 15, pp. 131-148.
- [6] Bueno, E., Aragón, A., y García, V. (2001): "Capital Intangible frente al Capital Intelectual de la empresa desde la perspectiva de las capacidades dinámicas". En *Comunicaciones del Congreso Nacional de ACEDE "La Nueva Eco*

MEJORES  
RESULTADOS:

Ventajas  
Competitivas

Ventajas  
Competitivas  
Sostenibles

Desempeño

de la investiga-  
ción propia

- nomía. Retos y oportunidades para la gestión empresarial", Zaragoza.
- [7] Bueno, E. (1995): "La estrategia de la empresa: treinta años de evolución teórica". En Dirección de empresas de los noventa. Homenaje al profesor Marcial-Jesús López Moreno, dirigido por Álvaro Cuervo, editorial Civitas, S.A., Madrid.
- [8] Camelo, C., Lorenzo, D., Martín, F., Ruiz, J., Valle, R. (1997): "Competitividad regional en Andalucía y recursos intangibles"; En Comunicaciones VII Congreso de ACEDE "Estrategia de la empresa y territorio", Volumen I, pp. 197-210.
- [9] Chuang, S. (2004): "A resource-based perspective on knowledge management capability and competitive advantage: an empirical investigation"; Expert Systems with Applications, 27, pp. 459-465.
- [10] Cortada, J. y Woods, J. (2000): The Knowledge Management Yearbook 2000-2001. Butterworth Heinemann: Boston.
- [11] Cruz, S. (2002): Los recursos y capacidades como fuente de ventajas competitivas; Cuadernos de Treball (publicación Universidad de Valencia), Nº 136.
- [12] Cuervo, A. (1995): Cuervo García, Álvaro; "La Dirección Estratégica de la empresa"; En Dirección de empresas de los noventa. Homenaje al profesor Marcial-Jesús López Moreno, dirigido por Álvaro Cuervo, editorial Civitas, S.A., Madrid, 1995.
- [13] De Geus, A. (1988): "Planning as learning"; Harvard Business Review, march-april, pp. 70-74.
- [14] Dreyer, B. y Gronhaug, K. (2004): "Uncertainty, flexibility, and sustained competitive advantage"; Journal of Business Research, 57, pp. 484-494.
- [15] Fernández, E., Montes, J. y Vázquez, C. (1997): La Competitividad de la empresa. Un enfoque basado en la teoría de recursos, Servicio de Publicaciones Universidad de Oviedo, Oviedo.
- [16] Garvin, D. (1993): "Building a learning organization"; Harvard Business Review, Vol. 71, Nº 4, pp. 78-91.
- [17] Grant, R. (1996): Dirección Estratégica. Conceptos, Técnicas y Aplicaciones, (primera edición en Civitas en 1996, reimpresión en 2002), Civitas, Madrid (edición original publicada en 1995 por Blackwell Publishers, Cambridge, Massachusetts, USA, con el título Contemporary strategy análisis: concepts, techniques, applications; edición traducida al castellano por Zulima Fernández, José Daniel Lorenzo Gómez y José Ruis Navarro).
- [18] Grant, R. (1996): "Toward a knowledge-based theory of the firm"; Strategic Management Journal, 17, pp. 109-122.
- [19] Grant, R. (1996): "Prospering in dynamically-competitive environment: organizational capability as knowledge integration"; Organization Science, 7 (4), pp. 375-387.
- [20] Huber, G. (1991): "Organization learning: the contributing processes and the literatures"; Organization Science, Vol. 2, Nº 1, pp. 88-115.
- [21] Kaplan, R. y Norton, D. (1996): "Strategic learning and the balanced scorecard"; Strategic and Leadership, September-October, pp. 18-24.
- [22] Kim, D. (1993): "The link between individual and organizational learning"; Sloan Management Review, Fall, pp. 37-50.
- [23] Leonard Barton, D. (1992): "The factory as a learning laboratory"; Sloan Management Review, fall, pp. 23-38.
- [24] Levinthal, D. y March, J. (1993): "The myopia of learning"; Strategic Management Journal, Vol. 14, (special number Issue), pp. 95-112.
- [25] Medina, D. (1998): "Una visión integral de la empresa basada en los recursos, el conocimiento y el aprendizaje"; Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa, Vol. 4, Nº 2, pp. 77-89.
- [26] Montes, J., Pérez, S. y Vázquez, C. (2002): "Influencia de la cultura organizativa sobre el aprendizaje: efectos sobre la competitividad"; En Comunicaciones XII Congreso Nacional de ACEDE.
- [27] Morcillo, P., Rodríguez, J., Casani, F. y Rodríguez, J. (2001): "La Teoría de Recursos y Capacidades: un cruce de caminos"; Cuadernos Aragoneses de Economía, Volumen 2, Nº 1, pp. 49-65.
- [28] Navas, J. y Guerras, L. (1998): La dirección estratégica de la empresa. Teoría y aplicaciones; Editorial Civitas, segunda edición, 1998, Madrid.

- [29] Navas, J. y Ortiz de Urbina, M. (2001): "Gestión del Conocimiento y Capital Intelectual: algunos aspectos conceptuales"; Cuadernos Aragoneses de Economía, Volumen 11, N° 1, pp. 35-48.
- [30] Ordoñez de Pablos, P. (2003): "Marco conceptual para el análisis del conocimiento organizativo: Interrelaciones estratégicas entre Teoría de recursos y capacidades y Teoría de la empresa basada en el conocimiento"; Revista Alta Dirección, N° 230, pp. 225-233.
- [31] Peteraf, M. (1993): "The Cornerstones of Competitive Advantage: a Resource-Based View"; Strategic Management Journal, Vol. 14, pp. 179-191.
- [32] Roos, J., Roos, G., Dragonetti, I., Edvinsson, L. (2001). Capital Intelectual. El valor intangible de la empresa Piados Empresa: Barcelona.
- [33] Stewart, T. (2001). The wealth of knowledge. Intellectual capital and the Twenty-First Century Organization Currency: New York.
- [34] Teo, T. y Ranganathan, C. (2003): "Leveraging IT resources and capabilities at the housing and development board", The Journal of Strategic Information Systems, Volume 12, Issue 3, Pages 229-249.
- [35] Ventura, J. (1994): Análisis competitivo de la empresa: un enfoque estratégico, Civitas, S.A., Madrid.
- [36] Ventura, J. (1996): Análisis dinámico de la estrategia empresarial: un ensayo interdisciplinar, Servicio de Publicaciones, Universidad de Oviedo.
- [37] Zack, M. (1999) Knowledge and Strategy. Butterworth-Heinemann: Boston.



# SISMICIDAD HISTÓRICA Y MODELOS SISMOTECTÓNICOS SUSTENTO DE ÍNDICES DE PELIGROSIDAD SÍSMICA

■ José Grases  
Facultad de Ingeniería UCV

■ Beatriz Lirio  
Facultad de Ingeniería, Universidad Santa María.

## RESUMEN

A lo largo del último siglo se han publicado una veintena de mapas de zonificación sísmica de Venezuela. Además de la diversidad de fuentes informativas, sus diferencias reflejan cambios en la percepción de sus autores sobre la eventual actividad sísmica futura, lo cual se suele sintetizar con el calificativo de mapas de 'amenaza' o 'peligrosidad'. En este trabajo se presentan los resultados de dos ejercicios de validación, sustentados en la información del más reciente de los catálogos de información macrosísmica publicado en el país, el cual abarca el lapso 1530-1998. El primer ejercicio revisa la validez del último mapa vigente, empleado con fines de seguros, esencialmente fundamentado en los efectos conocidos de sismos pasados; para ello se compara el máximo grado de intensidad sísmica asignado a 108 localidades del país, según la información del catálogo, con la zonificación que ellas tienen en el mapa. El segundo ejercicio explora un procedimiento más elaborado, encaminado a validar el mapa de la Norma COVENIN 1756, que implica determinar para cada una de las 16 ciudades estudiadas, las tasas medias de excedencia de diferentes grados de intensidad sísmica y compararlas con las tasas medias de excedencia de las aceleraciones máximas del terreno determinadas por procedimientos probabilísticos en modelos sismotectónicos.

Pa  
tes si  
en lo  
'índic  
de zo  
Pa  
amer

Ar  
been  
tury.  
seism  
instru  
design  
of the  
excer  
the la  
1530-  
the se  
of the  
accor  
some  
ces b  
of mo  
rates  
accele  
recen

In c  
active  
six 'se  
gruen

Ke  
seism

1.1

Inn  
es un  
cepció  
catast  
planet  
en los  
encom  
destru

Para incorporar la eventual cercanía de las fuentes sismogénicas reconocidas en el país, ignoradas en los mapas de zonificación, se proponen seis 'índices de sismicidad' congruentes con los mapas de zonificación sísmica vigentes.

**Palabras Clave:** Venezuela; sismicidad histórica; amenaza sísmica; índices de amenaza

## ABSTRACT

Around twenty seismic zonation maps have been elaborated for Venezuela along the last century. They reflect changes in the perception of the seismic hazard due to additional macroseismic and instrumental information, as well as new seismic design requirements. This paper gives the results of the validation of two of those maps, following exercises supported on the descriptions given in the last seismic catalogue which covers the period 1530-1998. The first exercise studies the validity of the seismic zonation of 108 localities, on the basis of the maximum degree of intensity of each site according to the catalogue. The second exercise is somewhat more elaborated, and explores differences between the mean rates of annual exceedence of modified Mercalli intensity degrees and the mean rates of annual exceedences of maximum ground accelerations in 16 urban areas, supporting the most recent zonation map for engineering purposes.

In order to incorporate the nearness of known active faults, generally ignored in our zonation maps, six 'seismic indexes' are proposed, which are congruent with present seismic zonation maps.

**Key words:** Venezuela; historical seismicity; seismic hazard; hazard indexes

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Percepción del Peligro Sísmico

Innecesario recalcar que la sismicidad histórica es un valioso elemento de información en la percepción de la peligrosidad sísmica. Sobre sismos catastróficos que han afectado diversas áreas del planeta a lo largo de los últimos años del siglo XX y en los primeros de este nuevo siglo, no resulta difícil encontrar antecedentes de otros que también fueron destructores en tiempos pasados.

La forma tal vez más frecuente de sintetizar la información descriptiva de sismos pasados es en mapas; a su vez es la menos comprometida, pues la diferenciación de zonas sísmicas se reconoce como una generalización de esa amenaza. El primero de esos mapas con cobertura de todo el planeta, escala aproximada 1: 26 x 10<sup>6</sup>, basado en un extenso catálogo (1606 BC - 1850 AD) compilado por Robert Mallet y su hijo, fue publicado en tres partes (Mallet, 1852-1854). El análisis cuidadoso de ese resultado que acompaña la última parte del catálogo, permite calificar ese mapa como una muy importante y original contribución científica, pues se adelantó en identificar las zonas de interacción de placas tectónicas que, más de 100 años después, fue esgrimido, conjuntamente con los mapas de epicentros de Barazangi y Dorman (1969) como pruebas a favor de la teoría de la deriva de los continentes de A. Wegener.

Para el área geográfica de Venezuela hay tres autores que emprendieron una tarea similar:

- (i) Montessus de Ballore, basado en su inmenso catálogo que superó ampliamente al de Mallet; publicó en México el primer mapa que zonifica las áreas sísmicas de nuestro país, el cual vino a ser conocido entre nosotros ya hacia finales del siglo XX (Montessus, 1898).
- (ii) Centeno Graü, en la edición de sus *Estudios Sismológicos* el año 1940 y basado en el catálogo de sismos venezolanos más completo para ese momento, compilado por él, incluyó un mapa con indicación de localidades del país afectadas por sismos. De acuerdo con lo que sabemos, cuando la muerte sorprende a Centeno en Octubre de 1949, éste se encontraba en plena revisión de su catálogo y del mapa, aún cuando no parece que hubiese modificado el texto del libro. Esto así, pues en la edición post mortem de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales del año 1969, este último solo tiene algunas añadiduras en parte sugeridas por el Dr. F. J. Duarte; sí se constata la actualización del catálogo hasta Junio de 1949, cambios sustanciales de formato, así como del mapa base y de áreas afectadas por eventos pasados en su mapa sísmico, posiblemente no terminado. Suponemos que ese fue el material que examinó el Dr. Guillermo Zuloaga, también miembro de la Academia, quien se encargó de ordenar el material dejado

por Centeno para publicarlo como Volumen VIII de esa corporación (Centeno, 1969).

(iii) Fiedler con su mapa de zonificación, cuya salida a la luz pública probablemente fue precipitada por el terremoto de 1967. Este sismólogo quien, hasta donde sabemos, solo tenía en sus manos la citada edición de Centeno del año 1940 y otras obras con descripciones de sismos venezolanos, enriqueció ese mapa con sus mapas de isosistas (Fiedler, 1961a; 1961b) y los 'focos activos' (así los denominaba) de eventos registrados en el Observatorio Cajigal, analizados por él. Además incorporó la tectónica conocida, probablemente en buena parte sugerida por el Dr. Carlos Schubert, a quien unía afinidad de inquietudes y amistad. De modo que el mapa de zonificación sísmica del país que se incorporó a la norma provisional de 1967 (MOP 1967), además de tomar en cuenta la sismicidad histórica, no hay duda que es el primero que tiene un sustento sismotectónico, incipiente si se quiere, pero en la dirección correcta. Diez años después, Fiedler publica un mapa de zonas sísmicas más elaborado (Fiedler y Rivero, 1977).

Desde el primer mapa conocido sobre las zonas sísmicas del país (Montessus, 1898) hasta el de zonificación sísmica con fines de ingeniería de la Norma provisional del MOP (1967), los cambios en la percepción de la peligrosidad sísmica de extensas zonas del país expresados en los mapas conocidos a lo largo de esos 2/3 de siglo, están esencialmente sustentados por el conocimiento de los efectos de sismos pasados. Posteriormente, nueva información sísmica y geológica, así como nuevas necesidades para su aplicación en la Ingeniería Sismorresistente, modificaron tanto la extensión y número de las zonas sísmicas, como los parámetros empleados en su caracterización.

En mayor o menor grado, en todos ellos se han considerado las descripciones conocidas sobre los efectos de sismos pasados. Los diez que se citan en este trabajo, se han agrupado en el **Cuadro 1** según el fundamento que los sustenta.

En estos mapas se presuponen suelos competentes y se excluyen efectos locales tanto del subsuelo, como de la eventual ubicación de la localidad en las inmediaciones de fuentes sismogénicas. De modo que hasta finales de los años 60 aproximadamente, la percepción de la peligrosidad sísmica

CUADRO 1  
MAPAS EMPLEADOS EN LA EVALUACIÓN DE LA PERCEPCIÓN  
DE LA PELIGROSIDAD SÍSMICA EN VENEZUELA

| FUNDAMENTO DEL MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA  | REFERENCIA<br>( ) = año de elaboración  |
|--|---|
| - Descripciones conocidas sobre los efectos de sismos pasados  | Montessus, 1898; MOP, 1947 <sup>(1;2)</sup> ; Centeno, 1969 (1949) <sup>(1;2)</sup> ; MOP, 1959 (1955) <sup>(1;2)</sup> |
| - Descripciones conocidas sobre los efectos de sismos pasados<br>- Información de sismos registrados en el país y ubicación de los grandes rasgos de tectonismo activo conocidos | MOP, 1967 <sup>(1;2)</sup> ; Fiedler y Rivero 1977; Superintendencia de Seguros, 1989 <sup>(1)</sup>                    |
| - Cálculo probabilístico de la peligrosidad sísmica con base en modelos sismotectónicos; complementado con descripciones sobre los efectos de sismos pasados                     | COVENIN, 1982 <sup>(1;3)</sup> ; PDVSA, 1991 <sup>(4)</sup> ; COVENIN, 2001 (1998) <sup>(1;3)</sup>                     |

(1) La delimitación de zonas incorpora, parcial o totalmente, la división política por estados o municipios;  
(2) La zonificación está asociada a coeficientes sísmicos de diseño; (3) Zonificación asociada a movimientos máximos del terreno con períodos medios de retorno del orden de 475 años; (4) Mapas de iso-curvas que permiten determinar las tasas medias de excedencia hasta para períodos medios de retorno de unos 2000 años; una segunda versión del año 1999 se considera menos confiable hacia el centro-occidente del país.

expres  
de Ve  
paíse  
tenta  
los s  
con u  
en to

1.2  
sidac

De  
60 y  
matiz  
que s  
Igual  
para  
terren  
contin  
la ne  
super  
a ser

La  
dame  
marca  
Califo  
básic  
de mo  
mente  
ritmos  
de la

En  
cinco  
rio de  
algun  
sismo  
tuvier  
domin  
trabaj  
mard,  
contri  
despla  
tada p  
de la t

Po  
terren  
niero  
en Ve  
profes  
los sis  
una e

expresada en los mapas de zonificación sísmica de Venezuela, al igual que en los de otros muchos países, tiene un fundamento esencialmente sustentado por el historial de eventos pasados: tanto los sentidos o destructores, como los identificados con una red de sismógrafos cada vez más densa en todo el planeta.

### 1.2 Cambios en la Percepción de la Peligrosidad Sísmica

Desde el comienzo de la década de los años 60 y con el apoyo de UNESCO, comienza a sistematizarse el trabajo de campo en zonas urbanas que sufren algún tipo de destrucción por sismos. Igualmente se preconiza la instalación de equipos para el registro de los movimientos fuertes del terreno y, ya aceptada la teoría de la deriva de los continentes así como la correlación entre sismos y la neotectónica, la evaluación de las expresiones superficiales de fallas geológicas activas comienza a ser también sistemática.

La colección de registros acelerográficos debidamente corregidos e interpretados, cuyo inicio lo marca en buena medida el sismo de San Fernando, California, en 1971, vino a suministrar información básica que progresivamente facilitó las propuestas de modelos sismotectónicos en áreas reconocidamente sísmicas. Lo anterior y el desarrollo de algoritmos ad-hoc, facilitó la cuantificación probabilística de la amenaza sísmica.

En Venezuela, si bien la creación de FUNVISIS cinco años después del terremoto cuatricentenario de Caracas era una necesidad para canalizar algunas iniciativas en respuesta a los efectos del sismo, los antecedentes recién anotados también tuvieron sus efectos en el mundo profesional. En el dominio de la neotectónica destaca, entre otros, el trabajo pionero de Carlos Schubert (véase: Audemard, 1996). Por ejemplo, una de sus importantes contribuciones es la primera estimación de tasas de desplazamiento de fallas activas en el país, sustentada por los movimientos postglaciales en un sector de la falla de Boconó (Schubert y Sifontes, 1970).

Por último y sin ser exhaustivos, después del terremoto de Caracas se generaliza entre los ingenieros estructurales el interés por los sismos, tanto en Venezuela como en muchos otros países. Estos profesionales comenzaron a requerir de parte de los sismólogos y geólogos información para aplicar una estrategia preventiva debidamente justificada,

lo cual explica que algunos de los primeros trabajos sobre peligrosidad sísmica y mapas fundamentados en modelos probabilísticos fueron elaborados por ingenieros.

### 1.3 Necesidad de la Validación

Los trabajos y cambios de percepción citados, se reflejan en las modificaciones hechas a las normas sísmicas desde 1982 en adelante. Aún cuando esto facilitó la modernización de las técnicas para sintetizar la percepción de la 'amenaza' mencionada, no obstante las normas carecen del deseable soporte de registros acelerográficos locales. Entre otras razones porque la tasa media de desplazamiento anual de nuestros accidentes tectónicos es inferior a unos 9 mm/año; es decir, unas 8 a 10 veces menores que las de otras zonas sísmicas del planeta, con lo cual la tasa de sucesos de interés también resulta ser menor en nuestro territorio.

El objetivo principal de este trabajo es presentar los resultados de dos ejercicios de validación de mapas de zonificación: uno analiza el último de los mapas basado en la generalización de efectos de sismos pasados (Superintendencia de Seguros, 1989) y el segundo evalúa el mapa de la Norma COVENIN 1756 (2001), basado en la cuantificación probabilística de modelos sismotectónicos. Tal validación no puede dejar de lado la limitación de este último, en el cual se ignora la eventual cercanía a fallas tectónicas reconocidamente activas; su consideración facilita y sustenta la caracterización de los denominados 'índices de peligrosidad sísmica' que se proponen más adelante.

## 2. METODOLOGÍA

La alternativa de esperar un par de siglos 'para ver como andamos', no es preferible a otras que, con todo y ser debatibles, permiten explorar el empleo de la información histórica en la propuesta de validación. De modo que, a conciencia de las múltiples incertidumbres propias de la interpretación de descripciones sobre los efectos de sismos pasados, para los dos ejercicios señalados se empleó la base de información histórica que se consideró más completa: el último catálogo de sismos sentidos o destructores de Venezuela (1530-1998), obra publicada como homenaje de instituciones académicas del país con ocasión de los 50 años de la muerte de

de ese pionero de la sismología venezolana que fue el Dr. Melchor Centeno Graü (Grases et al., 1999).

En el manejo de compilaciones de eventos sísmicos y estimaciones de tasas de ocurrencia de eventos, rápidamente afloran limitaciones entre las cuales destacan las tres siguientes: (i) la desigualdad de fuentes de información (desde ausencia total de citas como pueden ser pueblos de la costa norte central, hasta una muy amplia cobertura por la presencia de aficionados o profesionales de la sismología, como es el área de Ciudad Bolívar y alrededores); (ii) problemas de localización debido a toponimias idénticas, sin distinción segura del estado o ubicación geográfica; por ejemplo, El Pao puede ser una de 11 localidades diferentes, áreas o valles de ríos con igual nombre en el país (véase Vila, 1964), o bien la mención generalizada de áreas geográficas ('Fuertemente sentido en Perijá', 'Sentido en toda Guayana' o 'Sentido en todo el país'); (iii) áreas urbanas de crecimiento relativamente reciente como es el caso de Puerto La Cruz, o de reciente desarrollo como El Tablazo, para las cuales el tiempo de observación es excesivamente breve.

Sin perder de vista estas y otras limitaciones, se procedió a la asignación de grados de intensidad y al cálculo de sus tasas medias de excedencia anual. Cita aparte merecen zonas cercanas a la presa de Guri, cuya sismicidad probablemente esté afectada por la presencia del embalse.

### 2.1 Ejercicios de Validación

El *primer ejercicio* se fundamenta en la máxima intensidad asignada a una muestra de localidades, con información descriptiva que puede llegar a ser, como se acaba de indicar, tan escueta como: "Sismo sentido", con una sola entrada en todo el catálogo. Para evaluar ese tipo de información se consideró mas conveniente el empleo de la escala de tres grados que John Milne utilizó en su catálogo que va del año 7 al de 1899 (Milne, 1911). Esta fue la misma escala seleccionada por el padre Jesús Emilio Ramírez (s.j.), pionero de la sismología colombiana, para asignar intensidad a todos los eventos compilados en su obra titulada: *Historia de los terremotos en Colombia* (Ramírez, 1975).

En forma muy gruesa, su equivalencia con escalas de doce grados como la Modificada de Mercalli o la macrosísmica europea, se da en el Cuadro 2.

CUADRO 2 EQUIVALENCIA APROXIMADA ENTRE LAS ESCALAS DE INTENSIDAD DE TRES Y DE DOCE GRADOS

|                       |      |      |       |
|-----------------------|------|------|-------|
| Escala de Tres Grados | I    | II   | III   |
| Escala de Doce Grados | ≤ IV | V-VI | ≥ VII |

Esta escala ha servido de guía en el primer ejercicio de validación, en el cual lo que interesa es la intensidad máxima asignada en una muestra de localidades. En esa tarea surgen inevitables dudas; estas se han expresado como: grado I-II ó grado II-III, con lo cual se alcanza una escala de cinco grados. El reconocimiento de tal incertidumbre es comparable, por ejemplo, a la de las asignaciones del mapa de zonificación de la norma Suiza, vigente para el año 1989, cuyo territorio de 41 mil km<sup>2</sup> fue dividido en cuatro zonas sísmicas con base en la escala MSK de 12 grados: Zona sísmica 1 (VI a VII,  $A_0 = 0,06g$ ); Zona sísmica 2 (VII<sup>+</sup>,  $A_0 = 0,10g$ ); Zona sísmica 3 (VIII<sup>-</sup>,  $A_0 = 0,13g$ ); Zona sísmica 4 (VIII<sup>+</sup>,  $A_0 = 0,16g$ ). Por ejemplo, Basilea, que fue destruida por un sismo el 18 de Octubre de 1356, está ubicada en la Zona sísmica 2 (IAEE, 1996).

Con todo, el empleo de esta 'herramienta de medición' tiene la ventaja que descripciones del tipo: 'Agrietamiento de viviendas en mal estado', 'Santa Lucía sufrió serios daños en este temblor', 'Sentido sin consecuencias', o similares, requieren menos inventiva que cuando se emplean escalas de doce grados. Dado que en este ejercicio se trataba de identificar la máxima intensidad en tiempos históricos, la ventaja de renunciar al uso de escalas mas refinadas, con mas grados, es la de poder ampliar el número de localidades de la muestra. De esta forma se alcanzó un total de 108 localidades.

El *segundo ejercicio* es más elaborado ya que su finalidad es determinar, para cada localidad estudiada, la tasa media de excedencia anual de diferentes niveles de intensidad y, posteriormente, compararla con la tasa media de excedencia anual de aceleraciones del terreno de esa localidad sustentada por modelos sismotectónicos (Lirio, 2004). Para ello se requiere: (i) la selección de poblaciones con la mayor cantidad de eventos posibles registrados en tiempos históricos, y; (ii) el uso de una escala de 12 grados como la Modificada de Mercalli; en su aplicación se adoptaron algunos de los ajustes propuestos por Brazeo, 1979. Esta

AS ESCALAS  
RADOS

|       |
|-------|
| III   |
| ≥ VII |

primer ejer-  
eres es la  
uestra de  
es dudas;  
II ó grado  
de cinco  
dumbre es  
gnaciones  
za, vigente  
nil km<sup>2</sup> fue  
base en la  
1 (VI a VII,  
10g); Zona  
ca 4 (VIII+  
destruida  
tá ubicada

amianta de  
es del tipo:  
do', 'Santa  
, 'Sentido  
en menos  
as de doce  
trataba de  
os históri-  
escalas mas  
der ampliar  
a. De esta  
ades.

laborado ya  
a localidad  
a anual de  
eriormente,  
encia anual  
alidad sus-  
irio, 2004).  
e poblacio-  
s posibles  
) el uso de  
dificada de  
on algunos  
1979. Esta

escala es esencialmente coincidente con la propuesta por Medvedev, Sponheuer y Karnik (MSK) en la versión macrosísmica europea compilada por Grünthal, 1998. De esta forma se lograron estudiar 16 localidades, en su mayoría capitales de estado, para cada una de las cuales se determinó la relación empírica:

$$\log \lambda = C_1 - C_2 (IM) \quad (1/año) \quad (1)$$

donde:  $\lambda$  es la tasa media de excedencia anual de la intensidad de Mercalli grado IM; las constantes  $C_1$  y  $C_2$  son propias de cada localidad y se obtienen por regresión.

Tomando en consideración los objetivos de la validación del segundo ejercicio, es preciso determinar la equivalencia entre los grados de intensidad (IM) y la aceleración máxima del terreno ( $A_0$ ), variable esta que se establece en los mapas de zonificación vigentes con fines de ingeniería; aún cuando hay razones para considerar que con la velocidad máxima del terreno probablemente se logre una mejor correlación, en este caso resulta obligado retener el parámetro especificado en las normas para la validación propuesta.

El número de registros acelerográficos obtenidos en localidades del país donde, además de  $A_0$  también se conozca el valor asignado de IM, es limitado; estos son eventos sucedidos en el oriente del país y se dan en la **Figura 1**. Vista la dispersión que se observa en dicha figura (24 componentes de registros acelerográficos, provenientes de 5 sismos con magnitudes comprendidas entre 4,5 y 6,8), típica de la pobre correlación esperada entre esas dos variables, lo usual es establecer una regresión muy cercana a la envolvente; en este caso la envolvente queda descrita por la fórmula:

$$\log A_0 = 1.5 + 0.12 (IM) \quad (\text{gal}) \quad (2)$$

Con fines de comparación, se indica la relación propuesta por Murphy and O'Brien, la cual fue empleada para estudios de peligrosidad sísmica en el país (INTEVEP, 1990).

De las fórmulas (1) y (2) se deriva la que relaciona la tasa de excedencia anual  $\lambda$  y la aceleración máxima del terreno  $A_0$  en función de  $C_1$  y  $C_2$ , coeficientes estos que caracterizan la sismicidad histórica de cada localidad:

$$\log \lambda = (C_1 + 12,5 C_2) - 8,33 C_2 \log A_0 \quad (3)$$

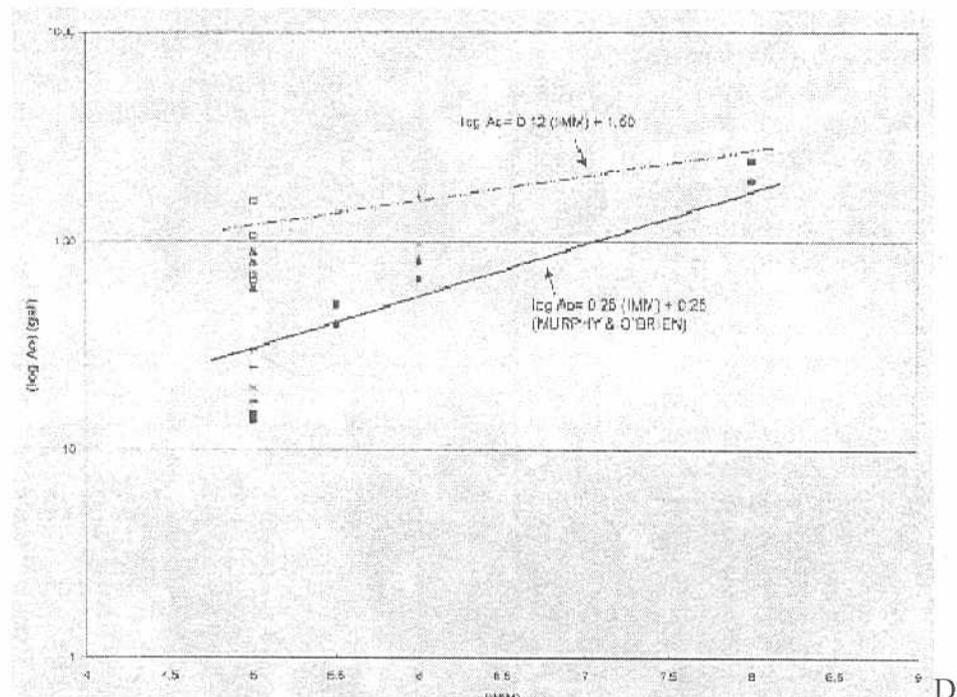


FIGURA 1 Envolvente de la Relación entre IM y  $\log A_0$  expresada por la Fórmula (2). Datos de cinco sismos del Oriente de Venezuela. (Mayo 1982; Marzo y Abril de 1983; Junio 1986; Julio 1997)

La fórmula (3) es similar a la que se desprende de los resultados obtenidos del cálculo de peligrosidad sísmica a partir de modelos sismotectónicos. En algunas especificaciones como por ejemplo la PDVSA JA-221 del año 1991, esta se expresa cuantitativamente por la expresión:

$$\log \lambda = \gamma \log a^* - \gamma \log A_o \quad (4)$$

donde  $a^*$  y  $\gamma$  pueden leerse en los correspondientes mapas de iso- $a^*$  e iso- $\gamma$  para cualquier lugar del país.

Finalmente, para la comparación de resultados de este ejercicio, el valor de la aceleración máxima obtenida con la fórmula (3) se identifica como  $(A_o)_{hist.}$  y, el correspondiente valor de la fórmula (4) que haya sido empleado en la norma, se ha designado como  $(A_o)_{norma}$ ; en el cálculo de este último valor se adoptaron valores muy cercanos a los que se obtienen de la aplicación de la especificación PDVSA JA-221 ya citada. El cociente  $\Gamma = (A_o)_{hist.} / (A_o)_{norma}$  calculado para períodos medios de retorno  $T = 475$  años, valor nominal usado en los mapas de las normas COVENIN 1756 de 1982 y 2001, se considera un buen índice de comparación; obsérvese que para períodos de retorno de ese orden, se puede aceptar que  $T = 1/\lambda$  (años).

## 2.2 Índices de Peligrosidad Sísmica

Los mapas de zonificación sísmica citados en el Cuadro 1 constituyen índices generalizados de peligrosidad sísmica. Otros índices igualmente importantes, incorporados o no en las normativas, modifican lo establecido en los citados mapas. Entre ellos, tres son fundamentales: (i) el factor de importancia o de uso, que mayor los valores de las acciones establecidas en los mapas para el caso de obras de importancia excepcional; (ii) las condiciones locales del subsuelo, y; (iii) la cercanía de fallas activas.

De los tres, los dos primeros, ya incorporados en las normas desde el año 1967 y modificados en documentos normativos subsiguientes,

conducen a cambios importantes en la cuantificación de la peligrosidad en un sitio dado: (a) cambios en las ordenadas espectrales, y; (b) reducción en las probabilidades de excedencia de los valores a ser empleados en el diseño o en la verificación de la seguridad. Por ejemplo, para el análisis o diseño de una obra de importancia excepcional, fundada en suelos blandos, con un período natural de 1 segundo, la aplicación de la norma sísmica vigente puede hasta triplicar las ordenadas espectrales a ser utilizadas en el diseño de una edificación no esencial, fundada en roca, con el mismo período natural.

Por su importancia para el caso de fuentes sismogénicas superficiales como las que predominan en Venezuela, el índice identificado más arriba como (iii) se ha incluido en documentos relativamente recientes; véase por ejemplo, el código UBC (ICBO, 1997). Para ello, y con la información sobre las fallas geológicas activas del país hasta inicios del año 2000, antes que nada es preciso agruparlas, por ejemplo, en la forma que se da en la Figura 2: en ordenadas se anota la magnitud máxima asociada según la segmentación o longitud más probable de rotura establecida por especialistas en neotectónica y, en abscisas, la tasa media de desplazamiento anual (mm/año), asignada a la falla activa en consideración.

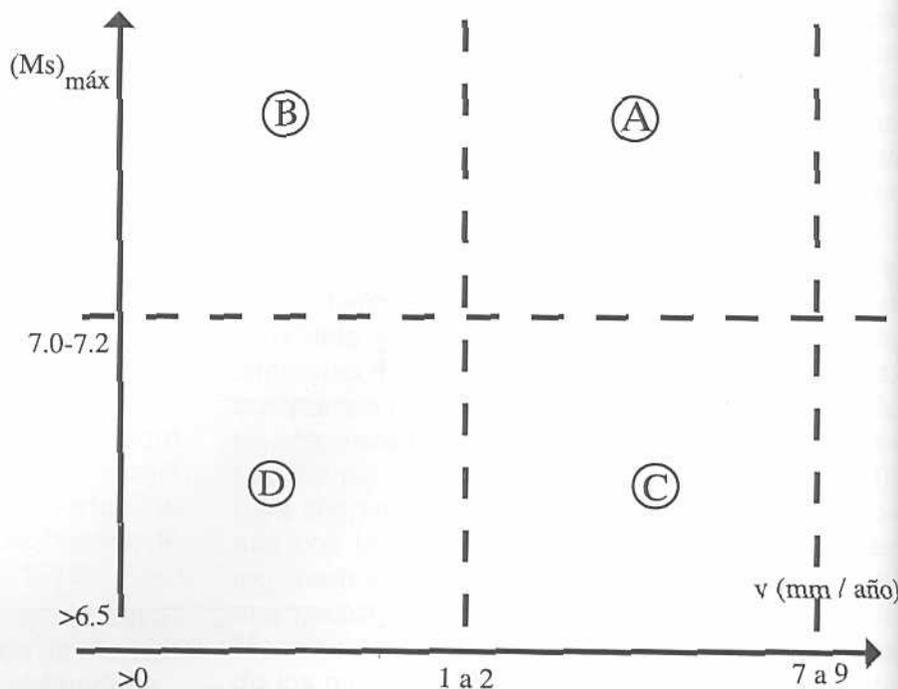


FIGURA 2 Tipificación de Fallas Geológicas Activas como Fuentes Sismogénicas Superficiales

### 3.1 Vicia de

El res de tres cuadro intensidad Se comi sísmicas Superint en cons escalas las local sombrea adecuad peligrosi 108).

En el localidad 19 ubica mapa que y 4 ubica mapa; tod ro entre p y algunas dan en las Cuadro 4 de zonific nueva info de elabor Seguros, estudios a

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS

#### 3.1 Validación del Mapa de la Superintendencia de Seguros

El resultado de este *primer ejercicio* con la escala de tres grados, se presenta en el **Cuadro 3**. Ese cuadro recoge los resultados de la asignación de intensidades máximas en 108 localidades del país. Se comparan con la ubicación en las cuatro zonas sísmicas del mapa de zonificación sísmica de la Superintendencia de Seguros ya citado. Tomando en consideración la equivalencia aproximada con escalas de 12 grados que se da en el **Cuadro 2**, las localidades que quedan ubicadas en las áreas sombreadas en el **Cuadro 3** pueden considerarse adecuadamente representadas por el índice de peligrosidad sísmica de ese mapa (85 del total de 108).

En el citado cuadro se observa un conjunto de localidades que quedan fuera del área sombreada: 19 ubicadas en zonas sísmicas más riesgosas del mapa que el riesgo inferido de la sismicidad histórica y 4 ubicadas con una peligrosidad subestimada en el mapa; todas ellas identificadas por las notas (número entre paréntesis). El nombre de las 23 localidades y algunas particularidades sobre su información, se dan en las correspondientes notas agrupadas en el **Cuadro 4**; se anotan también aquí posibles cambios de zonificación esencialmente sustanciados por nueva información sismotectónica posterior al año de elaboración del mapa de la Superintendencia de Seguros, 1989, así como localidades que requieren estudios adicionales.

#### 3.2 Ejercicio de Validación del Mapa de la Norma COVENIN 1756-2001

Tal como se indicó en la **Sección 2.1** de este trabajo al describir el *segundo ejercicio*, en este se calcularon las tasas de excedencia de intensidades de Mercalli con base en la información del catálogo. En el **Cuadro 5** se indican cuales fueron las localidades estudiadas, el lapso de observación, el número de eventos reportados en el catálogo y los coeficientes de la fórmula (1) representativos para cada población. Igualmente, se determinó el valor  $(A_o)_{hist.}$ , así como el valor  $(A_o)_{norma}$ , con lo cual se determinó el cociente  $\Gamma = (A_o)_{hist.} / (A_o)_{norma}$  para periodos medios de retorno  $T = 475$  años; estos también se dan en el **Cuadro 5**.

El cociente adimensional  $\Gamma$  se ha empleado como un buen índice de la validación de las 16 localidades estudiadas. Tomando en consideración: (a) los criterios de zonificación y; (b) incertidumbres en las fórmulas (1) y (2), la zonificación del mapa se considera representativa de la sismicidad histórica cuando se cumpla la condición siguiente:

$$0,8 \leq \Gamma \leq 1,3 \quad (5)$$

De las 16 ciudades estudiadas, solo 2 no satisfacen la condición anterior: Maracaibo ( $\Gamma = 1,44$ ) y Guanare ( $\Gamma = 1,35$ ); los valores mas bajos corresponden a Tucupita ( $\Gamma = 0,8$ ) y Puerto La Cruz ( $\Gamma = 0,86$ ), probablemente debido al corto lapso de observación histórica.

CUADRO 3  
NÚMERO DE LOCALIDADES CON GRADO DE INTENSIDAD MÁXIMA ASIGNADO CON LA ESCALA DE TRES GRADOS VS CUATRO ZONAS DEL MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA CON FINES DE SEGUROS

| ZONA             | GRADO MÁXIMO DE INTENSIDAD ASIGNADO <sup>(a)</sup> |                        |  |           |                   |
|------------------|--|------------------------|--|-----------|-------------------|
|                  | I  | I - II                 | II   | II - III  | III               |
| 4 <sup>(b)</sup> | 3<br>(1) <sup>(c)</sup> (2) (18)                   | 4<br>(9) (15) (17)(19) | 8<br>(3) (7) (8) (12)<br>(14) (21) (22) (23) | 23        | 16                |
| 3                | 4<br>(5) (10) (16) (20)                            | 7                      | 5  | 3         | 3<br>(4) (6) (11) |
| 2                | 14   | 8                      | 4  | 1<br>(13) | 0                 |
| 1                | 5  | 0                      | 0  | 0         | 0                 |

(a) Escala de tres grados. (b) Máxima peligrosidad según mapa de zonificación de Superintendencia de Seguros, 1989. (c) Las Notas entre paréntesis se dan en la Cuadro 4.

CUADRO 4  
NOTAS DEL CUADRO 3

| NOTA | LOCALIDAD         | DATOS DEL CATÁLOGO |                      | EVENTUAL CAMBIO DE ZONIFICACIÓN |
|------|-------------------|--------------------|----------------------|---------------------------------|
|      |                   | NÚMERO DE EVENTOS  | LAPSO DE OBSERVACIÓN |                                 |
| (1)  | Aragua de Maturín | 5                  | 1908 – 1926          | Pasar a Zona 3                  |
| (2)  | Araira            | 1                  | 1951                 | Pasar a Zona 3                  |
| (3)  | Aregüe            | 3                  | 1927 – 1991          | Mantener en Zona 4              |
| (4)  | Barinas           | 24                 | 1674 – 1993          | Elevar a Zona 4                 |
| (5)  | Bejuma            | 3                  | 1886 – 1957          | Mantener en Zona 3              |
| (6)  | Boca del Tocuyo   | 2                  | 1989                 | Elevar a Zona 4                 |
| (7)  | Carora            | 55                 | 1865 – 1997          | Mantener en Zona 4              |
| (8)  | Carorita          | 1                  | 1772                 | Mantener en Zona 4              |
| (9)  | Casigua El Cubo   | 2                  | 1952 – 1954          | Pasar a Zona 3                  |
| (10) | Guanape           | 2                  | 1900 – 1967          | Mantener en Zona 3              |
| (11) | Guanare           | 35                 | 1782 – 1991          | Requiere estudios adicionales   |
| (12) | La Victoria       | 14                 | 1812 – 1998          | Pasar a Zona 3                  |
| (13) | Maracaibo         | 116                | 1672 – 1997          | Requiere estudios adicionales   |
| (14) | Maracay           | 48                 | 1766 – 1993          | Pasar a Zona 3                  |
| (15) | Maturín           | 33                 | 1766 – 1986          | Pasar a Zona 3                  |
| (16) | Ospino            | 3                  | 1812 – 1933          | Mantener en Zona 3              |
| (17) | Puerto La Cruz    | 19                 | 1950 – 1998          | Mantener en Zona 4              |
| (18) | Quiriquire        | 2                  | 1963 – 1974          | Pasar a Zona 3                  |
| (19) | Río Tocuyo        | 10                 | 1927 – 1991          | Pasar a Zona 3                  |
| (20) | Tinaquillo        | 4                  | 1931 – 1974          | Mantener en Zona 3              |
| (21) | Tucupita          | 35                 | 1918 – 1993          | Pasar a Zona 3                  |
| (22) | Valencia          | 63                 | 1812 – 1996          | Mantener en Zona 4              |
| (23) | Valera            | 48                 | 1888 – 1991          | Mantener en Zona 4              |

### 3.3 Índices de Peligrosidad Sísmica

Vistos con la perspectiva de los últimos 15 a 20 años y con ayuda de la tipificación propuesta en la **Figura 2**, en los mapas de zonificación con fines de ingeniería de las normas se identifican 5 niveles o 'índices de peligrosidad'. Una posible caracterización se da en el **Cuadro 6**, la cual tiene por finalidad hacer énfasis en las tres observaciones siguientes: (i) los mapas constituyen una generalización de la amenaza sísmica, aún cuando en ellos se ignoran los efectos de eventuales fallas cercanas; (ii) la experiencia demuestra que la incorporación de éstas en los denominados estudios de sitio no necesariamente aumenta los valores establecidos en la Norma COVENIN 1756, aún cuando tiene la ventaja de evaluar modelos alternativos y determinar con mas precisión los coeficientes de la fórmula (4); (iii)

según la importancia de la obra, o las eventuales consecuencias de su mal funcionamiento, los estudios de peligrosidad o estudios de sitio pueden ser necesarios cualquiera que sea el índice de peligrosidad. Otras acciones sísmicas, directas o indirectas, pueden incorporarse en caracterizaciones más exhaustivas de los índices de peligrosidad.

CUADRO 5  
LOCALIDADES EVALUADAS CON LA ESCALA DE 12 GRADOS,  
COEFICIENTES DE LA FÓRMULA (1) Y VALOR DE  $\Gamma$

| NOMBRE DE LA POBLACIÓN O LOCALIDAD | LAPSO DE OBSERVACIÓN (a) | NÚMERO DE EVENTOS | $C_1$ | $C_2$ | RANGO DE VALIDEZ (b) | VALOR DE $\Gamma$ |
|------------------------------------|--------------------------|-------------------|-------|-------|----------------------|-------------------|
| Barquisimeto                       | 1736-1996                | 116               | 2,189 | 0,589 | III-VIII             | 1,07              |
| Ciudad Bolívar                     | 1766-1998                | 98                | 1,799 | 0,643 | III-VI               | 1,10 (c)          |
| Coro                               | 1812-1993                | 52                | 0,950 | 0,423 | III-VI               | 1,25              |
| Cumaná                             | 1530-1998                | 127               | 1,258 | 0,419 | III-VIII             | 1,08              |
| Guanare                            | 1782-1991                | 41                | 0,704 | 0,378 | III-VIII             | 1,44              |
| Güiria                             | 1825-1998                | 65                | 1,393 | 0,464 | III-VII              | 0,90              |
| Maracaibo                          | 1672-1997                | 140               | 1,440 | 0,456 | III-VII              | 1,35              |
| Maturín                            | 1766-1986                | 33                | 1,539 | 0,513 | III-VI               | 1,03              |
| Mérida                             | 1599-1998                | 285               | 2,136 | 0,591 | III-VIII             | 1,03              |
| Puerto la Cruz                     | 1950-1998                | 18                | 1,210 | 0,483 | III-VI               | 0,86              |
| Puerto Ordaz                       | 1957-1998                | 51                | 2,110 | 0,630 | III-VI               | 1,30              |
| San Cristóbal                      | 1597-1998                | 154               | 1,771 | 0,510 | III-VII              | 1,20              |
| San Felipe                         | 1812-1982                | 18                | 1,540 | 0,540 | III-VIII             | 0,93              |
| San Fernando de Apure              | 1886-1957                | 4                 |       |       | III-IV               | -                 |
| Tucupita                           | 1913-1993                | 32                | 1,370 | 0,557 | III-VI               | 0,80              |
| Valencia                           | 1812-1996                | 85                | 1,003 | 0,458 | III-VII              | 1,00              |

(a) Años del primer y último evento reportado en el catálogo; (b) Rango de valores de IM asignados en la escala de 12 grados; (c) Zonificación de la ribera izquierda del río Orinoco frente a Ciudad Bolívar.

CUADRO 6  
ÍNDICES O NIVELES DE PELIGROSIDAD INFERIDOS DE LOS  
MAPAS DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y DE LA FIGURA 2

| ÍNDICES DE PELIGROSIDAD  | ANTECEDENTES HISTÓRICOS EN ÁREAS HABITADAS   | FALLAS MÁS CERCANAS  |   | ACELERACIÓN MÁXIMA DEL TERRENO (gal) (3)            |                    |
|--|--|--|---|---|--------------------|
|  |  | Tipo (1)   | R (km) (2)                              | 400 a 500 años                                      | ~ 1200 a 1500 años |
| Muy alto   | Sismos destructores  | A ó B  | $\leq 8$                                | $\geq 350$  | $> 500$            |
| Alto   | Sismos destructores  | A<br>B<br>C ó D  | $< 30$ a $40$<br>$< 15$ a $20$<br>$< 4$ | $\geq 250$  | $> 320$            |
| Intermedio   | Sismos que han ocasionado algún tipo de daño   | A<br>B<br>C ó D  | $> 40$<br>$> 20$<br>$< 15$ a $20$       | $\geq 150$  | $> 200$            |
| Bajo   | Sismos sentidos. Ocasionalmente daños leves  | A<br>B<br>C ó D  | $> 180$<br>$> 100$<br>$> 20$            | $< 150$   | $\leq 200$         |
| Zonas cercanas a embalses de mas de 80 m de la columna de agua (4) | Depende de la ubicación. Pueden ser eventos raros antes de la construcción del embalse | Requiere consideraciones sobre la posible sismicidad inducida por el embalse |   | Máximas acciones sísmicas esperadas en el sitio (5) |                    |

(1) En una determinada localidad, puede darse la condición de cercanía de una o más de las fallas tipificadas; (2) R = distancia epicentral, focos someros; (3) Puede sustituirse por velocidades máximas, ordenadas espectrales u otro parámetro; (4) Según norma COVENIN 1756; (5) Acciones directas o indirectas, según la International Committee on Large Dams (ICOLD)

## 5. CONCLUSIONES

De los ejercicios hechos y tomando en consideración las incertidumbres propias del procedimiento empleado, se constata que la información disponible sobre los efectos de sismos pasados, puede considerarse esencialmente reflejada en los mapas de zonificación sísmica analizados. De la interpretación de la sismicidad se desprende que las ciudades de Maracaibo y Guanare requieren atención en próximas revisiones de los citados mapas.

Como resultado de los cambios constatados en la evaluación de la amenaza sísmica, se propone caracterizar en cuatro grupos las fallas geológicas activas del país, según sus tasas medias de desplazamiento y segmentaciones probables establecidas por los Geólogos. Su incorporación a los valores establecidos en los mapas de zonificación sísmica vigentes en el país, permite identificar cinco índices o niveles de peligrosidad sísmica cuya caracterización se propone en este trabajo.

Caracas, 26 -12-2004

## REFERENCIAS CITADAS EN EL TEXTO

- AUDEMARD, F. (1996). Contribución del Dr. Carlos Schubert Paetow (1938-1994) al conocimiento de la Neotectónica del Caribe; visión crítica de un colega neotectonista. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Geólogos*, 21 (2), 23-37.
- BARAZANGUI, M and DORMAN, J. (1969). World seismicity maps compiled from EESA, Coast and Geodetic Survey, epicenter data 1961-1967. *Bull. Seism. Soc. of America*, 59, 369-380.
- BRAZEE, R.J. (1979). Reevaluation of modified Mercalli intensity scale for earthquakes using distance as determinant. *Bull. Seism. Soc. of America*, vol 69, pp 911-924.
- CENTENO GRAÜ, M. (1969). *Estudios sismológicos*. 2ª edic. Vol VIII de la Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas. /La primera edición, del año 1940, se encontraba en revisión por parte de su autor para la fecha de su fallecimiento en Octubre de 1949; el mapa de zonificación sísmica, en vías de ser rehecho sobre un mapa base diferente al de la edición de 1940, fue publicado por vez primera en 1969 con ocasión de la segunda edición de la obra de Centeno/.
- COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES, COVENIN (1982). *Edificaciones antisísmicas*. Norma Venezolana, MINDUR-COVENIN 1756-82. Caracas, 67 p + comentarios
- COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES, COVENIN (2001). *Edificaciones sismorresistentes*. Norma Venezolana, MINDUR-COVENIN 1756-01, Fondonorma. Caracas, 71 p + comentarios + referencias + índice analítico.
- FIEDLER, G. (1961a). Áreas afectadas por terremotos en Venezuela. *Memorias III Cong. Geol. Venez.*, Tomo IV, pp 1811-1814, Caracas.
- FIEDLER, G. (1961b). El gran terremoto de El Tocuyo del 3 de Agosto de 1950 y el fenómeno mecánico en el foco. *Memorias III Cong. Geol. Venez.*, Tomo IV, pp 1787-1790, Caracas.
- FIEDLER, G. y RIVERO, L. (1977). *Mapa sísmico. Principales sismos ocurridos en Venezuela (1530-1975)*. Cartografía Nacional, Caracas. /En 1969, Fiedler publicó: *Mapa de epicentros, superficies de volúmenes sísmicos e isosistas para el período 1530 a 1969*, el cual contiene en un recuadro, las principales fallas geológicas del país. Escala 1:2000000, Comandancia General de la Marina, Instituto Sismológico, MOP-Cartografía Nacional, Caracas./
- GRASES, J., ALTEZ, R. y LUGO, M. (1999). *Catálogo de sismos sentidos o destructores. Venezuela 1530/1998*. Vol XXXIII, Acad. de Cien. Físic., Matem. y Nat., y Fac. de Ing., UCV. Ed. Innov. Tecn., ISBN : 980-6195-06-X, Caracas, 654 p.
- GRÜNTAL, G. ed. (1998). *European macroseismic scale 1998*. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, vol 15, Conseil de l'Europe, Luxembourg, 99 p.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR EARTHQUAKE ENGINEERING (IAEE) (1996). *Regulations for Seismic Design: a World List*. Tokyo.
- INTERNATIONAL CONFERENCE OF BUILDING OFFICIALS (ICBO) (1997). *Uniform Building Code, UBC*. Vol 2, Whittier, California.
- INTEVEP (1990). Relaciones de atenuación empleadas en el mapa de zonificación sísmica para la especificación PDVSA JA-221. Informe Interno, El Tambor, Edo. Miranda.
- LIRIO, B.A. (2004). Comparación de los estudios de la amenaza sísmica con la información histórica de sismos en Venezuela en el período 1530-1998,

en diferentes ciudades del país. Trabajo Especial de Grado, Esc. de Ing. Civil, Fac. de Ing., Universidad Santa María, Caracas, 192 p.

MALLET, R, and MALLET, J.W. (1852; 1853; 1854).

*Third report on the facts of earthquake phenomena. Catalogue of recorded earthquakes from 1606 B.C. to A.D. 1850.* Reports of researches in Science of the British Association for the Advancement of Science. Third report (1852) pp 1-176; idem (1853) pp 118-212; idem (1854) pp 1-326.

MILNE, J. (1911). *A catalogue of destructive earthquakes A.D. 7 to A.D. 1899.* British Association for the Advancement of Science, Portsmouth Meeting, London, 94 p.

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

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

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP) (1967). *Norma provisional para construcciones antisísmicas.* Caracas, 18 p. + mapa.

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.

PDVSA (1991). Diseño antisísmico de instalaciones industriales, PDVSA JA-221. *Manual de Ingeniería de diseño de PDVSA.* Especialidad 18, 'Estructuras', Caracas.

RAMIREZ, J.E. s.j. (1975). *Historia de los terremotos de Colombia.* Segunda edición, aumentada y corregida de la primera 2da de 1969. Inst. Geogr. Agustín Codazzi, Santa Fe de Bogotá, 250 p.

SCHUBERT, C. and SIFONTES, R. (1970). Boconó fault, Venezuelan Andes: evidence of postglacial movements. *Science*, 170:66-69.

SUPERINTENDENCIA DE SEGUROS (1989). *Mapa de zonificación sísmica (1:2000000).* Tarifa de seguros de terremoto. Consejo Nacional de Seguros, República de Venezuela, Caracas.

VILA M.A. (1964). *Nomenclator geo-histórico de Venezuela (1498 - 1810).* Colección histórico-económica venezolana, Vol X, Banco Central de Venezuela. Hartefrafia, Caracas, 501 p.



## CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN BASADOS EN LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES MÓVILES

■ Alejandro Orero

Grupo de Ingeniería de Organización. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 28040, Spain

■ Santiago Iglesias

Grupo de Ingeniería de Organización. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 28040, Spain

■ Ángel Hernández

Grupo de Ingeniería de Organización. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 28040, Spain

### RESUMEN

Dentro de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), las tecnologías móviles (TIC móviles) suponen una nueva herramienta capaz de mejorar de forma muy diversa los procesos de negocio de la empresa. La ubicuidad y la capacidad de comunicación en tiempo real ofrecidas por el dispositivo móvil permiten una mayor flexibilidad en la forma de concebir y llevar a cabo dichos procesos.

El objetivo general del presente trabajo se centra en el estudio de las nuevas condiciones de movilidad que aportan las TIC móviles en las empresas, así como la caracterización de los sistemas de la información que las utilizan como soporte (SI móviles).

De esta forma, se pretende reducir la distancia existente en la actualidad entre la aplicación práctica, bastante extendida en las empresas, y los estudios teóricos y conceptuales desarrollados hasta el momento sobre la materia. Finalmente, se plantea un modelo teórico para posteriores investigaciones sobre la interacción de los SI móviles y la organización.

**Palabras clave:** Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Sistemas de Información, movilidad, TIC móviles, sistemas de información móviles.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el entorno empresarial ha experimentado una profunda transformación, que está llevando a muchas empresas a una evolución en la forma de llevar a cabo sus negocios para adaptarse a las nuevas leyes de competencia definidas por la globalización y la llamada sociedad de la información.

En este nuevo marco competitivo, cada vez más cambiante y complejo, las organizaciones tienen que reinventarse cada día para tener éxito. Numerosos autores han coincidido en señalar el tremendo potencial que ofrecen las tecnologías de la información y comunicaciones (en adelante, TIC) para este propósito, y han sido muchos los que han enfocado su estudio en la relación entre éstas y los procesos de negocio en la empresa, centrándose especialmente en la innovación de los mismos con las TIC como herramientas habilitadoras del cambio.

El evidente potencial ofrecido por las TIC móviles a las organizaciones, así como la escasa literatura científica existente sobre el tema hasta la fecha, lleva a plantear esta investigación acerca de la caracterización de la interacción entre las tecnologías móviles y la organización, a través de los SI móviles.

Para lograr este objetivo, el documento se divide en los siguientes puntos:

- **Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones móviles.** Donde se enmarcan conceptualmente los términos centrales de la investigación: TIC móviles, movilidad y SI móviles.
- **Modelo de interacción TIC-organización.** En este apartado se selecciona el marco de interacción genérico entre las tecnologías de la información y comunicaciones y la empresa, para posteriormente adaptarlo al caso particular de las TIC móviles.

## 2. LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES MÓVILES

La presión del entorno a la que están sometidas las empresas hace que éstas busquen nuevas fuentes de ventaja competitiva, a la vez que el incremento de la productividad. Además, la necesidad de obtener una mayor flexibilidad y nivel de respuesta a las tendencias del mercado o las necesidades

del cliente es cada vez más vital en prácticamente todos los sectores, creando una demanda de personal cada vez más flexibles en términos de dónde y cuándo éstos trabajan [27].

Tal como manifiestan Vuksic, Stemberger y Jaklic [28], para poder sobrevivir en los escenarios de competencia económica actuales, muchas organizaciones ven necesario mejorar continuamente sus procesos de negocio, alterando en cierta medida el modo en que operan y se relacionan con sus colaboradores, clientes y proveedores. La presión competitiva está llevando a las organizaciones a agilizar su cadena de valor completa, transformando estructuralmente sus procesos de negocio, tanto internos como externos, a través de sus sistemas CRM<sup>1</sup>, SCM<sup>2</sup> y ERP<sup>3</sup>.

Las tecnologías de la información hacen posible esta simplificación y agilización de los procesos de muy diversas maneras. Es ampliamente conocida su capacidad de reducción de costes y de tiempo, aumento de calidad, información y coordinación, el aprovechamiento tanto de los conocimientos internos como externos de la empresa, etc.

Dentro del contexto de la presente investigación, definimos TIC móviles como el subconjunto de las TIC que dan soporte a la movilidad.

Etimológicamente, movilidad es la cualidad de movable o móvil. Es decir, de aquello capaz de moverse o ser movido. También encontramos otras acepciones, por la cual móvil equivale a adaptable, versátil y flexible.

Hay numerosas definiciones del concepto de movilidad orientadas al marco de negocio y de sistemas de información. Hasta no hace mucho tiempo atrás, este concepto se reducía a la informática portátil (agendas personales, ordenadores portátiles y teléfonos móviles fundamentalmente). En la actualidad, este enfoque ha quedado obsoleto, la movilidad abre nuevos caminos hacia la competitividad de las empresas, favoreciendo nuevos modelos de negocio que antes eran imposibles debido a las limitaciones físicas y geográficas que, ahora, salvan las redes y comunicaciones inalámbricas.

Atendiendo a la perspectiva técnica, realizan aportaciones interesantes los siguientes organis-

1 Customer Relationship Management: Gestión de Relaciones con Clientes.

2 Supply Chain Management: Gestión de la Cadena de Suministro.

3 Enterprise Resource Planning: Sistema Integrado de Gestión Empresarial.

mos: el IEEE<sup>4</sup> define movilidad como “la capacidad de acceso a un servicio, aplicación, dato o conexión, independientemente o bajo unas condiciones pre-definidas y aceptadas, del lugar físico del usuario y su movimiento dentro de la zona de cobertura de una red.” El 3GPP<sup>5</sup> la define como “la capacidad del usuario de tener acceso a servicios de telecomunicación en cualquier terminal adaptado. Ello en base a un identificador personal y a la capacidad de la red para proveer de esos servicios de acuerdo al acceso, terminal y perfil de usuario. Los aspectos personales de la movilidad se basan en el perfil, que generará una sesión adaptada y personalizada.” Es importante destacar que centra la movilidad en la persona, de ahí que defina movilidad como “capacidad del usuario”.

Por último, para la ETSI<sup>6</sup>, la movilidad “implica la capacidad de la red para localizar el terminal asociado al usuario para los propósitos de direccionar, de encaminar, de gestionar y de tarifar al usuario por las llamadas y conexiones, independientemente de su ubicación dentro de la red. El acceso desde el terminal móvil es el punto de origen y de terminación de los servicios.”

Desplazándonos del ámbito técnico, y con el objetivo de realizar una aproximación más concreta al término “movilidad”, se pasan a analizar los tipos básicos de movilidad que aparecen en los estudios analizados.

De acuerdo a [9] podemos distinguir cuatro tipos de movilidad:

- *Movilidad Terminal*, aquella que hace referencia al dispositivo de acceso que permite la conexión.
- *Movilidad Personal*, aquella que hace referencia al usuario del sistema de información móvil.
- *Movilidad de Servicio*, que permite la continuidad, adaptabilidad y personalización del servicio según el contexto y el usuario. Todo ello en condiciones de variabilidad de la localización y el acceso.

- *Movilidad de Sesión*, que implica la independencia de la sesión respecto al tiempo y el lugar de acceso. Se define sesión como las condiciones de personalización y autenticación que el usuario o la red en su defecto establecen para configurar el acceso y el servicio.

Otra forma de clasificar la movilidad es a través de la topología de red y el radio de alcance. Según [20] y los informes de Durlacher [6] [7] hay tres tipos de movilidad atendiendo a la topología: micro-movilidad (ámbito reducido a pocos metros), macro-movilidad (movilidad dentro de un dominio) y movilidad global (movilidad entre dominios).

Ampliando el concepto de movilidad, Kakihara y Sorensen [10] [11] [12], proponen moverse hacia nuevos conceptos y definiciones, discutiendo que el “ser móvil” no es una cuestión de desplazamiento, sino que también se relaciona con la forma en la que se interacciona.

Desde esta perspectiva, aparecen tres nuevas dimensiones relacionadas con las interacciones entre los sistemas de información móvil y la persona:

- *Movilidad espacial*. Es la manifestación más clara de la movilidad. Asume que las otras dimensiones de movilidad pueden darse simultáneamente con ella y también el hecho de la interacción con la interfaz humana: movilidad de objetos, de símbolos y del espacio.
- *Movilidad temporal*. La movilidad temporal se refiere a la independencia del tiempo y a la nueva flexibilidad que las tecnologías móviles aportan. La velocidad de acceso, consulta y ejecución cambia las asignaciones temporales de las tareas, reduciendo los intervalos entre procesos dependientes y agilizando su propio desarrollo. La variable temporal puede ahora gestionarse con mayor eficacia y eficiencia.
- *Movilidad del contexto*. El lugar de trabajo puede o no estar localizado físicamente y es la movilidad de contexto lo que realmente afecta al usuario. En última instancia afecta la manera en la cual planeamos nuestras actividades. La definición de las actividades y la planificación de las acciones mientras la movilidad de contexto sucede, acepta las divergencias y los cambios en las situaciones de partida en todo momento, siendo adaptable a todo que puede suceder “a última hora”. La movilidad

4 Institute of Electrical and Electronics Engineers. “IEEE transactions on Mobile Computing 2003”. Disponible en: <http://csdl.computer.org/comp/trans/tm/2003/03/h3toc.htm>

5 3rd Generation Partnership Project. Disponible en [http://www.3gpp.org/ftp/tsg\\_sa/wg2\\_arch/tsgs2\\_04/tempdoc/s2-99187.doc](http://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/wg2_arch/tsgs2_04/tempdoc/s2-99187.doc)

6 European Telecommunications Standards Institute. Disponible en: [http://www.etsi.org/services\\_products/freestandard/home.htm](http://www.etsi.org/services_products/freestandard/home.htm)

de contexto desempeña un papel crítico en la interacción humana.

Siguiendo en la línea de estos autores, se puede ver una serie de características fundamentales en un sistema de información móvil. Kristoffersen y Ljungberg [13] profundizaron en esta caracterización:

- *Universalidad: Posibilidad de acceder remotamente a todas las aplicaciones ofimáticas y corporativas, con independencia del lugar o el tiempo*
- *Independencia del dispositivo de acceso: La flexibilidad del sistema de información móvil facilitará la adaptación de los contenidos según el terminal de acceso.*
- *Independencia de las redes de acceso: La movilidad está por encima de las tecnologías particulares. Éstas sólo son el medio capacitador de la misma, pero el concepto de movilidad es independiente de ellas.*
- *Flexibilidad: Un sistema caracterizado por la movilidad debería ser fácilmente actualizable, para permitir así una reconfiguración rápida y de bajo coste a nuevos estándares y tecnologías de movilidad.*
- *Seguridad de las transmisiones: Es una característica común a cualquier sistema de información y en condiciones de movilidad se hace especialmente importante asegurar la privacidad e inviolabilidad de las conexiones.*
- *Control de acceso: A la información y aplicaciones corporativas, permitiendo la definición de permisos personalizados por empleado.*
- *Administración eficiente: Que garantice la correcta gestión, mantenimiento y rapidez de actuación frente a incidencias.*
- *Crecimiento: Radical o gradual, permitiendo la incorporación progresiva en número de usuarios y aplicaciones.*
- *Independencia de la ubicación física: Del terminal que accede, de los servidores de acceso, de aplicaciones, de correo, etc.*
- *Disponibilidad: El servicio debe estar disponible en todo momento.*

Una vez que hemos analizado el concepto de movilidad desde las perspectivas técnica, social y corporativa, nos encontramos en disposición de realizar una definición de movilidad que englobe los puntos fundamentales recogidos. Así, dentro

del ámbito de los sistemas de información móvil, podemos definir movilidad como:

*La capacidad de la red, el terminal y el usuario de acceder, conectar y mantener la sesión remota a un sistema de información organizacional con independencia de su ubicación, movimiento y contexto.*

Si se analizan las distintas ventajas e innovaciones que introducen las TIC móviles dentro de la organización, podemos llegar a la caracterización que se realiza a continuación [1] [2] [4] [5] [15] [18] [19] [22] [25] [26]:

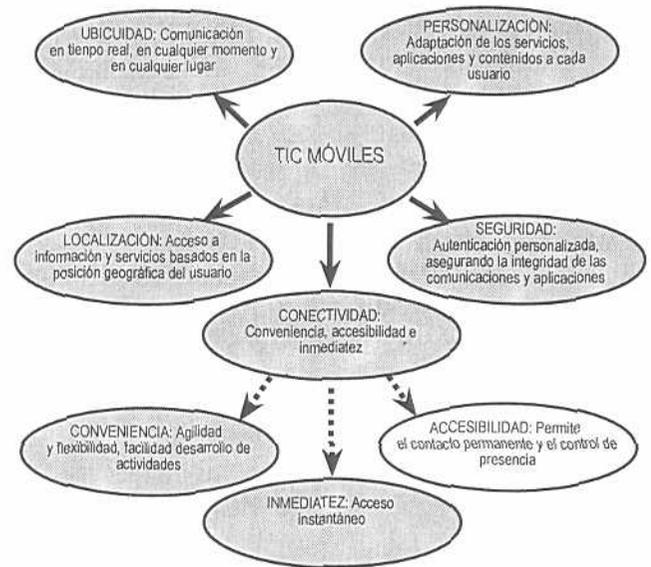


Figure 1. Caracterización de las TIC móviles.  
Fuente: elaboración propia.

### 3. MODELO DE INTERACCIÓN TIC-ORGANIZACIÓN: PARTICULARIZACIÓN A LAS TIC MÓVILES

Desde mediados del siglo pasado, han sido muchos los autores que han propuesto modelos que analizan la interacción entre los sistemas de información y las organizaciones, planteando la mejora de los distintos elementos de estas últimas por la acción de las TIC [3] [8] [14] [16] [21] [23] [24].

Para el presente estudio, se toma como referencia una modificación al modelo [21] introducida por Orero, Chaparro y Merino [17] por su enfoque integral y por el equilibrio que establece entre todas las dimensiones de la organización.

La principal aportación de este modelo frente al original es la separación del sistema de información como elemento independiente de las tecnologías de la información, con lo que se pone de manifiesto la influencia del manejo de la información en los distintos elementos organizativos independientemente del uso de las tecnologías de la información que les dan soporte. Así, el sistema de información es considerado como la interfaz en la interacción entre las tecnologías de la información y la organización, dentro de cuya dimensión se encuentran la estructura, la cultura y los procesos de negocio.

Los autores proponen que, a través del análisis de una de las dimensiones clave de la organización, -el sistema de información-, pueden analizarse y caracterizarse los impactos con las restantes dimensiones del modelo -estrategia, estructura, cultura y procesos de negocio-.

Dada la naturaleza de la presente investigación, centrada en la caracterización de las tecnologías de la información móviles y teniendo en cuenta que las tecnologías móviles son en realidad un subconjunto de las TIC, se propone el siguiente modelo, basado en el anterior, que ilustra el marco de referencia para futuras investigaciones.

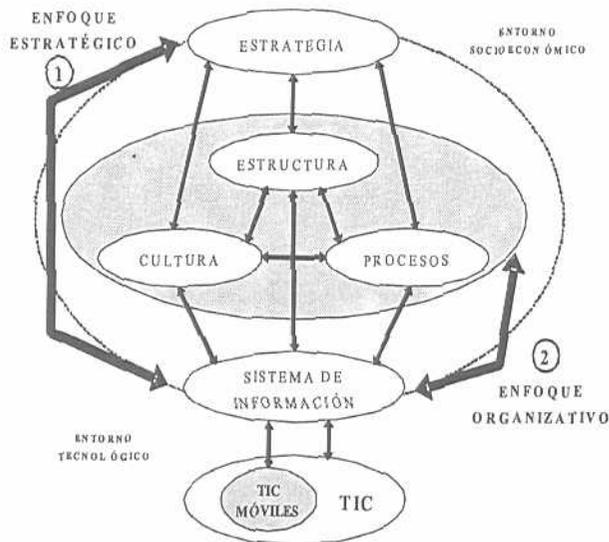


Figure 2. Modelo de interacción entre las TIC móviles y la organización. Fuente: Adaptado de [17].

Si siguiendo el modelo, se pueden establecer dos enfoques para el estudio de la interacción, el enfoque estratégico y el organizativo. Dentro de este úl-

timo, se distinguen tres dimensiones estrechamente relacionadas entre sí: los procesos, la cultura y la estructura.

#### 4. CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo, se han formulado diversas definiciones que acotan, desde un punto de vista teórico, diversos aspectos relacionados con el uso de las TIC móviles dentro de la organización.

El objetivo perseguido ha sido el de aclarar conceptualmente los diferentes términos que se presentan, de manera confusa en ocasiones, en la literatura sobre el tema. A través de esta exposición se ha llegado a una definición propia de movilidad.

Finalmente, se ha planteado un modelo que delimita desde una perspectiva teórica las interacciones entre los SI móviles y los enfoques organizativo y estratégico de la empresa. De esta manera, estamos en disposición de desarrollar posteriores investigaciones relacionadas con la utilización de las TIC móviles dentro de las organizaciones.

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Andreou, A. S.; Chrysostomou, C.; Leonidou, C.; Mavromoustakos, S.; Pitsillides, A.; Samaras, G.; Schizas, C.: "Mobile commerce applications and services: A design and development approach". Department of Computer Science. University of Cyprus. First International Conference on Mobile Business, M-Business 2002. Athens, Greece. July, 2002.
- [2] Baryshnikova, V.: "Business models in the digital economy". TU-91.107 Seminar in Business Strategy and International Business. Helsinki University of Technology. 2003.
- [3] Benjamin, R.; Levinson, E.: "A framework for managing IT enabled change". MIT Sloan Management Review. Summer, 1993.
- [4] BenMoussa, C.: "Workers on the move: New opportunities through mobile commerce". Turku Centre for Computer Science. 2003.
- [5] Clarke III, I.: "Emerging Value Propositions for M-Commerce". Journal of Business Strategies, v18, i2, pp. 133-149. 2001.
- [6] Durlacher reports: "UMTS report". Durlacher Research LTD. 2002. Disponible en: <http://www.durlacher.com>

- [7] Durlacher: reports "Mobile commerce report". Durlacher Research LTD. 2003. Disponible en: <http://www.durlacher.com>
- [8] Hammer, M.; Champy, J.: "Re-engineering the corporation: a manifesto for business revolution". Harper Collins Publishers, New York, 1993.
- [9] Hegering, H.: "Mobility kommunikations". Universidad de Munich. 2001. Disponible en: [www.nm.informatik.uni-muenchen.de/Vorlesungen/ws0102/mk/skript/1.pdf](http://www.nm.informatik.uni-muenchen.de/Vorlesungen/ws0102/mk/skript/1.pdf)
- [10] Kakahara, M y Sorensen, C: "Expanding the mobility concept". Department of Information Systems London School of Economics 2001
- [11] Kakahara, M.; Sörensens, C.: "'Post-Modern' professionals' work and mobile technology". Department of Information Systems, London School of Economics and Political Science, Great Britain. Accepted for: New Ways of Working in IS: The 25th Information Systems Research Seminar in Scandinavia (IRIS25), Copenhagen Business School, Denmark, August 2002.
- [12] Kakahara, M.; Sörensens, C.: "Mobility: An Extended Perspective". Department of Information Systems, London School of Economics and Political Science, Great Britain. Published in the Proceedings of the Hawaii's International Conference on Systems Sciences. January, 2002.
- [13] Kristoffersen, S.; Ljungberg, F.: "Mobility: from stationary to mobile work" Ed. Braa, Sorensen, and Dahlbom. Lund, 2000.
- [14] Leavitt, H.: "Applied organization change in industry: structural, technical and human approaches". John Wiley. New York, 1964.
- [15] Mikko, A.: "Wireless applications evaluation and development process: Case-paper industry logistics". Master's Thesis. Lappeenranta University of Technology. 2002. Disponible en: <http://edu.lut.fi/LutPub/web/nbnfi-fe20021179.pdf>
- [16] O'Hara, M.; Watson, R.; Kavan, C.: "Managing the three levels of change". Information Systems Management. Summer 1999.
- [17] Orero, A.; Chaparro, J.; Merino, J.: "The manage of organizational change by information systems". III IFSAM (International Federation of Scholarly Associations of Management) World Congress. Paris, 1996.
- [18] Paavilainen, J.: "Mobile Commerce Strategies". Edita Plc. IT Press. Helsinki, 2001.
- [19] Rinne, T.: "The Business Models in Digital Economy". TU-91.107 Seminar in Business Strategy and International Business. Helsinki University of Technology. Department of Industrial Engineering and Management. Institute of Strategy and International Business. Spring, 2002.
- [20] Schiller, J.: "Mobile communications". Addison-Wesley, 2000
- [21] Scott-Morton, M.: "The corporation of the 1990s: Information technology and organizational transformation". Oxford University Press. 1991.
- [22] Sharma, S.: "Mobile Commerce". School of Business Administration. Oakland University. 2002. Disponible en: <http://www.sba.oakland.edu/faculty/sharma/Ecommerce/lectures/C8.ppt>
- [23] Silver, M.; Lynne, M.; Mathis, C.: "The Information Technology Interaction Model". Centre for Research on Information Systems. New York University. 1994.
- [24] Simon, K.A.: "BPR in the pharmaceutical industry". Doctoral Dissertation. Göteborg University, Sweden. Gothenburg Studies in Informatics, Report 26, April 2003.
- [25] Stoica, M.; Stotlar, D.: "A Model for Small Business New Technology Adoption: The case of Mobile Commerce". Washbur University. ASBE (Association for Small Business & Entrepreneurship) Conference Paper. Houston. March, 2003.
- [26] Tsalgatidou, A.; Pitoura, E.: "Business Models and Transactions in Mobile Electronic Commerce: Requirements and Properties". Computer Networks 37, pp. 221-236. 2001.
- [27] UMTS Forum. "The future of mobile market" UMTS Forum report. No. 8. 1999.
- [28] Vuksic, V.B.; Stemberger, M.I.; Jaklic, J.: "Simulation modelling towards e-business models development". International Journal of Simulation Systems, Science & Technology, Special Issue on: Business Process Modelling, Vol 2. No.2. Pp. 16-29. 2001.

# I INFLUENCIA DE LA PARTICIPACIÓN DEL USUARIO EN SU DESEMPEÑO INDIVIDUAL. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

## RESUMEN

Esta investigación analiza el grado de influencia de la Participación del Usuario en su Desempeño Individual en el uso y operación de sistemas de información por medio del análisis de los Factores de Implementación (Organizacional, Planeación y Técnico) que permitan obtener guías de acción para futuros proyectos de Sistemas de Información. El estudio empírico se lleva a cabo en una institución de educación superior de México (103 cuestionarios) por medio de PLS (Partial Least Squares). Los resultados muestran que la Participación del Usuario tiene una gran influencia en su Desempeño Individual con el uso del sistema, teniendo una fuerte relación con el Factor Técnico por su coeficiente path (0.471) y su alta significancia estadística a un nivel de  $p < 0.001$ .

**Palabras Clave:** satisfacción del usuario, participación del usuario, factores de implementación, desempeño del usuario, pls

■ J. Melchor Medina  
jmedinaq@uat.edu.mx  
Universidad Autónoma de Tamaulipas. México

■ Julián Chaparro P.  
chaparro@gio.etsit.upm.es  
Universidad Politécnica de Madrid. España

## 1. INTRODUCCIÓN

Las fuerzas sociales, políticas y económicas están cambiando al mundo muy rápido, los sistemas de información (SI) desde hace tiempo se han hecho críticos para las operaciones diarias y el éxito de

muchas empresas [2]. Hoy, las organizaciones tienen una dependencia mayor de sus SI con una gran influencia en la productividad, procesos de producción, ciclos de vida de productos, innovación [55] y principalmente en los usuarios directos, quienes utilizan la información en su trabajo diario; porque en estos días se tienen más datos por recoger, requiriéndose SI más eficientes y mejor tecnología [46]. Este crecimiento, viene a aumentar de la misma forma la inversión en ellos [52], incluso en muchas ocasiones las organizaciones luchan por sobrevivir y no por competir [53] y llega un momento en donde se debe de evaluar a los sistemas para conocer si verdaderamente están ayudando a mejorar el desempeño de las actividades de los usuarios y de la institución. El mayor reto de la efectividad de los sistemas es que su implementación sea dirigida apropiadamente a cubrir las necesidades de los usuarios [56], existiendo un ambiente caótico en la medición de su éxito [47] por no ser confiables las medidas [55], y de acuerdo a Moore y Benbasat [42] carece de una fundamentación teórica.

Los investigadores han tratado de medir el éxito de los SI en forma integral; ya que las erogaciones hechas en ellos es considerable, además se une el hecho sonante del conocer por parte de las organizaciones las oscilaciones de productividad con el uso de esta herramienta informática. De igual manera, es necesario conocer el impacto de los SI en los usuarios en términos de su desempeño individual y por tanto, su afectación al desarrollo armonioso de toda organización.

En resumen, el objetivo de esta investigación es el determinar la relación entre la Participación del Usuario en la planeación, desarrollo y uso de SI, analizándola desde una perspectiva de Desempeño Individual por medio del análisis de los factores de Implementación descritos en la revisión del estado del arte (Organizacional, Planeación y Técnico).

## 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### PARTICIPACIÓN DEL USUARIO

El involucramiento del usuario final se define como el grado en el cual un usuario se envuelve en las actividades de análisis de sistemas, en la definición del proyecto y en las decisiones de diseño

lógico [20], otros indican que es la participación en el desarrollo de un sistema por un miembro o miembros del grupo objetivo de usuarios [30]; se refiere a un estado psicológico en el cual una persona cree que un sistema posee dos características: importancia y relevancia personal [25]. Esta participación se ha reconocido como un componente crítico de los eventos de éxito [31].

A principios de los años de 1980's, los usuarios eran involucrados en las primeras fases del desarrollo de software; en estos días, su involucramiento es un requisito sobre todo en la definición de los requerimientos [16]. Algunos practicantes no lo creen así por dos razones [41]: en primer lugar los usuarios no son profesionales en el desarrollo de sistemas y desconocen mucho de las tecnologías, y en segundo lugar, los especialistas en SI se incentivan primero a lo concerniente a los aspectos técnicos antes que los requerimientos de los usuarios.

La participación del usuario ha sido ampliamente estudiada por la comunidad de SI como un medio para mejorar su satisfacción dentro del desarrollo de sistemas [8], donde los altos niveles de percepción de propiedad dirigen a los altos niveles de involucramiento, participación y satisfacción [29].

Las investigaciones que se han hecho al respecto para sostener teóricamente las relaciones, se refieren a los estudios en el impacto organizativo [20], en lo económico [36], facilita el aprendizaje organizacional [12], y un principio esencial ampliamente aceptado para los sistemas [20], se requiere cambio [30, 31]. Así como también el trabajo de Ives y Olson [30], es visto como un factor crítico para el desarrollo e implementación de sistemas de información exitosos [29] dando una mayor oportunidad de alcanzar el éxito del sistema [48]. Doll y Torkzadeh [20] y Tait y Vessey [51], encontraron en sus estudios aspectos importantes en lo relativo a su involucración en la planeación de desarrollo de sistemas.

Hipótesis:

H1: La Participación de los Usuarios en el éxito de los SI está relacionada con el éxito del Factor Organizacional

H2: La Participación de los Usuarios en el éxito de los SI está relacionada con el éxito del Factor Planeación

H3: La Participación de los Usuarios en el éxito de los SI está relacionada con el éxito del Factor Técnico

## FACTOR ORGANIZACIONAL

El concepto administrativo de Organización se define como la función de ensamblar y coordinar los recursos humanos, financieros, físicos, de información y otros que sean necesarios para lograr las metas [11] e influenciadas por una gran cantidad de factores y personas. En el ámbito de informática, involucra el conocimiento ganado por la organización durante el desarrollo de SI, las relaciones interpersonales mantenidas y la habilidad para controlar los recursos usados por un proyecto [32].

A pesar de la ambigüedad y confusión que lo rodea, el constructo organizacional es un aspecto central en las ciencias organizacionales y no puede ser ignorado en la teoría y en la investigación [14] no existiendo una mejor solución para estas necesidades [22], por los avances hechos en esta área, aunada a la transición de la era de la sociedad industrial a la sociedad de la era postindustrial caracterizada por la exploración de muchas metas, valores, tecnologías y procesos [27]. En lo correspondiente a los SI, los resultados de Jiang *et al.* [32] indican que las dimensiones de desempeño de los SI están influenciados positivamente con el apoyo organizacional por el aprendizaje, control, eficiencia en las operaciones y flexibilidad.

Se han producido diversos estudios acerca de la organización en general y de varias disciplinas académicas y especialistas interdisciplinarias, cada una con sus conceptos, teorías y bases metodológicas [40]. Andreu, Ricart y Valor [5] consideran que para conseguir una integración real entre Tecnologías de Información / Sistemas de Información (TI/SI) y estrategia de negocio es necesario que el propio proceso de formulación de la estrategia incorpore ingredientes de TI/SI de la misma forma que lo hace con otras funciones (comercial, producción, control, etc.), y esta alineación involucra el buen uso de las decisiones de los recursos de TI para la obtención de los objetivos de negocios estratégicos (anticipación a los requerimientos futuros), tácticos (localización de recursos) y operativos (logro de eficiencia y efectividad) de la organización [45]. Además, cualquier cambio en la estrategia y la tecnología potencialmente resulta en un cambio en el sistema de valores, la cultura y la estructura de equipos de la organización [21]; para lo cual, el Factor Organizacional, se debe de analizar también desde una perspectiva de cambio, porque una im-

plementación de un SI causa considerables cambios organizacionales que la gente tiende a resistirse, lo cual se incrementa con el alcance y magnitud que el sistema crea [51].

## FACTOR PLANEACIÓN

Sin lugar a dudas, los proyectos en general traen consigo una innumerable y compleja red de actividades que deben ser manejadas de la manera más eficiente posible [13] y los de sistemas de información no quedan fuera de esta perspectiva, de allí que el equipo encargado debe aprender nuevas tecnologías, trabajar con usuarios, recolectar información, seleccionar y usar la metodología apropiada de desarrollo, anticiparse y responder a los problemas políticos [57] iniciando con un estudio de factibilidad [37], la cual se apoya en tres principios básicos: operativo, técnico y táctico, y quien cumpla con éstos, debe de elegirse como propensos a desarrollarse. Pero en su afán de generar más ventajas de los SI, las empresas han invertido en ellos, sin embargo, esas inversiones no siempre se han realizado de una forma planificada, han sido los procesos empresariales los que se han ido adaptando a las capacidades crecientes de la tecnología, cuando hubiera sido preferible que las tecnologías se adaptaran a las necesidades de la empresa [18]. O'Brien [43] considera la planeación de sistemas como un componente importante de la planeación organizacional, teniendo cuatro objetivos importantes: a) alineación empresarial, b) ventaja competitiva, c) administración de recursos y d) arquitectura de la tecnología.

Dicho proceso de planificación es fundamental para la empresa, ya que la existencia de planes formales garantiza que la organización concentre todos sus recursos y energías en la consecución de sus objetivos, eliminando las ambigüedades sobre las que se espera de cada persona, de cada grupo de trabajo o de cada unidad funcional [6] requiriéndose para los SI una alineación estrecha con los planes de negocio [45], un marco de referencia y la habilidad para poder medirlo [44]. De tal suerte, las organizaciones se enfrentan al problema de adaptación a los continuos cambios de TI y estrategias de negocio. El proceso de planeación de sistemas de información llega a ser un componente clave para asegurar su alineamiento [17]; consecuentemente, es fundamental que la alta dirección de la

organización tome parte activa en la decisión del plan de SI con el fin de posibilitar su éxito; debe convencer a sus colaboradores más directos de la necesidad de realización del plan; de su apoyo de forma constructiva, mentalizándose que la ejecución del mismo requerirá la utilización de unos recursos de los cuales son responsables [39], en base a guías de acción o metodologías para este fin.

### FACTOR TÉCNICO

Las Tecnologías de Información (TI) se refieren al hardware, software, servicios, equipo de oficina y gastos internos en esta área; su impacto en el trabajo es uno de los asuntos más comentados en los años recientes [54], su uso ha pasado de unos cuantos usuarios a casi todos [33] y con el desarrollo de nuevos sistemas en la organización, se adquiere la necesidad de nuevas herramientas técnicas [4].

Kumar, Smith y Bannerjee [35] encontraron que los sistemas que son fáciles de usar, tienen interfaces simples y dirigen a que sean útiles para la gente en sus trabajos; para esto, DeLone y McLean [19] en su revisión encontraron que los investigadores se han enfocado en la medición del éxito de los SI en los detalles técnicos (e.g. interfase, metodologías de desarrollo, habilidades de programadores), por tanto es un factor clave en los sistemas de automatización [7]. Desafortunadamente, en el desarrollo de un proyecto de sistemas surgen problemas: los investigadores aceptan ahora que la calidad del sistema técnico es necesario [28] pero no suficiente para asegurar su éxito [38]; cuando el hardware es nuevo, por lo general es subutilizado por la inadecuación de la energía eléctrica, telecomunicaciones, partes a reparar y formación de personal [28]; Tait y Vessey [51] señalan que las habilidades pobres de los programadores, fuente de datos y herramientas de desarrollo afectan la complejidad en el uso de la tecnología, resultando en grandes problemas técnicos; y la comunicación entre el equipo del proyecto se enfoca principalmente en asuntos técnicos [1].

Por el lado del usuario, tienen distintas necesidades, consecuentemente, las interfaces se deben de crear de acuerdo a cada uno de ellos, conllevando a la prolongación del tiempo de desarrollo, el aumento de la complejidad del sistema y del costo; de igual manera, Kumar, Smith y Bannerjee [35] indican que una aplicación informática compleja puede ser más fácil de entender si las características de la interfase

son recordadas por el usuario con las herramientas y sistemas que son familiares para él. Por parte de los programadores, el efecto de la capacidad técnica de los miembros del equipo de desarrollo del software y el uso de las herramientas son determinantes en la calidad del sistema [34].

Por último, la percepción de desarrollo organizacional de un SI debe ser de gran interés desde el aspecto técnico (desarrolladores, staff, directivos e investigadores) [50]. Los asuntos técnicos y organizaciones deben de estar resueltos [10] porque se requiere tiempo y esfuerzo en otras áreas [48]. Desafortunadamente, al Factor Técnico no se le ha dado la relevancia importante.

### DESEMPEÑO INDIVIDUAL

En los últimos veinte años se ha visto un movimiento hacia el estudio especializado del usuario (e.g. operadores de computadoras o programadores); hoy se intenta verlo de una manera más compleja, como una persona en un sistema social en la cual las computadoras juegan un rol importante [33] considerando su desempeño individual, de allí que varios estudios [54, 55], probaron la asociación entre uso del sistema y el impacto individual y la asociación encontrada fue significativa en todos.

Numerosas investigaciones han demostrado los efectos negativos de la falta de apoyo de los usuarios en el desarrollo de un proyecto, incluyendo resistencia al cambio y no estar dispuesto a involucrarse [30, 31, 51]. Existen análisis empíricos de los SI con el impacto en el usuario como relaciones humanas, satisfacción, conducta individual (utilización), facilidad de uso, aspectos políticos, aspectos culturales, productividad del negocio, tecnología, apoyo [23], ya que los usuarios individuales tienen diferentes trabajos, con diferentes habilidades técnicas y ambientes varios y temporales en situaciones organizacionales y técnicas variadas [26].

En esta investigación se evalúa el impacto o desempeño individual en tres formas:

- Satisfacción: orientación positiva que un individuo tiene hacia un sistema de información [28].
- Toma de Decisiones: capacidad de los SI de apoyar a los usuarios finales a satisfacer sus requerimientos de información [19].

- Uso: la proporción de veces que el usuario selecciona utilizar los sistemas [24].

H4. El Factor Organizacional está asociado con el alto nivel de desempeño individual del usuario

H5. El Factor Planeación está asociado con el alto nivel de desempeño individual del usuario

H6. El Factor Técnico está asociado con el alto nivel de desempeño individual del usuario

### 3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Los factores que han motivado la formación de la TI en los negocios y en la industria han pasado igualmente a la administración de la educación [3], por la presión de sus usuarios internos (empleados, profesores, alumnos) y externos (sociedad, gobierno, empresas, etc.); por tal motivo, esta investigación se lleva a cabo en la Universidad Autónoma de Tamaulipas; la cual es una de las instituciones de educación superior de mayor prestigio en México, cuenta con 37,750 alumnos (periodo 2003-2004). Esta institución es elegida por: a) tener un amplio rango de sistemas de información (contabilidad, control escolar, servicios administrativos, diseño curricular, atención al profesorado, etc.), b) su capacidad tecnológica, pionera y líder en tecnologías de información, c) está geográficamente dispersa, d) gran número de empleados, e) diversidad de usuarios, f) diferencia de experiencia con el uso de computadoras, h) institución con amplias dimensiones y viabilidad de aplicar algún instrumento para obtener información.

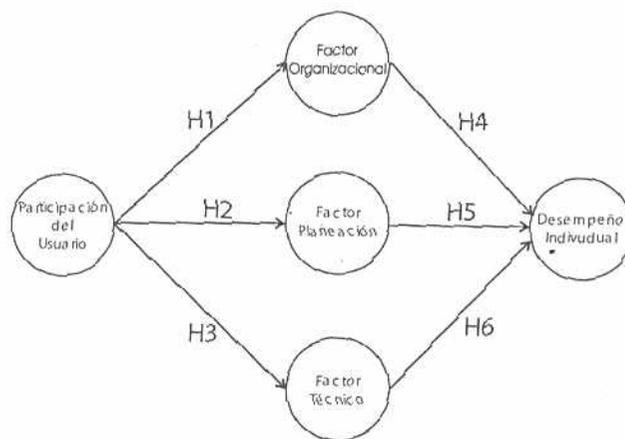
El proceso seguido para cumplir con la acometida principal, inició con la revisión del estado del arte para plasmar el Modelo de Investigación con sus respectivas hipótesis (Figura 1), variables independientes (participación del usuario, factor organizacional, factor planeación, factor técnico) y dependiente (desempeño individual).

Acto seguido, es el diseño de un cuestionario tentativo para que sea revisado por profesionales en el área. Después de ser validados por expertos y académicos, el siguiente paso consiste en la realización de un estudio piloto, lo que ayuda a establecer la validez de los ítems y el contenido. El resultado fue la determinación de tres ítems para las varia-

bles, excepto para la Participación de Usuario, en la cual se usaron seis; iniciándose así la aplicación del cuestionario final.

Posteriormente, en base a la información obtenida, se deriva al desarrollo de su descripción general y analítica por medio del software PLS Graph, crear cruces de variables, matrices de correlaciones, cargas factoriales, índices AVE, etc. con el fin de comprobar las hipótesis diseñadas. Por último, se procede al desarrollo de las conclusiones tomando en consideración los análisis anteriores.

Figura 1. Modelo de Investigación



### ESTUDIO EMPÍRICO

Para el análisis de PLS, se siguen las recomendaciones de valores mínimos aceptados por Barclay, Higgins y Thompson [9], Chin [15] y Roldán [49], con un remuestreo de 500 subejemplos (bootstrap).

En el proceso de la aplicación de cuestionarios y recolección de información se encontró cierta resistencia en la primera impresión a contestar por parte de los usuarios; por temor a "robarles" información confidencial. Se encuestó a usuarios en la institución. Las mediciones perceptuales fueron iguales para todos los ítems. Se aplicaron un total de 103 cuestionarios.

Los datos generales recolectados con el cuestionario indican:

- 67% son mujeres y 33% hombres
- Nivel máximo de estudios: primaria, 6%; secundaria, 25%; academia comercial, 36%; bachillerato, 26%; y superior 6%

- Tiempo de trabajar en la institución: 1-5 años, 7%; 6-10 años, 14%; 11-15 años 53%, 16-20 años 19% y 21 o más años, 7%

Por otra parte, PLS servirá para originar la validación global del modelo en una forma integral, es decir, los resultados de esta herramienta estadística, permitirá concluir si el modelo de investigación tiene la suficiente confiabilidad. Para ello, los parámetros de medida y estructurales son estimados a la vez, un modelo PLS es analizado e interpretado en dos etapas [9, 49]:

1. Validación del Modelo de Medida: trata de analizar si los conceptos están medidos correctamente a través de las variables observadas.
2. Validación del Modelo Estructural: evalúa el peso y la magnitud de las relaciones entre las distintas variables. Para esta valoración se usan dos índices básicos: varianza explicada (R<sup>2</sup>) y los coeficientes path estandarizados ( $\beta$ ).

## RESULTADOS DEL MODELO

Las tablas presentadas a continuación muestran que los valores obtenidos están por encima de los mínimos recomendados. En la Tabla 1, se encuentra: la validación de items, todos alcanzan el valor mínimo de 0.707 (carga); la confiabilidad interna, como se puede apreciar, sobrepasan el 0.700; en la validez convergente, la Varianza Explicada Media (AVE) en todos tiene datos superiores a 0.500; y en la validez discriminante (Tabla 2), la raíz cuadrada de AVE (en diagonal) es mayor a los valores de su línea horizontal y vertical. La Tabla 3 proporciona los coeficientes path ( $\beta$ ) con su respectivo valor t-student (statistic) apreciándose una significancia importante en todas las propuestas como hipótesis.

Tabla 1. Resumen de Resultados de PLS Graph

| Constructo\ item          | Carga  | Confiabilidad Interna | AVE   | R <sup>2</sup> |
|---------------------------|--------|-----------------------|-------|----------------|
| Participación de Usuarios |        | 0.805                 | 0.509 | no aplica      |
| usu1                      | 0.7256 | valor t= 2.5638       |       |                |
| usu2                      | 0.7074 | valor t= 3.7212       |       |                |
| usu3                      | 0.5733 | valor t= 1.9779       |       |                |
| usu4                      | 0.7502 | valor t= 2.1024       |       |                |
| usu5                      | 0.7347 | valor t= 2.6022       |       |                |
| usu6                      | 0.7355 | valor t= 2.4096       |       |                |
| Factor Organizacional     |        | 0.901                 | 0.752 | 0.289          |
| org1                      | 0.8002 | valor t= 3.1875       |       |                |
| org2                      | 0.8893 | valor t= 2.3961       |       |                |
| org3                      | 0.9078 | valor t= 3.8682       |       |                |
| Factor Planeación         |        | 0.872                 | 0.694 | 0.299          |
| pla1                      | 0.8728 | valor t= 3.7182       |       |                |
| pla2                      | 0.8409 | valor t= 2.3621       |       |                |
| pla3                      | 0.7830 | valor t= 4.6337       |       |                |
| Factor Técnico            |        | 0.875                 | 0.708 | 0.260          |
| tec1                      | 0.7885 | valor t= 2.8839       |       |                |
| tec2                      | 0.9357 | valor t= 3.5697       |       |                |
| tec3                      | 0.9497 | valor t= 2.8422       |       |                |
| Desempeño Individual      |        | 0.879                 | 0.708 | 0.742          |
| desind1                   | 0.8474 | valor t= 3.9523       |       |                |
| desind2                   | 0.8106 | valor t= 3.0041       |       |                |
| desind3                   | 0.8661 | valor t= 3.9710       |       |                |

Tabla 2. Matriz de Correlaciones (Validación Discriminante)

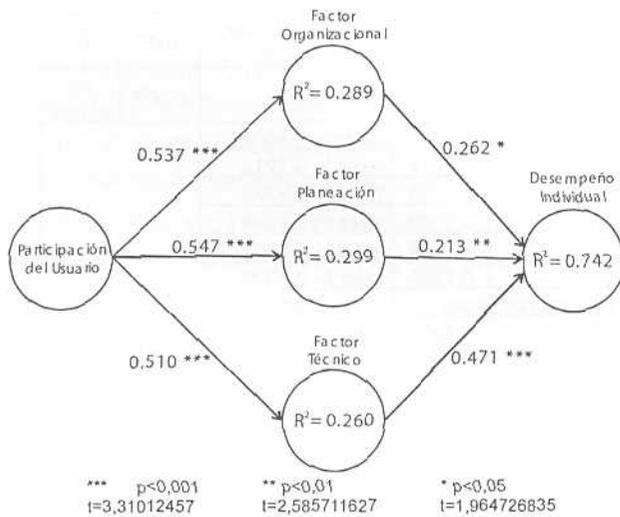
|         | Usu   | Org   | Plan  | Tec   | Des Ind |
|---------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Usu     | 0.713 |       |       |       |         |
| Org     | 0.537 | 0.867 |       |       |         |
| Plan    | 0.547 | 0.607 | 0.833 |       |         |
| Tec     | 0.510 | 0.838 | 0.620 | 0.841 |         |
| Des Ind | 0.511 | 0.800 | 0.664 | 0.831 | 0.841   |

Nota: Los datos en diagonal es la raíz cuadrada de la varianza extraída media (AVE) entre el constructo y sus medidas. Para la validez discriminante, estos valores deben de ser mayores a los datos en el mismo renglón y columna (interconstructo).

Tabla 3. Relaciones (Hipótesis)

| Relación                                      | $\beta$   | T-Statistic |
|---|-----------|-------------|
| P. Usuarios → Factor Organizacional (H1)      | 0.537 *** | 6.4984      |
| P. Usuarios → Factor Planeación (H2)          | 0.547 *** | 7.0371      |
| P. Usuarios → Factor Técnico (H3)             | 0.510 *** | 5.5513      |
| F. Organizacional → Desempeño Individual (H4) | 0.262 *   | 2.0165      |
| F. Planeación → Desempeño Individual (H5)     | 0.213 **  | 3.5256      |
| F. Técnico → Desempeño Individual (H6)        | 0.471 *** | 3.6869      |

Figura 2. Modelo de Investigación Evaluado



## 6. CONCLUSIONES

Los resultados presentados sugieren que el modelo de investigación puede incrementar el entendimiento de la Participación del Usuario en los Sistemas de Información para obtener un mejor Desempeño Individual. La principal beneficiaria es la comunidad académica del campo de los SI, sobre todo los de la región noreste de México, donde se lleva a cabo el estudio de campo.

Lo obtenido muestra que la Participación del Usuario tiene un efecto positivo en los Factores de Implementación por sus altos niveles de path estandarizado y con significancia al nivel de  $p < 0.001$ . Igualmente, se deduce que los Factores Técnicos tienen una mayor influencia en la satisfacción general del usuario al tener el mayor path estandarizado ( $0.471$ ) y el de mayor significancia ( $p < 0.001$ ) de las variables independientes conectadas en forma directa. Es decir, el usuario cree que su participación es buena cuando la información del sistema le ayuda a tomar decisiones importantes, le es de utilidad y se siente satisfecho con su uso; todo ello apoyado con la buena planeación de los aspectos organizativos (involucramiento de directivos, recursos, incentivos) y técnicos (metodologías, lenguajes computacionales).

Se puede notar de la misma manera que los resultados son considerados fiables, por el hecho que la varianza explicada del Desempeño Individual es alto ( $0.742$ ), es decir, se explica un 74.2% los índices de predictibilidad del modelo.

## LIMITACIONES

Esta investigación está ligada a un caso de estudio porque la información fue recogida de una sola institución, por tanto se tienen las ventajas y desventajas de este tipo de investigaciones, además el número reducido de preguntas en algunos constructos pueden afectar su fiabilidad de medición y en consecuencia el poder del análisis, además diferentes practicantes pueden considerar otros atributos, y aplicarlo a otras instituciones.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Akkermans, H.; K. van Helden. "Vicious and Virtuous Cycles in ERP Implementation: A Case Study of Interrelations between Critical Success Factors", **European Journal of Information Systems**. Vol. 11, No 1, 2002, pp. 35-46
- [2] Alavi, M.; E. A. Joachimsthaler, "Revisiting DSS Implementation Research: A Meta-Analysis of the Literature and Suggestions for Researchers", **MIS Quarterly**. Vol. 16, No. 1, 1992, pp. 95-116
- [3] Alavi, M.; Y. Yoo; D.R. Vogel, "Using Information Technology to Add Value to Management Education", **The Academy of Management Journal**, Vol. 40, No. 6, 1997, pp.1310-1333
- [4] Álvarez, R. "It Was a Great System: Face-work and the Discursive Construction of Technology During Information System Development", **Information Technology & People**. Vol. 14, No. 4, 2001, pp. 385-405
- [5] Andreu, R.; J.E. Ricart; J. Valor. "**Estrategia y Sistemas de Información**", Madrid, Spain: McGraw Hill, 1996
- [6] Arjonilla, S.J.; J.A. Medina. "**La Gestión de los Sistemas de Información en la Empresa**", Madrid, Spain: Ediciones Pirámide, 2002
- [7] Balsamo, S.; A. Di Marco; P. Inverardi; M. Simeón. "Model-Based Performance Prediction in Software Development: A Survey", **IEEE Transactions on Software Engineering**. Vol. 30, No. 5, 2004, pp. 295-310
- [8] Barki, H.; J. Hartwick. "Measuring User Participation, User Involvement, and User Attitude", **MIS Quarterly**. Vol. 18, No. 1, 1994, pp. 59-82
- [9] Barclay, D.; C. Higgins; R. Thompson. "The Partial Least Squares (PLS) Approach to

- Causal Modeling: Personal Computer Adoption and Use as an Illustration", **Technology Studies. Special Issue on Research Methodology**. Vol. 2, No. 2, 1995, pp. 285-309
- [10] Barrow, C. "Implementing an Executive Information System: Seven Steps for Success", **Journal of Information Systems Management**. Vol. 7, No. 2, 1990, pp. 41-46
- [11] Bateman, T.S.; S.A. Snell. "**Administración. Una Ventaja Competitiva**", México: McGraw Hill, 2001
- [12] Becker, M.C. "Managing Dispersed Knowledge: Organizational Problems, Managerial Strategies, and Their Effectiveness", **The Journal of Management Studies**. Vol. 38, No. 7, 2001, pp. 1037-1051
- [13] Brooks, F.P. "**The Mythical Man-month: Essays on Software Engineering**": MA, U.S.A.: Addison Wesley, 1975
- [14] Cameron, K.S. "Effectiveness as Paradox: Consensus and Conflict in Conceptions of Organizational Effectiveness", **Management Science**. Vol. 32, No. 5, 1986, pp. 539-553
- [15] Chin, W.W. "Issues and Opinion on Structural Equation Modeling", **MIS Quarterly**. Vol. 22, No. 1, 1998, pp. vii-xvi
- [16] Coe, L. R. "Five Small Secrets to Systems Success", **Information Resources Management Journal**. Vol. 9, No. 4, 1996, pp. 29-38
- [17] Córdoba, J.R. "**Critically Enroching Information Systems (IS) Planning: The Use of Boundary Critique, Autopoiesis and Power-ethics**", Centre for Systems Business, Business School. University of Hull, 2002
- [18] Cornella, A. "**Los Recursos de Información. Ventaja Competitiva de las Empresas**", Madrid, Spain: McGraw-Hill, 1994
- [19] DeLone, W.; E.R. McLean. "Information Systems Research: The Quest for the Dependent Variable", **Information Systems Research**. Vol. 3, No. 1, 1992, pp. 60-95
- [20] Doll, W.J.; G. Torkzadeh. "A Discrepancy Model of End-User Computing Involvement", **Management Science**. Vol. 35, No. 10, 1989, pp. 1151-1171
- [21] Feurer, R.; K. Chaharbaghi; M. Weber; J. Wargin. "Aligning Strategies, Processes, and IT: A Case Study", **IEEE Engineering Management Review**. Vol. 17, No. 1, 2000, pp. 23
- [22] Gallagher, S. "Beat the Systems Management Odds", **Information Week**. March 30. Vol. 675, 1998, pp. 61-76
- [23] Goodhue, D.L. "Understanding User Evaluations of Information Systems", **Management Science**. Vol. 41, No. 12, 1995, pp. 1827-1844
- [24] Goodhue, D.L.; R.L. Thompson. "Task-Technology Fit and Individual Performance", **MIS Quarterly**. Vol. 19, No. 2, 1995, pp. 213-236
- [25] Hartwick, J.; H. Barki. "Explaining the Role of User Participation in Information Systems Use", **Management Science**. Vol. 40, No. 4, 1994, pp. 440-465
- [26] Heo, J.; I. Han. "Performance Measure of Information Systems (IS) in Evolving Computing Environments: An empirical Investigation", **Information & Management**. Vol. 40, No. 4, 2003, pp. 243-256
- [27] Huber, G.P. "The Nature and Design of Post-Industrial Organizations", **Management Science**. Vol. 30, No. 8, 1984, pp. 928-951
- [28] Ishman, M.D. "Measuring Information Success at the Individual Level in Cross-Cultural Environments", **Information Resources Management Journal**. Vol. 9, No. 4, 1996, pp. 16-28
- [29] Ishman, M.D.; C.C. Pegels; G.L. Sanders. "Managerial Information System Success Factors within the Cultural Context of North America and a Former Soviet Republic", **Journal of Strategic Information Systems**. Vol. 10, No. 4, 2001, pp. 291-312
- [30] Ives, B.; M.H. Olson. "User Involvement and MIS Success: A Review of Research", **Management Science**. Vol. 30, No. 5, 1984, pp. 586-603
- [31] Jiang, J.J.; E. Chen; G. Klein. "The Importance of Building a Foundation for User Involvement in Information Systems Projects", **Project Management Journal**. Vol. 33, No. 1, 2002, pp. 20-26
- [32] Jiang, J.J.; G. Klein; H. Hwang, J. Huang; S. Hung. "An Exploration of the Relationship between Software Development Process Maturity and Project Performance", **Information & Management**. Vol. 41, No. 3, 2004, pp. 279-288
- [33] Karat J.; C.M. Karat. "The Evolution of User-Centred Focus in the Human-Computer Interac-

- tion Field", **IBM Systems Journal**. Vol. 42, No. 2, 2003, pp. 532-421
- [34] Krishnan, M.S.; C.H. Kriebel; S. Kekre; T. Mukhopadhyay. "An Empirical Analysis of Productivity and Quality in Software Products", **Management Science**. Vol. 46, No. 6, 2000, pp. 745-759
- [35] Kumar, R.L.; M.A. Smith; S. Bannerjee. "User Interface Features Influencing Overall Ease of Use and Personalization", **Information & Management**. Vol. 41, No. 3, 2004, pp. 289-302
- [36] Lawrence, M.; G. Low. "Exploring Individual User Satisfaction Within User-Led Development", **MIS Quarterly**. Vol. 17, No. 2, 1993, pp. 195-208
- [37] Luque, I.; M.A. Gómez. "**Ingeniería de Software**", University of Córdoba, Córdoba, Spain, 1999
- [38] Lyytinen, K.; R. Hirschheim. "Information Systems Failures: A Survey and Classification of the Empirical Literature", **Oxford Survey in Information Technology**. Vol. 4, 1987, pp. 258-309
- [39] MAP (2003). "**Planificación de Sistemas de Información**", [on line], [date: 30/01/2005], Spain <<http://www.map.es/csi/metrica3/psiproc.pdf>>
- [40] Markus, M.L.; D. Robey. "Information Technology and Organizational Change: Causal Structure in Theory and Research", **Management Sciences**. Vol. 34, No. 5, 1988, pp. 583-598
- [41] Markus, M.L.; M. Keil. "If We Build It, They Will Come: Designing I.S. that People Want to Use", **Sloan Management Review**. Vol. 35, No. 4, 1994, pp. 11-25
- [42] Moore, G.C.; I. Benbasat. "Development of an Instrument to Measure the Perceptions of Adopting an Information Technology Innovation", **Information Systems Research**. Vol. 2, No. 3, 1991, pp. 192-222
- [43] O'Brien, J.A. "**Sistemas de Información Gerencial**", Colombia: McGraw Hill, 2001
- [44] Osmundson, J.S.; J.B. Michael; M.J. Machniak; M.A. Grossman. "Quality Management Metrics for Software Development", **Information & Management**. Vol. 40, No. 8, 2003, pp. 799-812
- [45] Peak, D.; C. Guynes; V. Kroon. "Information Technology Alignment Planning – A Case Study", **Information & Management**. Vol. 42, No. 3, 2005, pp. 619-633
- [46] Porter, M.E.; V.E. Millar. "How Information Give You Competitive Advantage", **Harvard Business Review**. Vol. 63, No. 4, 1985, pp. 149-161
- [47] Rai, A.; S.S. Lang; R. Welker. "Assessing the Validity of IS Success Models: An Empirical Test and Theoretical Analysis", **Information Systems Research**. Vol. 13, No. 1, 2002, pp. 50-69
- [48] Rainer, K.R.; H.J. Watson. "The Keys to Executive Information System Success", **Journal of Management Information Systems**. Vol. 12, No. 2, 1995, pp. 83-98
- [49] Roldán, J.L. "**Introducción a la Técnica Partial Least Squares**", University of Sevilla, Sevilla, Spain, 2004
- [50] Sherman, B.A.; E.J. Garrity; Y.J.n Kim; G.L. Sanders. "**A Model of Information Systems Success**", Working Paper, Canisius College, Buffalo, New York. U.S.A., 2004
- [51] Tait, P.; I. Vessey. "The Effect of User Involvement on System Success: A Contingency Approach", **MIS Quarterly**. Vol. 12, No. 1, 1988, pp. 91-108
- [52] Teo, T.S.H.; P.K. Wong. "An Empirical Study of the Performance Impact for Computerization in the Retail Industry", **Omega**. Vol. 26, No. 5, 1998, pp. 611-621
- [53] Thomson, H.E.; P. Mayhew. "The Software Process: A Perspective on Improvement", **The Computer Journal**. Vol. 37, No. 8, 1994, pp. 683-690
- [54] Torkzadeh, G.; W.J. Doll. "The Development of a Tool for Measuring the Perceived Impact of Information Technology on Work", **Omega**. Vol. 27, No. 3, 1999, pp. 322-339
- [55] Torkzadeh, G.; X. Koufteros; W.J. Doll. "Confirmatory Factor Analysis and Factorial Invariance of the Impact of Information Technology Instrument", **Omega**. Vol. 33, No. 2, 2005, pp. 107-118
- [56] Wilkin, C.; B. Hewett. "**Quality in a Respecification of DeLone and McLean's IS Success Model**", In: Mehdi Khosrow-Pour (Ed.). *Managing Information Technology Resources in the Next Millennium*, Idea Group Publishing, Hershey, PA. U.S.A., 1999, pp. 663-67
- [57] Wixom, B.H.; H.J. Watson. "An Empirical Investigation of the Factors Affecting Data Warehousing Success", **MIS Quarterly**. Vol. 25, No. 1, 2001, pp. 17-41

# ESTIMACIÓN DE LA CONFIABILIDAD ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN INDISPENSABLE MEDIANTE ANÁLISIS NO LINEALES ESTÁTICOS DE PUSHOVER

ESTIMATE OF THE  
STRUCTURAL RELIABILITY  
OF AN INDISPENSABLE  
CONSTRUCTION BY MEANS  
OF STATIC NON LINEAL  
ANALYSIS DE PUSHOVER

- E.E. Muñoz-G<sup>1</sup>.
- D.M. Ruiz-V<sup>2</sup>.
- J.A. Prieto-S<sup>3</sup>.
- A. Ramos<sup>4</sup>

<sup>1-2</sup> Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá-Colombia  
e-mail: edgar.munoz@javeriana.edu.co  
daniel.ruiz@javeriana.edu.co

<sup>3-4</sup> Instituto Geofísico Universidad Javeriana, Bogotá-Colombia  
e-mail: j.prieto@javeriana.edu.co  
a-ramos@javeriana.edu.co

## RESUMEN

En el presente trabajo se resumen los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica (física) del sistema estructural de una edificación indispensable usando las técnicas de confiabilidad estructural. El proyecto de investigación se basó en recopilación de información existente (planos, memorias de cálculo, etc), estudios de patología, levantamiento estructural y la evaluación de amenaza sísmica local. Para evaluar la capacidad a cortante de la estructura se realizó un análisis estático no lineal de "pushover" de tres (3) modelos estructurales del edificio, variando su rigidez en función de cien (100) datos del módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión del concreto. El primer modelo es el original sin refuerzo, el segundo es rehabilitado con diagonales concéntricas de acero y el tercero consiste en un muro en concreto reforzado. La demanda se evaluó al realizar un análisis dinámico espectral de los tres (3) modelos estructurales. Variando la sollicitación incluyendo en los modelos estructurales doce (12) espectros de respuesta con diferentes periodos de retorno y además su rigidez al cambiar su módulo de elasticidad. Mediante la comparación entre la resistencia a cortante de la edificación (tomado de las curvas de capacidad) y la demanda a cortante en los modelos producida por los efectos de los diferentes espectros de respuesta, se estimaron las probabilidades anuales de falla. Así mismo se calcularon las probabilidades anuales de

falla, empleando el desplazamiento espectral en el punto de desempeño. De acuerdo con los resultados basados en confiabilidad se identificó un riesgo inminente y niveles de seguridad inadecuada de la estructura sin rehabilitar cuando es sometida a un evento sísmico. Por esta razón, se evaluó desde el punto de vista de la confiabilidad estructural, la alternativa de rehabilitación mediante muros de concreto reforzado y diagonales de acero. De esta manera se determinaron probabilidades anuales de falla menores para la estructura rehabilitada, que representa una disminución del riesgo. Además se realizó un análisis aproximado de beneficio – costo, procedimiento útil en el momento que se desee rehabilitar la edificación indispensable.

**Palabras Clave:** Confiabilidad estructural, análisis no lineal de pushover, probabilidad de falla.

## ABSTRACT

This work summarises results of the evaluation of the physical earthquake vulnerability for the structural system of an essential building by using reliability methods. The research was based on the compilation of drawings and design memories, pathology studies, a structural surveying, and the assessment of the local earthquake hazard. In order to evaluate the shear capacity, non-linear pushover analyses in three (3) different models, by using Montecarlo simulation with 100 different concrete strength data in each model, were performed. The first model is the original one, i.e. without reinforcement. The second one corresponds to a rehabilitated structure by using concentric steel diagonals. The third model is a structure retrofitted with a reinforced concrete wall. Demand was evaluated by performing dynamic spectral analyses for each model. Twelve different spectra corresponding to the same number of earthquake periods of return were used. Annual probabilities of failure were estimated by using the obtained distributions of shear demand and capacity. Moreover, the probabilities of failure were also evaluated utilizing spectral displacement distributions and demands at the performance points. Results showed imminent risk and inadequate levels of safety in the original un-reinforced structure. Annual probabilities of failure for the two retrofitted models were clearly lower than that of the original structure. An approximate cost-benefit analysis was also carried out, which is useful for decision taking.

**Key words:** Structural reliability, non-linear pushover análisis, probability of failure.

## 1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El Congreso de la República de Colombia expidió una serie de leyes para que a las edificaciones cuyo uso se clasifique como indispensable y de atención a la comunidad, localizadas en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia construidas con anterioridad al año 1998, se les evalúe su vulnerabilidad sísmica. Por esta razón en el año 2001 se llevó a cabo un estudio de vulnerabilidad sísmica estructural de las instalaciones de una edificación indispensable para lo cual se llevaron a cabo diferentes actividades que se describirán a continuación:

### 1.1. Recopilación de información existente y visitas técnicas de inspección

En esta etapa se recopiló la información disponible tal como planos estructurales y arquitectónicos, memorias de cálculo, estudios de suelos y diversos documentos técnicos de vital importancia para el estudio de vulnerabilidad estructural. Se realizaron visitas técnicas de inspección a las edificaciones donde se pudo establecer criterios básicos para el desarrollo del estudio. Adicionalmente en estas visitas técnicas se verificaron las dimensiones de los elementos principales de la estructura así como la ubicación y distribución del refuerzo de acero corroborando la información de los planos estructurales. Así mismo se ubicaron las zonas estratégicas para la ejecución de ensayos parcialmente destructivos y no destructivos para las evaluaciones de patología estructural. Para ello se llevaron a cabo auscultaciones con equipos de detección de refuerzo mediante técnicas no destructivas. Así mismo se verificó que el sistema estructural de la edificación corresponde a pórticos de concreto resistentes a momento con un sistema de entrepiso en sistema reticular celulado.

### 1.2. Evaluación patológica

Se adelantaron análisis de las características de los aceros de refuerzo y las resistencias de los concretos, por parte del Laboratorio de Resistencia de Materiales del Departamento de Ingeniería Civil. Se realizó un programa de investigación que minimizó la

cantidad de núcleos a extraer y se complementaron esos resultados con Ensayos No- Destructivos. Se ensayaron en total 50 núcleos y se tomaron 188 lecturas de Velocidad del Pulso Ultrasónico.

### 1. 3. Estudio de amenaza sísmica local

Con el fin de estimar la amenaza sísmica local se desarrolló una exhaustiva investigación de las características y propiedades del suelo de cimentación del edificio mediante la ejecución de cuatro (4) sondeos de alrededor de 15 m de profundidad. Con estos sondeos se verificó el perfil estratigráfico y las propiedades índices de las diferentes capas de suelo bajo la cimentación de la estructura. Se realizaron ensayos de laboratorio y de campo tales como triaxiales, "down hole" y "cross hole", con los cuales se determinaron las principales propiedades dinámicas del suelo (velocidad de onda de corte, variación del módulo de corte y del amortiguamiento en función de la deformación angular). A partir de esta caracterización y con base en modelaciones analíticas y en consideraciones probabilísticas, fue posible estimar, además de las propiedades mecánicas del suelo, la función de transferencia del estrato de suelo desde la roca hasta la superficie y el espectro de respuesta local a usar en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica. Con base en esta información se evaluaron los doce (12) espectros de respuesta para el análisis mediante confiabilidad estructural, lo cual se expone en el numeral 2.3 del presente documento.

### 1.4. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural

Para llevar a cabo el estudio de la vulnerabilidad sísmica estructural, se decidió tomar como guía para el estudio el documento FEMA-310. Con base en esta referencia se elaboró una evaluación conceptual preliminar detectando los siguientes aspectos: deficiente detallado de refuerzo de las vigas y en los nudos, inadecuado traslapeo en el refuerzo de co-

lumnas y vigas, demasiado espaciamiento de flejes en columnas, excentricidad en los nudos, placas delgadas, discontinuidad del diafragma, irregularidad en planta y edificios adyacentes (golpeteo). Como complemento a lo anterior se llevó a cabo una modelación analítica de las estructuras para poder realizar la evaluación y revisión del comportamiento sísmico y dinámico de la edificación indispensable. Se elaboraron diferentes modelos planos y tridimensionales en el programa SAP - 2000, los cuales se presentan en las Figura 1.1. Mediante un análisis elástico lineal, se desarrollaron modelos espaciales conformados por elementos "frame" y shell.

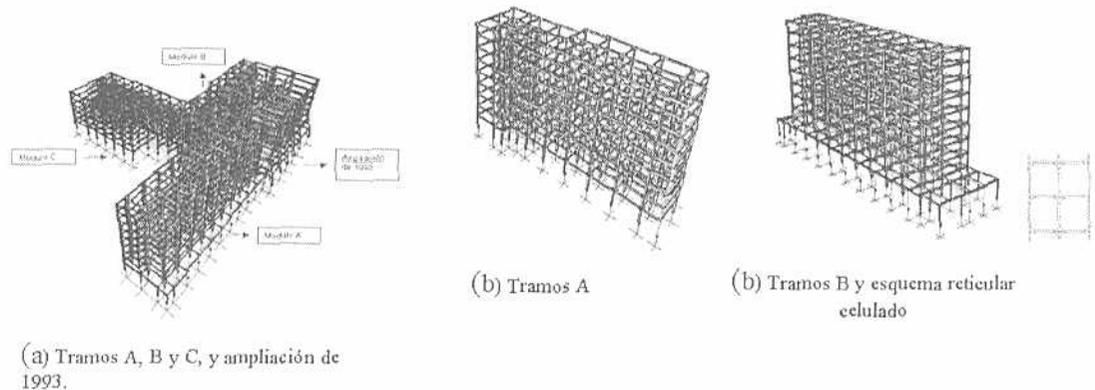


Figura 1.1 Modelo estructurales de las edificaciones bajo estudio

Para el caso de los edificios con entrepiso en reticular celulado, se consideró la rigidez equivalente de las vigas, como una sección rectangular correspondiente a la suma de las viguetas que convergen al capitel más una zona rígida que proporciona el capitel aligerado. Con base en los modelos analíticos se estimaron los niveles de deriva en las edificaciones para las solicitaciones sísmicas. En la Figura 1.2 se presenta un resumen de las derivas encontradas, las cuales varían entre 1.0% y 3.0%, lo que indica que son estructuras en general flexibles y no cumplen con las recomendaciones de la Norma Colombiana (máximo 1 %). Lo anterior adquiere mayor importancia si se tiene en cuenta que los edificios con entrepisos en sistema reticular celulado pueden presentar fenómenos de punzonamiento cerca de los capiteles para derivas de entrepiso altas, tal como sucedió en diversos edificios de la ciudad de México en el año de 1985. Por otro lado al analizar los índices de sobreesfuerzo

en columnas y vigas se concluyó que la edificación es crítica principalmente por el alto número de fallas de tipo frágil que podrían generar un colapso parcial ante la ocurrencia de un evento sísmico. Se detectaron posibles fallas por cortante, flexión y compresión en las columnas así como por cortante y flexión en las vigas de acuerdo con las especificaciones del FEMA 310 -356 y la Norma Colombiana. En particular son preocupantes los altos niveles de esfuerzos cortantes encontrados en las estructuras con entepiso en sistema reticular celular tal como se mencionó anteriormente.

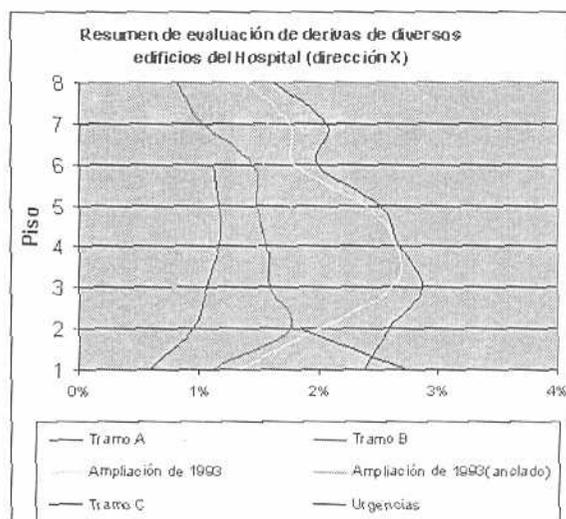


Figura 1.2 Resumen de las derivas de diferentes edificaciones

## 2. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD ESTRUCTURAL DE UN PÓRTICO PLANO

Los valores nominales de factores de seguridad y demás coeficientes estipulados en los códigos son calculados, en su mayoría, mediante técnicas de confiabilidad estructural y su objetivo es mantener la estructura en un rango de funcionamiento alejado de la falla o con una probabilidad de falla tendiente a cero. Dado que las probabilidades de falla son muy pequeñas y para facilitar el análisis de los valores hallados, en los códigos se maneja el índice de confiabilidad ( $\beta$ ), definido como la inversa de la función normal estándar acumulativa de la probabilidad de falla ( $P_f$ ):

$$\beta = \Phi^{-1}(P_f) \quad (2.1)$$

Existe una proporcionalidad inversa entre  $\beta$  y  $P_f$  en la ecuación anterior, donde a menor probabilidad de falla aumenta el índice de confiabilidad y por ende se obtiene un incremento en la seguridad de la estructura. Para tal efecto se utilizarán las técnicas de confiabilidad, las cuales consisten en verificar la probabilidad entre las curvas de capacidad ( $R$ ) y de demanda ( $S$ ). Cuando la función  $G$  (Ver ecuación 2.2) es negativa la estructura se encuentra en condición de falla, cuando es mayor que cero la seguridad de la estructura es aceptable y cuando es igual a cero la estructura se encuentra en condición crítica. Al término  $G$  se le conoce como margen de seguridad. Debido a la gran cantidad de variables que intervienen tanto en el cálculo de la capacidad como en el cálculo de la demanda, estas son tomadas como variables aleatorias con su correspondiente distribución de probabilidad. Para el caso de las variables aleatorias distribuidas  $R$  y  $S$ , se asume funciones de probabilidad de distribución, así como no correlación entre ellas.

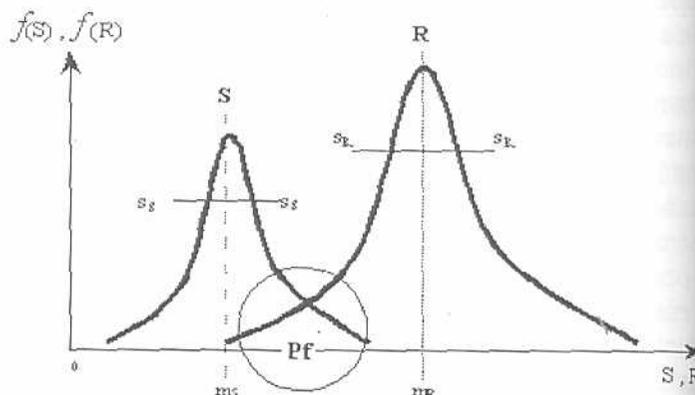


Figura 2.1. Determinación de la probabilidad de falla

$$G = R - S = 0 \quad (2.2)$$

La distribución de la función límite ( $G$ ) está asociada con la zona de falla en donde la media de la función  $G$  ( $m_g$ ) es proporcional a la desviación estándar ( $s_g$ ). La proporción de estos dos parámetros es el índice de confiabilidad ( $\beta$ ) y por consiguiente ésta asume una distribución normal que puede evaluarse como:

$$m_G = \beta \cdot s_G$$

$$\beta = \frac{m_G}{s_G} = \frac{m_R - m_S}{\sqrt{s_R^2 + s_S^2}}$$

Donde: (2.3)

$m_R, m_S$ , corresponde a las medias de la distribución de la resistencia y las solicitaciones.

$s_R, s_S$ , corresponde a las desviaciones estándar de la distribución de la resistencia y las solicitaciones.

Para el análisis por confiabilidad estructural se seleccionaron las curvas de densidad de probabilidad (Normal, logística, Log-normal, valor extremo, etc), que mejor se adapten a las funciones de resistencia y sollicitación. Mediante la ecuación 2.3 se determinó el índice de confiabilidad ( $\beta$ ), el cual se puede utilizar aún para funciones de distribución de probabilidad diferentes a la normal con resultados satisfactorios. A continuación se presenta la evaluación por confiabilidad de una edificación indispensable, considerando su seguridad estructural sin refuerzo y con dos (2) propuestas de refuerzo convencional.

### 2.1. Cálculo de las curvas de capacidad de la edificación en su estado actual

Usando los resultados de patología y evaluación estructural realizados sobre la edificación bajo estudio, se seleccionó un pórtico plano en el sentido corto de la estructura y fue sometido a diversos análisis no lineales estáticos de pushover con el fin de establecer 100 curvas de capacidad (una para cada resistencia del concreto evaluada). En la Figura 2.2 se presenta un esquema del modelo estructural de uno de los pórticos planos de la edificación analizada.

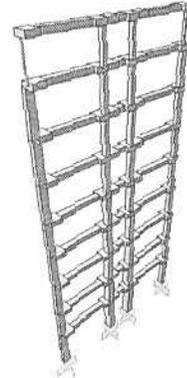


Figura 2.2 Modelo de la edificación analizada

El análisis se realizó paso a paso mediante incrementos de desplazamientos de la cubierta del edificio siguiendo los lineamientos presentados en la referencia (ATC-40, 1996). Para poder realizar el análisis planteado fue necesario determinar los diferentes diagramas de momento vs. rotación y los diagramas de cortante vs. desplazamiento para vigas y columnas así como los diagramas de interacción para las columnas. Estos diagramas fueron establecidos automáticamente por el programa SAP 2000 a través de las herramientas establecidas para ello. Debe anotarse que las propiedades no lineales de las rótulas plásticas fueron calculadas para cada elemento estructural y para cada una de las cien (100) resistencias del concreto evaluadas, de tal manera que en total fueron estimadas más de 11000 rótulas plásticas en todos los análisis efectuados. Los valores de resistencia del concreto ( $f'_c$ ) se determinaron con base en la referencia (Prieto, Amézquita et al, 2005) y en todos los casos se mantuvo constante la resistencia del acero en 420 MPa. El módulo de elasticidad ( $E_{\text{concreto}}$ ) se obtuvo mediante la ecuación 2.4 que fue tomada de la referencia (AIS, 1998). Debe anotarse que esta fórmula aproximada fue propuesta por (Amézquita, 1995) y fue incluida en la Norma Sismo resistente colombiana.

$$E_{\text{concreto}} = 3900 \sqrt{f'_c} \quad (2.4)$$

En la Figura 2.3 se presentan las cien (100) curvas de capacidad para el pórtico plano en su estado actual para resistencias del concreto variando entre 14.38 MPa y 43.76 MPa. Para cada una de las curvas de la Figura 2.3 se estableció el cortante máximo resistente cuyo valor promedio fue de **914.9 kN** y su desviación estándar fue de **15.781 kN**. Para estos cien datos se llevó a cabo un análisis estadístico

en el fin de establecer la función de distribución de probabilidad que más se ajustó a la variable cortante basal resistente. En la Figura 2.4 se presenta la distribución de probabilidad de mejor ajuste.

cipales del sistema estructural. Dichos elementos de acero consistieron en ángulos dobles de 5" de lado y espesor de 1/2" y 3/8". Con estas dimensiones se garantizaron los límites de relación de esbeltez

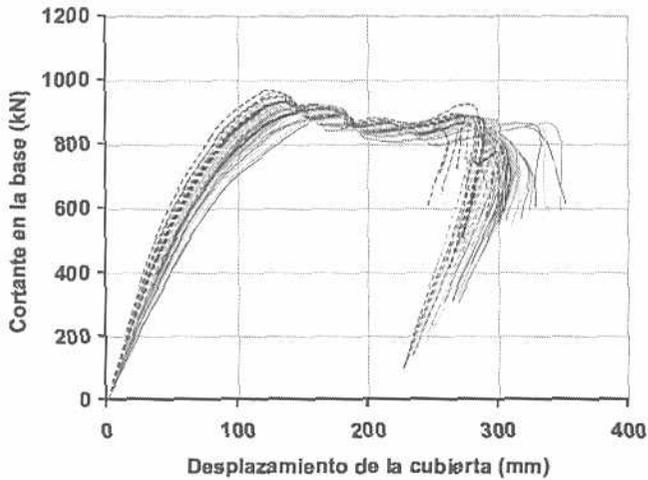


Figura 2.3. Comparación de las curvas de pushover del edificio sin ningún refuerzo para cien (100) resistencias del concreto

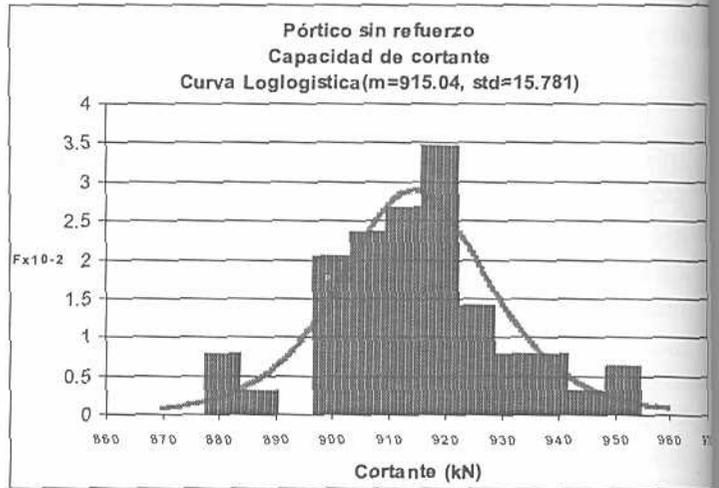


Figura 2.4. Ajuste de los datos estadísticos del cortante resistente de la edificación en su estado actual

## 2.2. Cálculo de las curvas de capacidad de la edificación rehabilitada

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad sísmica de la edificación bajo estudio, se modelaron dos (2) alternativas de rehabilitación técnicamente viables y de común uso en el medio colombiano. La primera de ellas consistió en la instalación de diagonales de acero de arriostramiento en uno de los vanos prin-

para elementos estructurales de acero sometidos a compresión. Adicionalmente debe mencionarse que a estas diagonales de acero se les asignó únicamente "rótulas plásticas" para fuerza axial teniendo en cuenta el comportamiento a compresión y a tracción. En la Figura 2.5 se presenta un detalle del modelo de la edificación rehabilitada con diagonales.

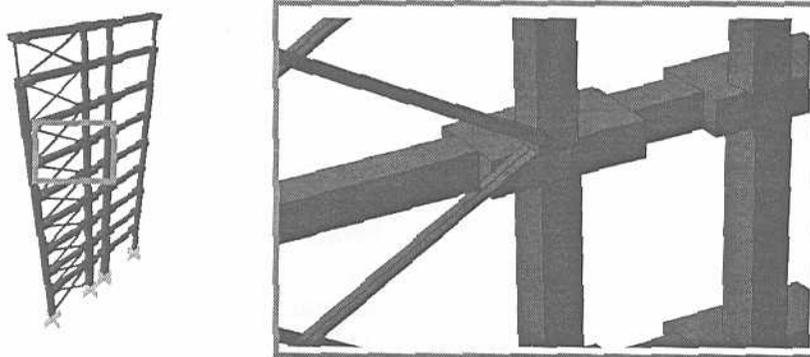


Figura 2.5. Modelo de la edificación rehabilitada con diagonales de acero

Con el anterior modelo y variando de nuevo la resistencia a compresión del concreto de los elementos existentes entre 14.38 MPa y 43.76 MPa se calcularon, a través de análisis no lineales estáticos de pushover, cien (100) curvas de capacidad de la estructura rehabilitada. Dichas curvas de capacidad se presentan en la Figura 2.6.

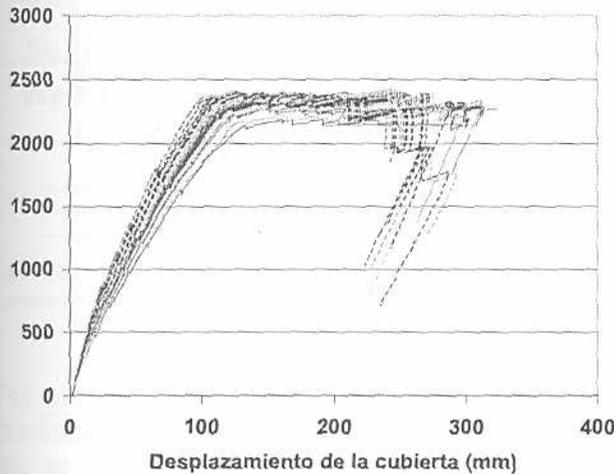


Figura 2.6. Comparación de las curvas de pushover del edificio reforzado con diagonales para las 100 resistencias del concreto analizadas

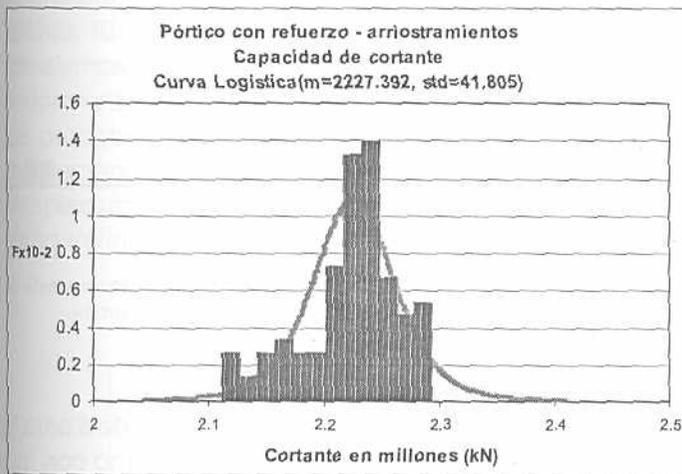


Figura 2.7. Ajuste de los datos estadísticos del cortante resistente de la edificación con refuerzo mediante diagonales de acero

Para cada una de las curvas de la anterior Figura se estableció el cortante máximo resistente cuyo valor promedio fue de **2227.392 kN** y su desviación estándar fue de **41.805 kN**. Adicionalmente con estos mismos datos se llevaron a cabo análisis estadístico para determinar la función de distribución de probabilidad que más se ajusta. (Ver figura 2.7).

La segunda alternativa de rehabilitación evaluada consistió en la implementación de muros cortina de concreto reforzado, ubicados en la totalidad de uno de los vanos de la edificación. Estos muros tienen un espesor de 500 mm, una longitud de 5300 mm y una cuantía de acero del doble de la mínima estipulada en el Código Colombiano de Diseño y Construcción Sismo Resistente (0.5 %). En la Figura 2.8 se presenta una imagen del modelo desarrollado. Debe anotarse que las dimensiones de este muro fueron determinadas con base en un análisis tridimensional no lineal realizado con anterioridad a este estudio y que se presenta en la referencia (Gómez, 2005).

Las propiedades no lineales del muro de refuerzo se determinaron con base en un modelo por fibras a través del programa XTRACT®, versión educativa. En la Figura 2.9 se presenta el modelo de la sección transversal del muro, el diagrama de Momento vs. Rotación así como el respectivo diagrama de interacción. Con las anteriores propiedades se establecieron las cien (100) diferentes curvas de capacidad que se presentan en la Figura 2.10 a nivel de cortante en la base y desplazamiento en la cubierta. Para estos mismos datos se presenta en la Figura 2.11 los datos ajustados a una función de distribución de probabilidad.

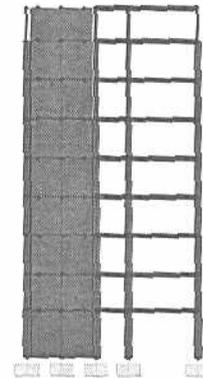


Figura 2.8. Modelo de la edificación rehabilitada con un muro de concreto

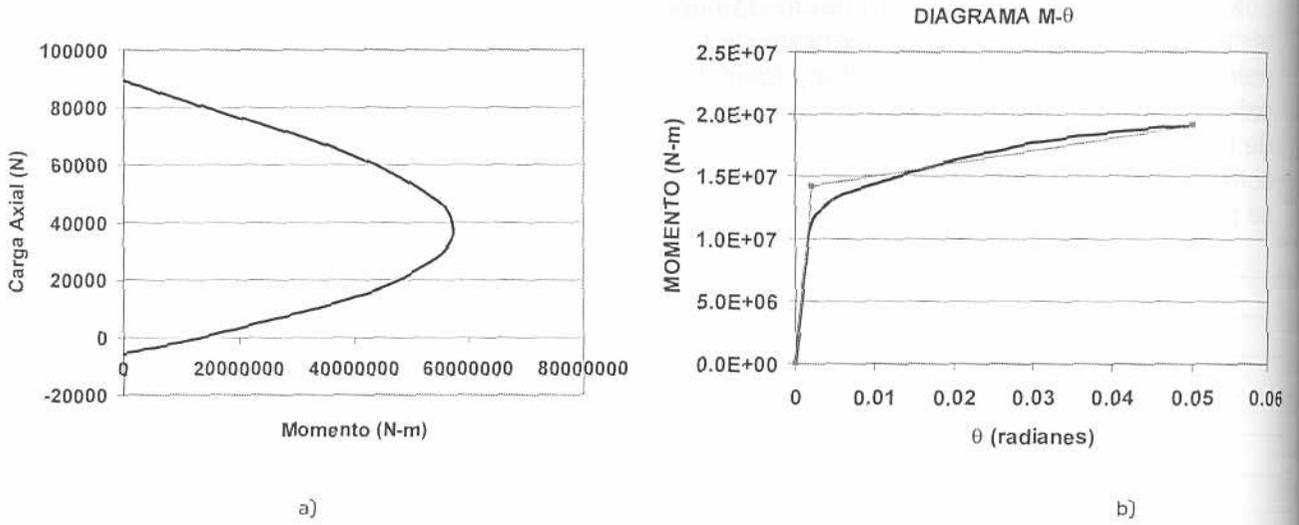


Figura 2.9. a) Diagrama de interacción del muro b) Diagrama de Momento vs. Rotación del muro

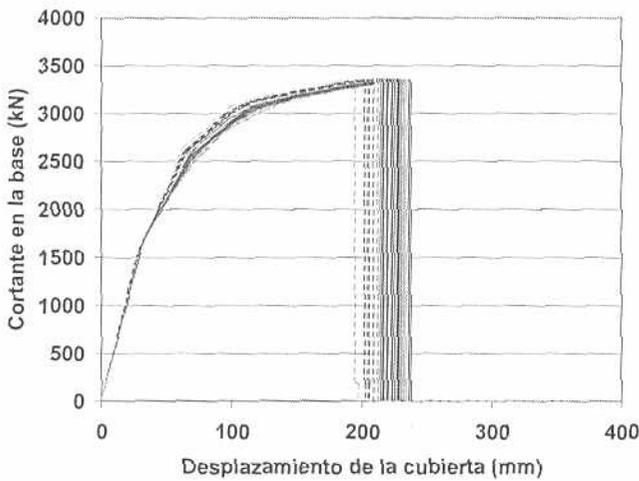


Figura 2.10. Comparación de las curvas de pushover del edificio reforzado con muros de concreto para las 100 resistencias del concreto analizadas

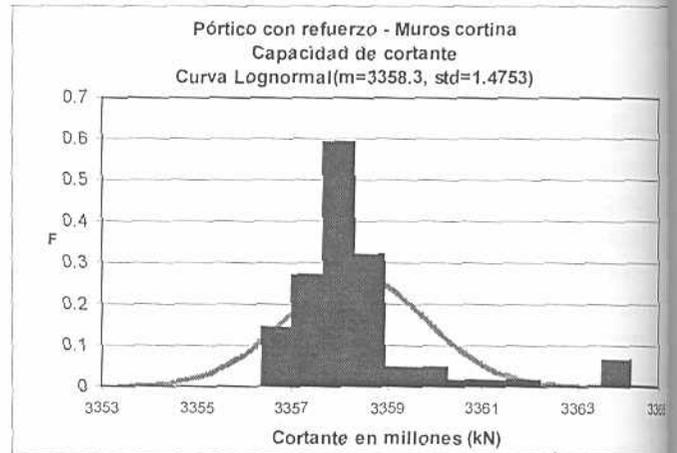


Figura 2.11. Ajuste de los datos estadísticos del cortante resistente de la edificación rehabilitada mediante muros cortina

Finalmente y a manera de comparación se presenta en la Figura 2.12 las curvas de capacidad para la edificación en su estado actual y para la edificación rehabilitada tanto con diagonales de acero como con muros de concreto. La comparación se hace para la resistencia promedio del concreto (24.16 MPa).

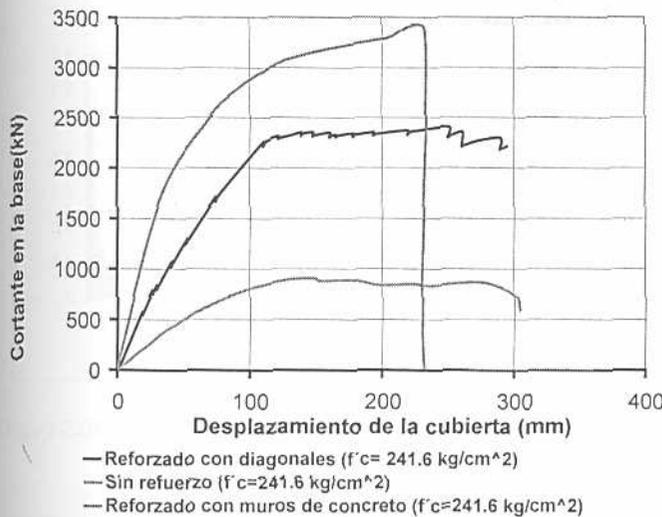


Figura 2.12 Comparación de tres curvas de pushover para la resistencia promedio del concreto: edificio sin ningún refuerzo, reforzado con diagonales y reforzado con muros de concreto

Por otro lado, y con el fin de realizar un análisis de confiabilidad basado en desplazamientos espectrales, se estimó en la referencia (Prieto, Muñoz et al, 2005) las funciones de densidad de probabilidad para diferentes estados de daño (leve, moderado, extenso y completo) para la edificación estudiada en el presente artículo. En la Figura 2.13 se presentan dichas funciones de probabilidad. Con base en los sismos de análisis que serán presentados posteriormente, se estimará la función de distribución de probabilidad de los desplazamientos espectrales demandados con el fin de compararlos con los desplazamientos espectrales para los estados de daño definidos anteriormente.

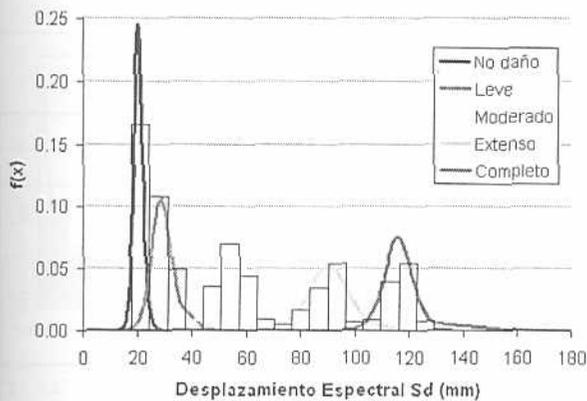


Figura 2.13. Agrupamiento de los puntos de desempeño de la edificación esencial en diferentes estados de daño

### 2.3. Cálculo de la demanda sísmica

Mediante un programa de generación de espectros (Prieto, 2003), se determinaron doce (12) espectros de respuesta diferentes. Este programa se basó en la variación de algunos parámetros de la ecuación de atenuación definida por la geología, las distancias a las principales fallas geológicas de la región y los datos obtenidos para los eventos sísmicos registrados en los diferentes medidores localizados cercanos a la zona. El programa se utilizó introduciendo la ecuación de atenuación (Ambrasseys et al 2000), definiendo la aceleración absoluta para diferentes periodos espectrales que varían desde cero hasta 2 segundos. Además tiene en cuenta la frecuencia anual de excedencia para el evento sísmico definido por ese espectro de respuesta (i.e. el inverso matemático del periodo de retorno para ese evento sísmico definido por ese espectro de respuesta). Se utilizó la ecuación de atenuación europea, definida como:

$$\text{Log}(S_a) = C_1 + C_2(r) + C_4 \text{Log}(r) + C_a P_a + C_s P_s + \sigma P \quad (2.5)$$

Donde  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_4$ ,  $C_a$  y  $C_s$  son parámetros de la ecuación para poder hallar las coordenadas espectrales, y donde  $P_a$  y  $P_s$  son parámetros que dependen del tipo de suelo (se determinó que se comporta como roca), si es blando o es duro.  $P$  es un valor constante y  $\sigma$  es la desviación estándar de  $\text{Log}(S_a)$  (logaritmo en base 10). El resultado de  $S_a$  está dado como un porcentaje de la aceleración de la gravedad para cada periodo de retorno. Posteriormente estos espectros fueron ajustados para que coincidieran con la nomenclatura establecida en la referencia (ATC 40, 1996). Una vez llevada a cabo esta labor se obtuvo los espectros que se presentan en la Figura 2.14.

De cada espectro se evaluó su probabilidad de ocurrencia, para realizar las respectivas combinaciones de carga sobre los modelos estructurales mediante una simulación numérica. El número de simulaciones que se realizaron sobre la estructura se ajustaron a la ocurrencia promedio de los eventos sísmicos en función de su periodo de retorno. (Ver Figura 2.15). Para la evaluación de las curvas de probabilidad de demanda, se calcularon los cortantes basales actuantes sobre los tres (3) modelos estructurales (uno de la estructura existente sin refuerzo y dos con refuerzo), imponiendo a la

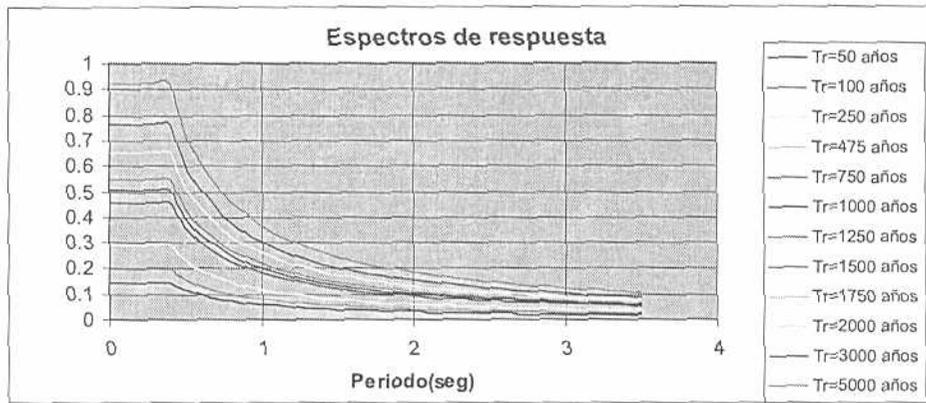


Figura 2.14. Espectros usados en el presente estudio.

estructura los doce (12) espectros mediante un análisis dinámico modal espectral. Esto incluyó la variación de la rigidez y el periodo de vibración de cada uno de los modelos estructurales, debido al cambio de los módulos de elasticidad de los elementos estructurales existentes. Para el caso de la estructura sin refuerzo y reforzada mediante diagonales en acero, se evaluó en forma aproximada el coeficiente de disipación de energía (R), de acuerdo a la ductilidad que se presentan en cada uno de las curvas de Pushover (Ver figuras 2.3 y 2.6). Esto depende del desplazamiento en el momento que fluye la estructura y el correspondiente para una deriva límite del 1%, especificada por la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente (NSR-98). (Ver figura 2.16)

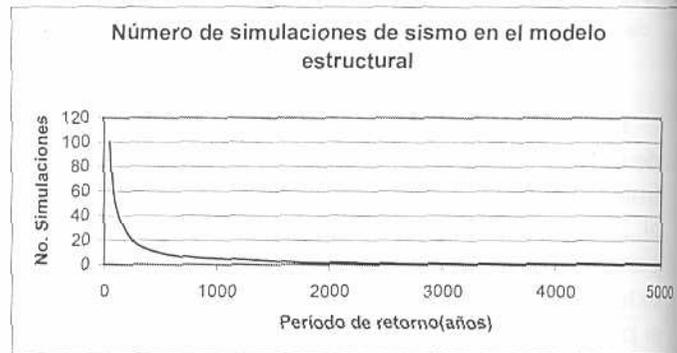


Figura 2.16 Variación del coeficiente de disipación de energía (R)

En las Figuras 2.17 y 2.18 se exponen las curvas de probabilidad de la demanda del pórtico sin refuerzo, basadas en una simulación numérica compuesta por el análisis de 20196 datos y considerando el coeficiente de disipación de energía de uno y variable de acuerdo con la Figura 2.16.

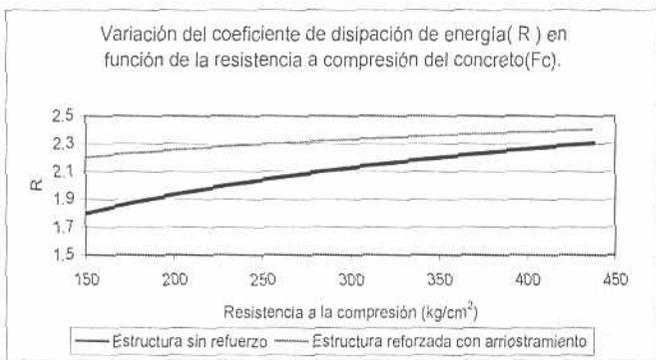


Figura 2.15 Ocurrencia de los eventos sísmicos en función de su periodo de retorno

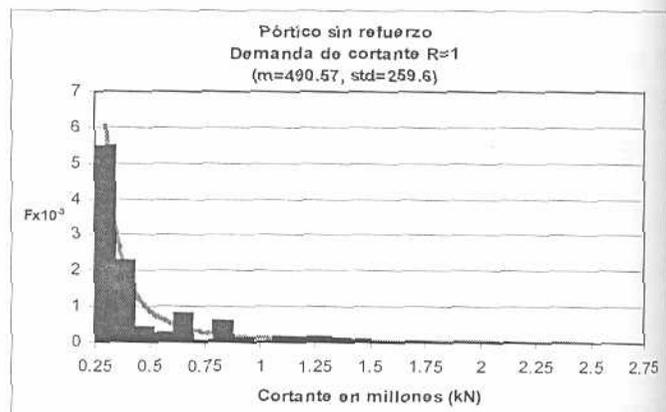


Figura 2.17. Curva de probabilidad de demanda del pórtico sin refuerzo (R=1)

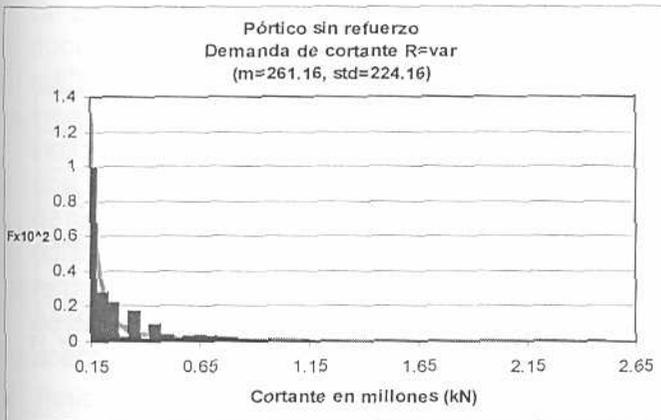


Figura 2.18. Curva de probabilidad de demanda del pórtico sin refuerzo (R=var.)

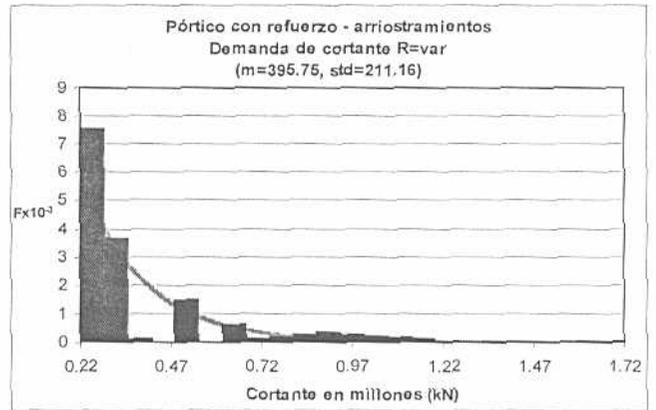


Figura 2.20. Curva de probabilidad de demanda del pórtico con refuerzo (R=var.)

En las Figuras 2.19 y 2.20 se exponen las curvas de probabilidad de la demanda para el pórtico reforzado con diagonales de acero basadas en una simulación numérica compuesta por 20196 datos, para un R de uno y variable (Ver figura 2.16). El cortante basal actuante aumenta con respecto al caso anterior, por la disminución del periodo de vibración de la estructura y el aumento de la aceleración espectral ( $S_a$ ). En las Figura 2.21 se exponen la curva de probabilidad de la demanda para el pórtico reforzado con un muro cortina de concreto reforzado, basados en una simulación numérica compuesta por 20196 datos, para un R de uno. Igualmente el cortante basal actuante aumenta con respecto al caso anterior, por la disminución del periodo de vibración de la estructura y el aumento de la aceleración espectral ( $S_a$ ).

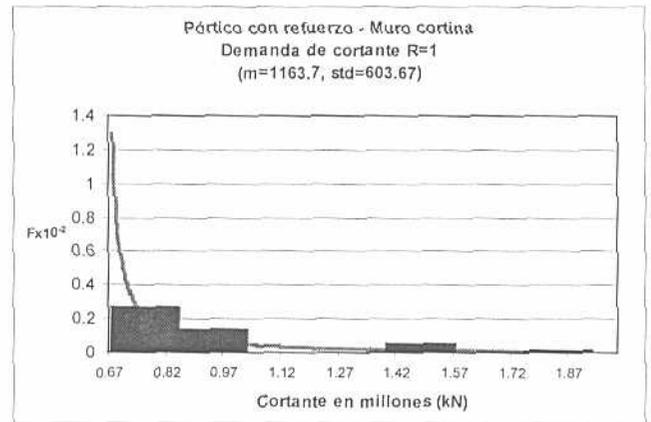


Figura 2.21. Curva de probabilidad de demanda del pórtico con refuerzo con muro cortina (R=1)

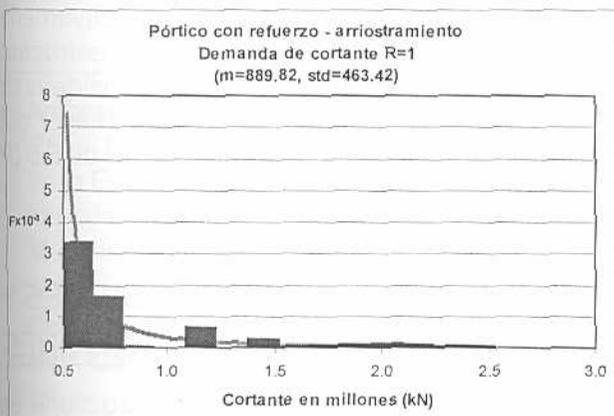


Figura 2.19. Curva de probabilidad de demanda del pórtico con refuerzo (R=1)

## 2.4. Probabilidad de falla

Basados en los conceptos básicos de confiabilidad estructural expuestos anteriormente, se presentan a continuación los índices de confiabilidad ( $\beta$ ) para los diferentes casos de capacidad y demanda antes descritos. Para la edificación existente sin refuerzo, el índice de confiabilidad  $\beta$  es de **1.6 (pf anual ~0.05480)** considerando un R de uno y de **2.9 (pf anual ~0.00187)** con R variable. (Ver figura 2.22). Por otro lado y teniendo en cuenta el desplazamiento espectral en el punto de desempeño de la edificación para las cien (100) resistencias del concreto y para los doce (12) espectros analizados (en total 1200 puntos de desempeño) fue posible estimar la probabilidad de que la estructura estuviese en los estados de daño completo, extenso,

moderado, leve y no daño. Para ello en la Figura 2.23 se presentan las funciones de densidad de probabilidad de la "demanda" (curva en color azul originada en el procesamiento de los 1200 puntos de desempeño) y de "capacidad" establecidas en la referencia (Prieto, Muñoz et al, 2005).

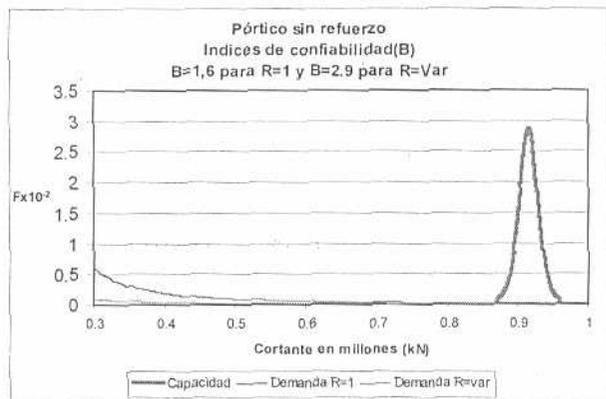


Figura 2.22. Índices de confiabilidad para la estructura sin refuerzo

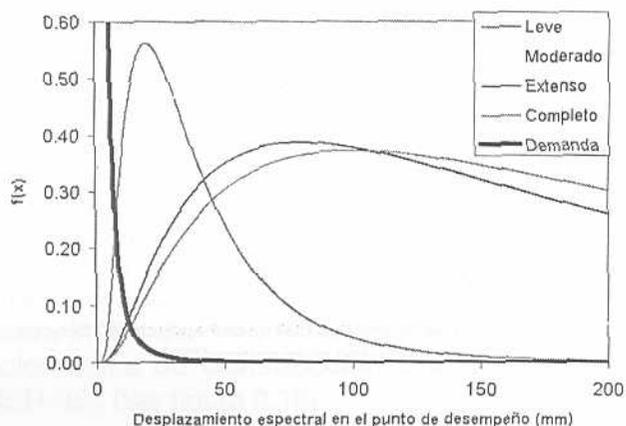


Figura 2.23. Funciones de densidad de probabilidad para el desplazamiento espectral en el punto de desempeño.

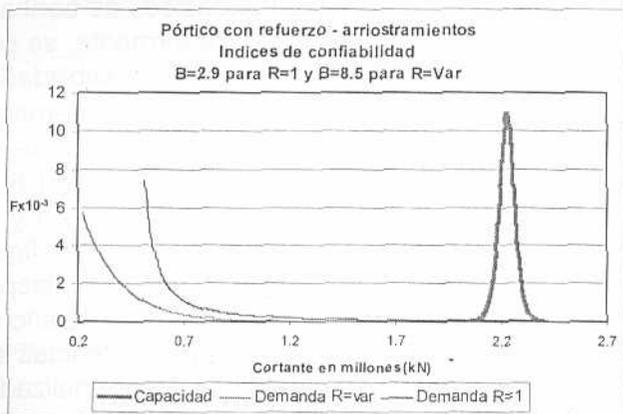


Figura 2.24. Curva de probabilidad de demanda del pórtico con refuerzo

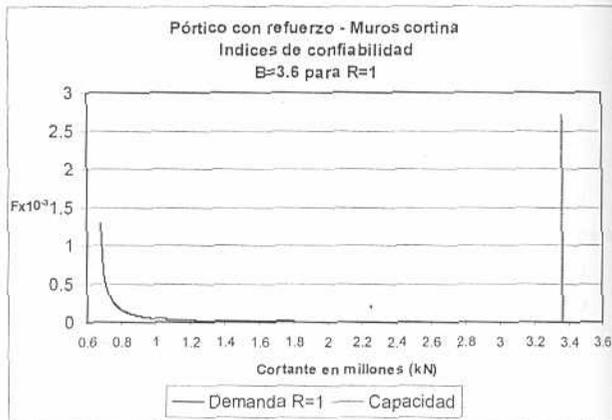


Figura 2.25. Curva de probabilidad de demanda del pórtico con refuerzo (R=1)

Tabla 2.1. Probabilidades de que la edificación se encuentre en diversos estados de daño

| ESTADOS DE DAÑO      | Probabilidad de estar en cada estado de daño |
|----------------------|--|
| Completo             | 0.092  |
| Extenso              | 0.024  |
| Moderado             | 0.097  |
| Leve                 | 0.259  |
| No Daño              | 0.527  |
| Completo + Extenso   | 0.117(probabilidad de falla anual)           |
| Probabilidad De Daño | 0.473  |

Así mismo en la Tabla 2.1 se presentan las diferentes probabilidades de que la edificación en su estado actual se encuentre en cada uno de los estados de daño. Se observan altas probabilidades de falla anual al igual que como ocurrió con el análisis basado en cortantes resistentes. Así mismo las estructuras con refuerzo mediante diagonales de acero y con muro cortina, tienen un  $\beta$  de 2.9 ( $Pf$  anual  $\sim 0.00187$ ) (Ver figura 2.24) y 3.6 ( $Pf$  anual  $\sim 1.59E-4$ ) (ver figura 2.25) respectivamente considerando R de uno. En el caso de la estructura con refuerzo mediante diagonales y considerando el coeficiente de disipación de energía mayor que uno, se obtuvo un índice de confiabilidad de 8.5 ( $Pf$  anual  $\sim 9.48E-18$ ).

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La estructura existente sin refuerzo tiene un índice de confiabilidad de 1.6, correspondiente a una probabilidad de falla anual de 0.05480, la cual representan un riesgo inminente y niveles

de s  
accio  
edific  
ción  
índice  
una s  
de pr  
edific  
refora  
de 3.  
acep  
• Tenie  
mate  
conci  
diag  
cuent  
ción  
entre  
muros  
rehab  
proba  
habili  
que la  
tación  
• El ana  
zamie  
de los  
arroja  
altas  
indisp  
proba  
delo d  
es sim  
cortan  
• Ambra  
(2000)  
tra in E  
Imperi  
Medio  
• ATC40  
Concr  
sion. C  
• Góme  
mensi  
pital U

de seguridad inadecuada. Es necesario tomar acciones urgentes considerando que es una edificación indispensable. Al reforzar la edificación mediante diagonales de acero, se tienen un índice de confiabilidad de **2.9**, lo cual representan una seguridad aceptable, que implica medidas de prevención a mediano plazo. Reforzada dicha edificación mediante un muro cortina en concreto reforzado, se tienen un índice de confiabilidad de **3.6**, lo que representa también una seguridad aceptable.

- Teniendo en cuenta únicamente los costos de materiales, la rehabilitación con un muro de concreto es **11%** mayor que la rehabilitación con diagonales de acero. Adicionalmente al tener en cuenta el costo de la cimentación, la rehabilitación con muros es **24%** (basado en la diferencia entre el cortante que asume la edificación con muros y con diagonales) más costosa que la rehabilitación con diagonales. No obstante la probabilidad anual de falla para el caso de la rehabilitación con muros es diez (10) veces menor que la probabilidad anual de falla de la rehabilitación con diagonales.
- El análisis de confiabilidad basado en desplazamientos espectrales confirma los resultados de los análisis basados en fuerzas resistentes, arrojando probabilidades de falla demasiado altas (superiores al 11 %) para una edificación indispensable y de atención a la comunidad. La probabilidad anual de falla considerando el modelo de desplazamientos (**pf anual es de 0.117**), es similar a las obtenidas mediante el análisis de cortante.

## REFERENCIAS

- Ambraseys N. N, Simpson K. A, Bommer J. J. (2000) "Prediction of Horizontal Response Spectra in Europe". Departamento de Ingeniería Civil, Imperial College of Science and Technology and Medicine. Londres.
- ATC40 (1996) Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building Vol1. Seismic Safety Commission. California, USA.
- Gómez (2005). Análisis No Lineal Estático Tridimensional de Pushover de un Módulo de un Hospital Universitario. Trabajo de grado para optar

al título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Javeriana.

- Sánchez, Mauricio (2004). "Introducción a la confiabilidad y evaluación de riesgos". Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Prieto, Jorge (2003) "Programa de generación de espectros para diferentes periodos de retorno". Bogotá, Colombia
- Prieto, J., Amézquita, A. y Ramos, A. (2005) Funciones de densidad de probabilidad para los concretos en. Colombia . En proceso.
- Prieto, Muñoz, Ruiz, Ramos (2005). Estimación de la incertidumbre aleatoria del punto de desempeño de una edificación esencial. Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica, IX Jornadas. Artículo N° A04-02.



# AGREGADOS FINOS, PROPUESTA DE LÍMITES GRANULOMÉTRICOS PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS

## RESUMEN

Se propone sustituir los límites de curvas granulométricas del agregado fino, considerados en la Norma COVENIN 277 Concreto. Agregados. Requisitos, por cuatro husos o bandas, aumentando el espectro de gradaciones que sirve para controlar las variaciones del material utilizado en las mezclas de concreto.

La propuesta es el resultado de una investigación a largo plazo que tuvo entre sus objetivos caracterizar los agregados a nivel nacional.

## INTRODUCCIÓN

El origen geológico del agregado fino, unido a la fragmentación recibida por razones naturales y la producida por medios mecánicos, determinan una distribución de carácter aleatorio en las dimensiones de las partículas del árido, definiendo granulometrías propias de las arenas de cada región, que pueden ser alteradas mediante los procesos extractivos y de producción con la finalidad de producir un material adecuado para desarrollar mezclas de concreto fresco manejables y económicas.

En este sentido, en la década de los setenta la Asociación Venezolana de Productores de Cemento publicó los resultados de un estudio realizado a nivel nacional (Salas, 1976) que dio a conocer las características de los agregados en distintas poblaciones del País; incluyendo, entre otras, información acerca

■ Guillermo Bonilla  
Ing. Civil, MSc. Facultad de Ingeniería UCAB  
gbonilla@ucab.edu.ve

■ Yelitza Sirit  
TSU. Laboratorios de Materiales UCAB.  
ysirit@ucab.edu.ve

de la composición granulométrica de los agregados por regiones.

A partir de esa fecha no se ejecutaron estudios sistemáticos de igual alcance, que actualizarán la información relativa a las características de los agregados, por lo que el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología en convenio con la Universidad Católica Andrés Bello auspiciaron la investigación denominada "Caracterización y Regionalización de Coeficientes para Diseño de Mezclas de Concreto Fresco por Regiones Geográficas" (Bonilla y Sirit, 2005) que ha servido de referencia para la propuesta de actualizar la norma COVENIN 277 Concreto. Agregados. Requisitos, en el área de la granulometría de los agregados finos.

La investigación fue desarrollada sobre muestras provenientes de 115 fuentes de suministro de agregados, ubicadas en distintas regiones de la geografía nacional.

## PROPUESTA

Como conclusión del citado estudio, la franja única de la Norma 277 vigente que recoge las distintas curvas granulométricas de agregados finos utilizados a lo largo de la geografía nacional (ver tabla N°1), es de limitada aplicación debido a que en algunas regiones no resulta económicamente factible localizar arenas que se ubiquen dentro de los límites normativos.

| CEDAZOS COVENIN |      | Grueso | Fino |
|-----------------|------|--------|------|
| mm              | pulg |        |      |
| 9,510           | 3/8" | 100    | 100  |
| 6,350           | 1/4" | 100    | 100  |
| 4,760           | # 4  | 85     | 100  |
| 2,380           | #8   | 60     | 95   |
| 1,190           | #16  | 40     | 80   |
| 0,595           | #30  | 20     | 60   |
| 0,297           | #50  | 8      | 30   |
| 0,149           | #100 | 2      | 10   |
| 0,074           | #200 |        | 5    |

Tabla N° 1. Límites pasantes granulometría actual

En consecuencia, se sugiere que el control granulométrico del agregado fino se ejecute con base a los cuatro husos de límites granulométricos siguientes: Grueso, Medio, Fino y Muy Fino. Con esto se ampliará el espectro de áridos incorporando gradaciones no aceptadas hoy día; que en algunos casos generarán mezclas de concreto menos económicas.

Al respecto, la tabla N°2 muestra el pasante por tamiz y el módulo de finura de cada huso definidos mediante sus límites grueso (LG) y fino (LF); de esta manera el Grueso contempla arenas con módulos de finura entre 3,0 y 5,1 donde se ubican finos provenientes de los Estados Miranda, Lara, Yaracuy, Barinas, Cojedes, Zulia. Por otra parte, el huso Medio es adecuado para agregados con módulos que oscilan entre 2.1 y 4.1 incorporando, entre otras, las arenas de Aragua, Trujillo, Carabobo, Mérida, Guárico.

En el mismo orden, el huso Fino contiene aquellos agregados con módulos de finura entre 1,3 y 2,8 que incluye material de los Estados Anzoátegui, Falcón, zona oriental de Miranda, así como algunas arenas de Mina en Monagas. El cuarto huso, Muy Fino, se refiere a los áridos muy finos monogranulares, similares a las arenas tipo médano, donde encaja el material proveniente del fondo del Lago de Maracaibo, ampliamente utilizado en la capital del Estado Zulia.

Conforme lo expuesto, pareciera razonable pensar que una norma de gradaciones que tiene como finalidad servir de referencia para controlar la variación del agregado, debería considerar los límites granulométricos por regiones geográficas; sin embargo, se desprende del estudio que una misma zona puede ser abastecida con agregados provenientes de distintas fuentes de suministro, por lo que estos husos deberán ser considerados como bandas referenciales de gradación y no de la localidad.

Para la determinación de los límites superior e inferior de cada banda, se estableció como parámetro de referencia el área contenida dentro de los límites granulométricos de la norma vigente.

Por otra parte, una observación detallada de las cuatro bandas (ver figuras N° 1, N° 2, N° 3, N° 4) destaca en primer lugar que los husos se traslapan; además, la banda de arenas Medias tiende a coincidir con las trazas de la Norma actual; en este sentido, estos límites permiten producir concretos convencionales económicos y de buena trabajabilidad con base a distribuciones eficientes.

Entonces; cuando se contempla la existencia de otras bandas se está aceptando deficiencias en el gradado de los finos, que afectarán las mezclas de concreto en estado fresco, por lo que se deberá controlar con mayor detenimiento las variables de docilidad, trabajabilidad y consumo de cemento mediante diseños de mezclas adecuados.

| CED AZOS COVENIN |      | PORCENTAJE QUE PASA |     |       |     |      |     |            |     |
|------------------|------|---------------------|-----|-------|-----|------|-----|------------|-----|
|                  |      | Gruesa              |     | Media |     | Fina |     | Mu y finas |     |
| mm               | pulg | LG                  | LF  | LG    | LF  | LG   | LF  | LG         | LF  |
| 9,510            | 3/8" | 100                 | 100 | 100   | 100 | 100  | 100 | 100        | 100 |
| 6,350            | 1/4" | 100                 | 65  | 99    | 85  | 100  | 100 | 100        | 100 |
| 4,760            | # 4  | 94                  | 55  | 99    | 75  | 100  | 95  | 100        | 100 |
| 2,380            | #8   | 78                  | 32  | 89    | 55  | 99   | 80  | 100        | 99  |
| 1,190            | #16  | 60                  | 20  | 75    | 38  | 95   | 65  | 100        | 95  |
| 0,595            | #30  | 36                  | 10  | 58    | 20  | 85   | 48  | 98         | 85  |
| 0,297            | #50  | 20                  | 4   | 35    | 10  | 60   | 22  | 85         | 50  |
| 0,149            | #100 | 10                  | 0   | 20    | 6   | 30   | 6   | 35         | 5   |
| 0,074            | #200 | 5                   |     | 5     |     | 5    |     | 2          |     |
| Módulo de Finura |      | 3,0                 | 5,1 | 2,3   | 4,1 | 1,3  | 2,8 | 0,8        | 1,7 |

Tabla N° 2. Huso granulométricos propuestos para agregados finos

Según lo anterior, la franja representativa del agregado será aquella que mejor contenga las gradaciones del árido evaluado; así los límites que definen el huso seleccionado servirán como referencia para controlar variaciones en la granulometría del material. Sin embargo, debe considerarse que a mediano y largo plazo un agregado proveniente de la misma fuente tenderá a cambiar su gradación lo que desplazará su curva característica hacia algún huso vecino que lo represente mejor.

Por lo tanto, el profesional responsable tiene la obligación de definir el huso que mejor caracteriza al agregado evaluado, utilizando dicha banda como referencia de control; al respecto, el Módulo de Finura deja de ser un índice adecuado cuando el origen de las fuentes de suministro cambia; por lo que en su lugar, se recomienda utilizar métodos gráficos que faciliten visualizar de forma continua las variaciones en la gradación del fino. A manera de ejemplo se anexan dos casos de aplicación de la propuesta.

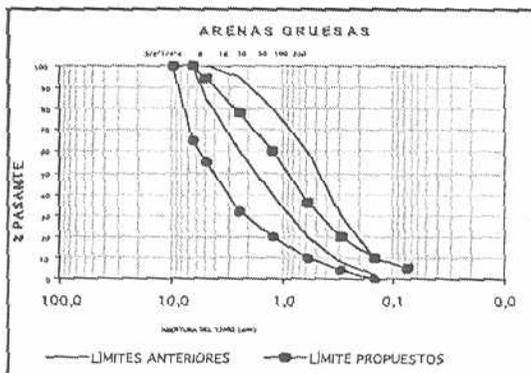


Figura N° 1. Límites - Arenas gruesas

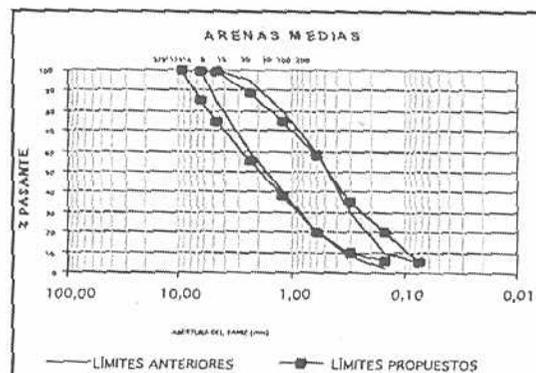


Figura N° 2. Límites - Arenas medias

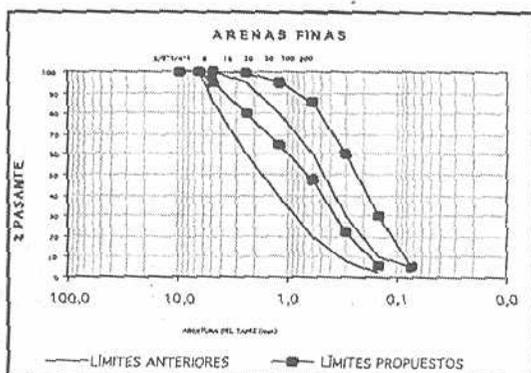


Figura N° 3. Límites - Arenas finas

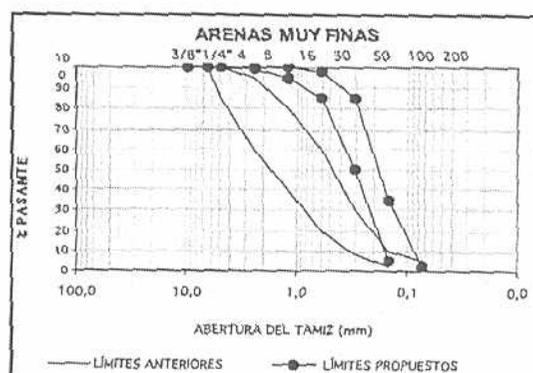


Figura N° 4. Límites - Arenas muy finas

## AGRADECIMIENTOS Y CRÉDITOS

El presente artículo de divulgación forma parte del proyecto N° 2001002526 financiado por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología. Fue desarrollado en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Católica Andrés Bello y recibió el apoyo de Lafarge de Venezuela C.A.

Los autores agradecen a estas Instituciones por el apoyo ofrecido.

## REFERENCIAS

Bonilla, Guillermo; Sirit, Yelitza. "Caracterización y Regionalización de Coeficientes para diseño de Mezclas de Concreto Fresco" Primer Informe FONACIT. UCAB. 2005.

Salas J. R. "Mapa de Materiales para Concreto – Sobre 20 años de Actividades. Asociación Venezolana de Productores de Cemento" AVPC. Caracas. 1976

Norma Venezolana COVENIN 277. Concreto. Agregados. Requisitos.

## ANEXO CASO - A

Arena natural del río San Juan, que abastece la ciudad de Cumaná, Estado Sucre; la Tabla N° 3 contiene promedios bimensuales de una data levantada durante diez meses en una fuente de suministro reconocida en la zona.

El proceso extractivo se realizó mediante retroexcavadora y se efectuaba una etapa de cernido con la finalidad de separar materia vegetal y cantos.

El agregado se caracterizó por presentar una relativa buena gradación, pero excesivamente fino con Módulo de Finura promedio de 2.1, que en general se sale del límite normativo por la traza fina (ver figura N° 5).

Cuando se considera los husos de la propuesta, la arena se incluye dentro de la banda Fina. Figura N° 6.

| pu lg | (m . m .) | A 1   | A 2   | A 3   | A 4   | A 5   | Media |
|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3/8"  | 9,518     | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| 1/4"  | 6,350     | 95,7  | 98,2  | 95,2  | 98,5  | 98,0  | 97,7  |
| # 4   | 4,760     | 92,1  | 97,4  | 94,0  | 96,2  | 95,0  | 94,8  |
| # 8   | 2,380     | 88,4  | 98,8  | 90,0  | 98,2  | 92,4  | 92,8  |
| # 16  | 1,190     | 78,2  | 90,0  | 86,8  | 89,0  | 83,5  | 85,7  |
| # 30  | 0,595     | 68,5  | 72,0  | 70,0  | 78,5  | 64,2  | 72,0  |
| # 50  | 0,297     | 28,9  | 30,0  | 29,0  | 32,4  | 24,5  | 29,0  |
| # 100 | 0,149     | 12,4  | 10,0  | 8,0   | 8,5   | 9,5   | 9,5   |
| # 200 | 0,074     | 5,2   | 5,8   | 5,2   | 5,5   | 6,5   | 5,6   |
| M F   |           | 2,1   | 2,1   | 2,2   | 2,1   | 2,0   | 2,1   |

Tabla No 3. Caso-A. Data de promedios bimensuales

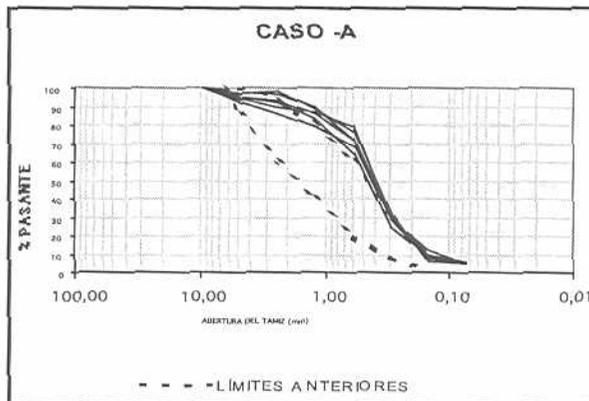


Figura N° 5. Caso-A. Gráfica de curvas granulométricas

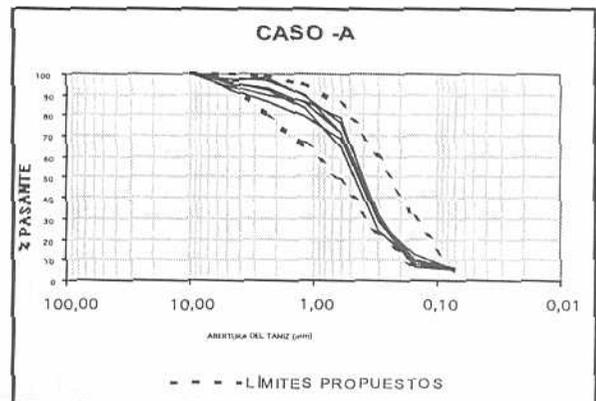


Figura N° 6. Caso-A. Gráfica de curvas granulométricas

## ANEXO CASO - B

Arena natural perteneciente a la Cuenca del Río Tuy, que abastece la ciudad de Barquisimeto, Estado Lara; la Tabla N° 4 contiene los promedios mensuales de los estudios efectuados en cinco meses.

El proceso extractivo se realizaba mediante cargador frontal e incluía una etapa de cernido para separar cantos y materia vegetal; definiendo un agregado de buena gradación pero grueso con Módulo de Finura promedio de 4.2, que en general se sale del límite normativo por la traza gruesa, aunque entre los tamices 0,2797mm (#50) y 0,149 mm se incorpora (ver figura N° 7). Cuando se consideran los husos de la propuesta, la arena queda ubicada dentro de la banda Gruesa (Figura N° 8).

| pulg | (m.m.) | B1   | B2   | B3    | B4    | B5    | media |
|------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 3/8" | 9,510  | 97,3 | 98,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,1  |
| 1/4" | 6,350  | 84,0 | 82,4 | 70,0  | 78,6  | 97,9  | 82,6  |
| # 4  | 4,760  | 74,9 | 73,2 | 60,5  | 67,1  | 89,3  | 73,0  |
| #8   | 2,380  | 53,8 | 47,8 | 39,4  | 44,5  | 68,2  | 50,7  |
| #16  | 1,190  | 34,9 | 30,3 | 26,5  | 29,7  | 43,3  | 32,9  |
| #30  | 0,595  | 21,4 | 19,4 | 17,9  | 19,7  | 24,9  | 20,7  |
| #50  | 0,297  | 12,9 | 12,5 | 11,7  | 13,2  | 14,7  | 13,0  |
| #100 | 0,149  | 8,1  | 7,9  | 8,2   | 9,0   | 10,2  | 8,7   |
| #200 | 0,074  | 5,2  | 4,2  | 6,3   | 6,4   | 8,6   | 6,1   |
| MF   |        | 4,1  | 4,3  | 4,7   | 4,4   | 3,5   | 4,2   |

Tabla N° 4. Caso-B. Data de promedios cinco meses

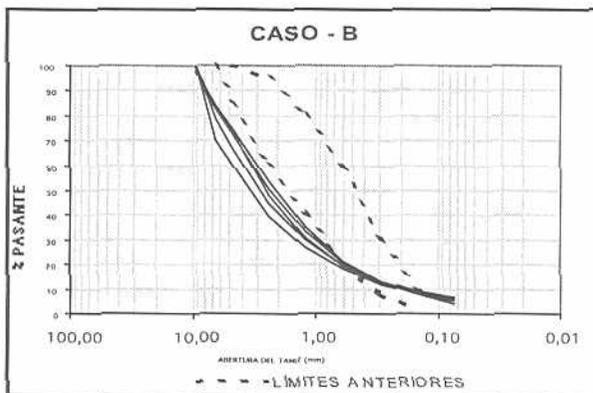


Figura N° 7. Caso-B. Gráfica de curvas granulométricas

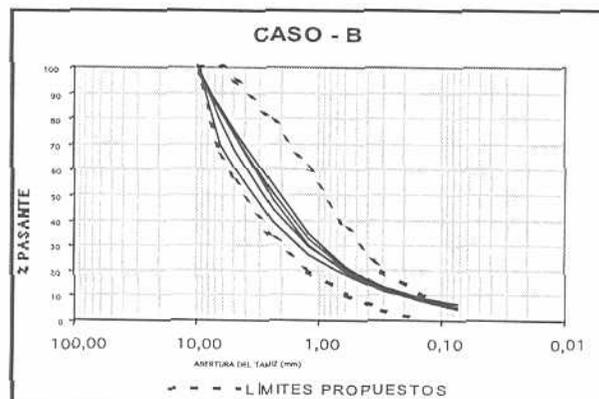


Figura N° 8. Caso-B. Gráfica de curvas granulométricas

# DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE UN PUPITRE PARA LOS ALUMNOS DE PREGRADO DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

## RESUMEN

El trabajo que aquí se presenta consistió en el diseño de alternativas de un pupitre integrado, ajustado a los requerimientos y necesidades de los estudiantes de la Universidad Católica Andrés Bello. El trabajo se divide en tres secciones: situación actual, estudio antropométrico y diseño del prototipo. Se muestra el análisis realizado y los resultados obtenidos en cada una de estas secciones. Igualmente, se enseña el modelo propuesto, con sus dimensiones y costos. Finalmente se presentan las conclusiones.

## INTRODUCCIÓN

En el año 2001 se completó un trabajo de diseño de pupitres (Pérez C., Herrera J., Villanueva A., 2001) para una muestra de 140 estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello, Caracas. El trabajo propuso unas dimensiones para un pupitre integrado siguiendo los lineamientos de la Norma Venezolana COVENIN 1650:1989 referida a mobiliario escolar.

Este trabajo tiene como objetivo proponer las dimensiones de un pupitre integrado para el uso de los alumnos de pregrado de la universidad, en su sede en Caracas.

Por el largo tiempo que los estudiantes permanecen sentados en sus salones de clase, el diseño correcto del mobiliario (es decir: pupitres) puede ser un factor que afecte el confort de los estudiantes en un posible efecto positivo en la atención en clase.

■ Carolina O. Peña P.  
coopcalorias@hotmail.com

■ Dulce M. Riera De S.  
dulce\_riera@hotmail.com

Tutor: César T. Pérez M.  
alfauriga@yahoo.com

## METODOLOGÍA

Para la realización del Trabajo Especial de Grado fue necesario dividir el proyecto en cuatro etapas bien definidas, las cuales se muestran a continuación:

**Etapas I: Estudio de la situación actual**, se realizó una evaluación detallada del puesto de trabajo, esto con la finalidad de determinar si representaba algún tipo de riesgo para los estudiantes. Esta etapa comprendió los siguientes pasos:

- Identificar las actividades estudiantiles en las aulas de clase.
- Determinar las posturas de los alumnos.
- Describir los factores de riesgo y las posibles consecuencias que se presentan.
- Establecer el estado actual del pupitre de la UCAB y sus dimensiones.
- Conocer la opinión de los estudiantes con respecto a los pupitres actuales.
- Implementación de métodos de evaluación ergonómica.

**Etapas II: Estudio antropométrico**, aquí se presentan cada uno de los pasos realizados para la toma de medidas antropométricas de los estudiantes, así como la metodología utilizada para el estudio de los datos obtenidos:

- Obtención de la muestra piloto.
- Determinar medidas antropométricas de la población estudiantil.
- Calcular el tamaño de muestra real. Estimación de percentiles poblacionales.
- Realización de pruebas estadísticas.

**Etapas III: Diseño del prototipo**, esta etapa la constituyen una serie de pasos sucesivos, los cuales permitieron llegar al diseño final del pupitre. Los pasos se mencionan a continuación:

- Establecer las dimensiones del pupitre.
- Conocer los requerimientos de los estudiantes.
- Comparar requerimientos de los estudiantes vs. características técnicas.
- Selección de materiales.

**Etapas IV: Determinación del costo estimado de producción**, la cual consiste en la obtención del costo asociado a los materiales empleados en el diseño, así como el costo de mano de obra y equipos, esto con la finalidad de establecer en forma sencilla cuál es el costo final estimado para la producción del pupitre propuesto.

## SITUACIÓN ACTUAL

### 1. Actividades realizadas por los estudiantes

Se recorrieron diferentes aulas de clase, con la finalidad de observar las tareas de los estudiantes durante clases. Se encontró que los estudiantes realizan las siguientes actividades:

- Escritura a mano (toma de apuntes o exámenes).
- Lectura de material impreso.
- Lectura de: pizarrón, proyecciones de video y transparencias.
- Actividades en grupo (dinámicas, foros, debates)
- Escuchar cualquier tipo de información impartida.

Si se relacionan las exigencias de cada una de estas actividades con los requerimientos que debe satisfacer el diseño del pupitre a proponer, se encuentra que deberá reunir las siguientes condiciones:

- Ser lo suficiente cómodo para la permanencia sentada por largos períodos de tiempo.
- Ofrecer un apoyo adecuado a los brazos, espalda, glúteos y piernas.
- Permitir cambios en la postura, con el objeto de relajar la carga estática a la que se encuentra sometido el cuerpo.
- Estar acorde a las medidas antropométricas de la población estudiantil.

### 2. Posturas adoptadas por los estudiantes

Se tomaron fotografías de las posturas adoptadas por los estudiantes durante las actividades de clase. Se pudo apreciar que los estudiantes mientras permanecen sentados tienen posturas inadecuadas, las cuales pueden ser riesgosas para su salud.



Figura 1. Posturas adoptadas por los estudiantes. Estudiante 1.



Figura 2. Posturas adoptadas por los estudiantes. Estudiante 2.

De estas posturas surgen posibles riesgos de salud como: disfunción en la mandíbula, respiración restringida, síndrome del túnel carpiano (debido a movimientos repetitivos en mano y muñeca), y dolores tanto en el cuello, hombros y espalda. También se pueden presentar problemas en la columna, tales como la presencia de lordosis y escoliosis. (Ariens G., 2001)

### 3. Pupitre actual

#### 3.1 Dimensiones

Se le tomaron las medidas al pupitre actual, siendo estas las siguientes:

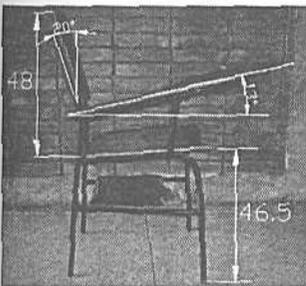


Figura 3 Vista Lateral

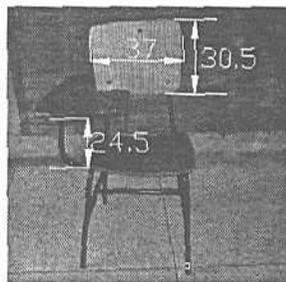


Figura 4 Vista frontal

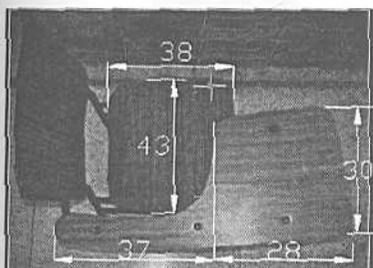


Figura 5 Vista superior

#### 3.2 Estado actual de los pupitres de la UCAB

Se realizó una inspección a una muestra de pupitres para establecer su estado actual y determinar aquellas características que deben ser mejoradas. Se encontró que algunos presentan tornillos sobresalientes en las tablas, asiento y respaldo, bordes filosos y ángulos de inclinación inadecuados.

De acuerdo a esto, se tienen las siguientes consideraciones de diseño:

- Los tornillos no deben quedar al relieve ni en la mesa, ni en el respaldo y asiento.
- El material a escoger debe garantizar la durabilidad del mueble.
- El pupitre debe servir a la población de zurdos y a la de diestros.
- La superficie de trabajo debe ser mate (para evitar el brillo) y de colores claros (para evitar los contrastes).

La muestra tomada fue de 727 pupitres, de los cuales el 31% (aproximadamente) presenta las fallas previamente descritas. Haciendo uso de esta información, se estima que el 31% del total de pupitres de la universidad tienen que ser reemplazados.

#### 4. Opinión de los estudiantes respecto a los pupitres actuales

Se realizó una encuesta abierta a 148 estudiantes pertenecientes a las facultades de ingeniería, derecho, cs. sociales y humanidades. La pregunta específica que se realizó fue:

*Los pupitres en la universidad son:*

Para responder esta pregunta se utilizó una escala del 1 al 4, donde el 1 coloca a los pupitres como deficientes y el 4 como excelentes. Los resultados para la encuesta se presentan a continuación:

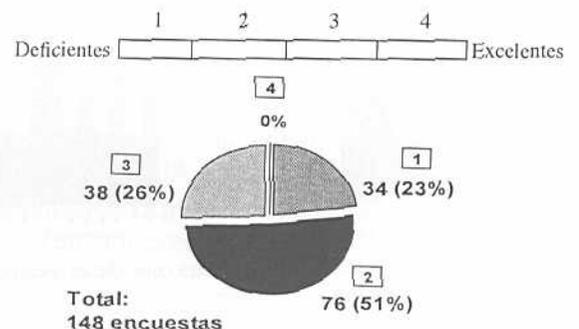


Figura 6. Opinión de los estudiantes respecto a los pupitres actuales

Se puede observar que la muestra estudiada ubica a los pupitres de la universidad en un nivel 2, lo que evidencia que existe descontento por parte de los estudiantes con respecto a los pupitres actuales. De acuerdo a los estudiantes, algunas de las razones que influyen en su decisión son: tornillos sobresalientes en la superficie, tamaño de la mesa, altura de la silla, espaldar incómodo, bordes filosos-cortantes, entre otros.

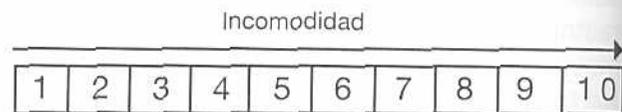
### 5. Evaluación ergonómica

Se utilizaron dos métodos de evaluación ergonómica, un método objetivo (**RULA**) (Mc Atamney & Corlett, 1993) y otro subjetivo (**encuesta de comodidad-incomodidad**). El objetivo que se persigue es observar si existe concordancia entre los resultados obtenidos para un método y otro.

### 5.1 Encuesta de comodidad-incomodidad

Se realizó una encuesta a 57 estudiantes, tanto al inicio como al final de la clase, con la finalidad de verificar si se presentaba molestia o incomodidad en distintas áreas de su cuerpo, mientras permanecen en posición sentado. Esta escala fue evaluada para las siguientes áreas: ojos, cuello, espalda (superior, media, baja), hombros, brazos, codos, antebrazos, muñecas, manos, codos, muslos, piernas y pies.

Para ello, se colocó una escala del 1 al 10, donde el 1 indica ninguna incomodidad y el 10 una incomodidad insoportable:



Los resultados más relevantes obtenidos en la encuesta fueron los siguientes:

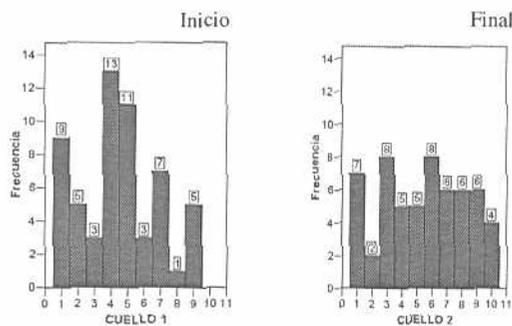


Figura 7. Resultado encuesta comodidad-incomodidad (Cuello)

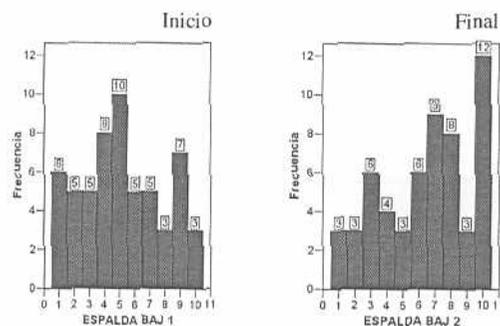


Figura 8. Resultado encuesta comodidad-incomodidad (Espalda Baja)

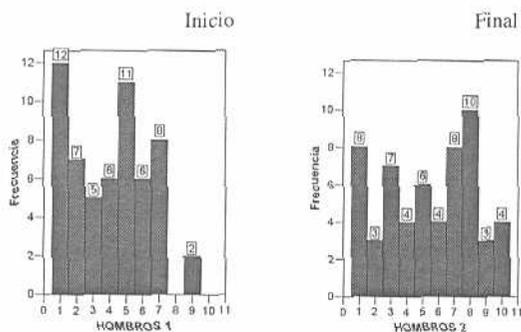


Figura 9. Resultado encuesta comodidad-incomodidad (Hombros)

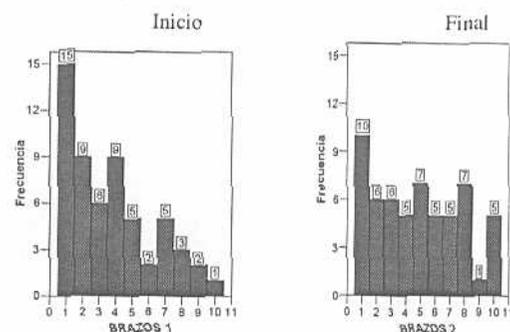


Figura 10. Resultado encuesta comodidad-incomodidad (Brazos)

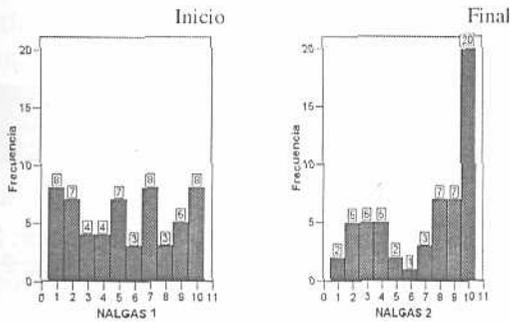


Figura 11. Resultado encuesta comodidad-incomodidad (Nalgas)

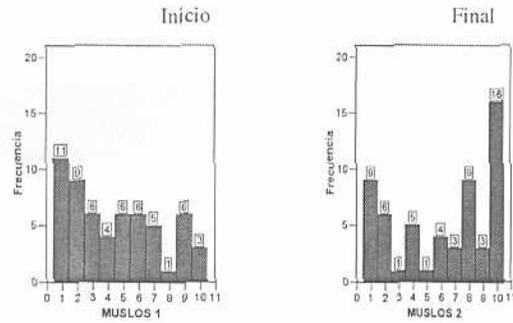


Figura 12. Resultado encuesta comodidad-incomodidad (Muslos)

Gráficamente se puede observar como se traslada la opinión de los estudiantes de escalas de incomodidad bajas (0-5) a las más altas (8,9,10). Estos cambios fueron estudiados a través de la Prueba de rangos con signos de Wilcoxon para muestras apareadas, la cual arrojó diferencias significativas para un p-valor inferior a 0,05, para cada una de las áreas del cuerpo estudiadas:

|                  | Z      | P. VALOR | CONCLUSIÓN       |
|------------------|--------|----------|------------------|
| Antebrazos       | -3,073 | 0,002    | Se rechaza $H_0$ |
| Brazos           | -3,182 | 0,001    | Se rechaza $H_0$ |
| Codos            | -2,702 | 0,007    | Se rechaza $H_0$ |
| Cuellos          | -2,901 | 0,004    | Se rechaza $H_0$ |
| Dedos            | -3,262 | 0,001    | Se rechaza $H_0$ |
| Espalda Media    | -3,950 | 0,000    | Se rechaza $H_0$ |
| Espalda Baja     | -3,580 | 0,000    | Se rechaza $H_0$ |
| Espalda Superior | -2,948 | 0,003    | Se rechaza $H_0$ |
| Hombros          | -3,693 | 0,000    | Se rechaza $H_0$ |
| Manos            | -3,766 | 0,000    | Se rechaza $H_0$ |
| Muñecas          | -4,104 | 0,000    | Se rechaza $H_0$ |
| Muslos           | -4,075 | 0,000    | Se rechaza $H_0$ |
| Nalgas           | -3,932 | 0,000    | Se rechaza $H_0$ |
| Ojos             | -3,774 | 0,000    | Se rechaza $H_0$ |
| Piernas          | -3,297 | 0,001    | Se rechaza $H_0$ |
| Pies             | -3,437 | 0,001    | Se rechaza $H_0$ |

Tabla 1. Resultados. Prueba de rangos con signos de Wilcoxon para muestras apareadas.

Donde  $H_0$  (hipótesis nula) es que no hay diferencia entre el nivel de incomodidad antes y después y

$H_1$  (hipótesis alterna) es que si hay diferencia en el nivel de incomodidad entre el antes y el después.

### 5.2 Método Rula

El método RULA es una técnica de evaluación ergonómica. Estudia las posturas individuales y sus factores de riesgo ocupacionales que han sido asociados con desórdenes músculo-esqueléticos. El uso de RULA da como resultado un factor de riesgo entre 1 y 7, donde la puntuación o factor más alto significa un gran riesgo. Como quiera que sea, una baja puntuación o factor de riesgo no garantiza que el sitio de trabajo esté libre de riesgos ocupacionales. RULA es una herramienta de evaluación usada para detectar posturas de trabajo que requieran atención o modificación.

### 5.3 RULA Vs. Encuesta de comodidad-incomodidad

Se realizó la toma de fotografías a los estudiantes durante el inicio y el final de la clase. De estas se seleccionaron aquellas fotos en las que se observaron las posturas más críticas para su análisis a través del método RULA. A continuación se presentan los resultados obtenidos tanto para la encuesta de comodidad-incomodidad como para el RULA.

| Ángulos   | Evaluación RULA            | Encuesta comodidad-incomodidad   |
|---|----------------------------|--|
|  <p>Estudiante 1. Inicio</p> <p>Antebrazo: 59.22°<br/>                     Brazo: 23.36°<br/>                     Tronco: 109.91°</p>                              | <p>Factor de riesgo: 6</p> | <p>Cuello: 2<br/>                     Espalda superior: 2<br/>                     Espalda media: 2<br/>                     Espalda baja: 2<br/>                     Hombros: 1<br/>                     Brazos: 1<br/>                     Antebrazos: 1<br/>                     Muñeca: 1<br/>                     Piernas: 2</p>    |
|  <p>Estudiante 1. Final</p> <p>Antebrazo: 31.73°<br/>                     Brazo: 9.84°<br/>                     Tronco: 118.59°</p>                               | <p>Factor de riesgo: 6</p> | <p>Cuello: 8<br/>                     Espalda superior: 9<br/>                     Espalda media: 10<br/>                     Espalda baja: 10<br/>                     Hombros: 8<br/>                     Brazos: 9<br/>                     Antebrazos: 9<br/>                     Muñeca: 7<br/>                     Piernas: 10</p> |
|  <p>Estudiante 2. Inicio</p> <p>Antebrazo: 26.17°<br/>                     Brazo: 39.01°<br/>                     Tronco: 99.04°</p>                             | <p>Factor de riesgo: 6</p> | <p>Cuello: 5<br/>                     Espalda superior: 5<br/>                     Espalda media: 5<br/>                     Espalda baja: 8<br/>                     Hombros: 5<br/>                     Brazos: 4<br/>                     Antebrazos: 4<br/>                     Muñeca: 4<br/>                     Piernas: 7</p>    |
|  <p>Estudiante 2. Final</p> <p>Antebrazo: 142°<br/>                     Brazo: 72°<br/>                     Muñeca: 25°<br/>                     Tronco: 81°</p> | <p>Factor de riesgo: 6</p> | <p>Cuello: 7<br/>                     Espalda superior: 8<br/>                     Espalda media: 8<br/>                     Espalda baja: 8<br/>                     Hombros: 8<br/>                     Brazos: 4<br/>                     Antebrazos: 6<br/>                     Muñeca: 6<br/>                     Piernas: 10</p>   |

Tabla 2. Evaluación Rula vs. Encuesta de comodidad-incomodidad

1  
P  
prim  
estu  
el nu  
prop  
a cae

Número de estudiantes

Figura 1

Final  
nos, la  
el géne  
se esta  
estrato

|           |
|-----------|
| Facultad  |
| Derecho   |
| Facultad  |
| Facultad  |
| Total (mu |

## ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO

### 1. Muestra piloto

Para determinar la muestra piloto, se obtuvo en primer lugar el número de estudiantes que cursan estudios en la UCAB. Posteriormente se determinó el número de facultades existentes, así como la proporción del total de alumnos correspondientes a cada una de éstas.

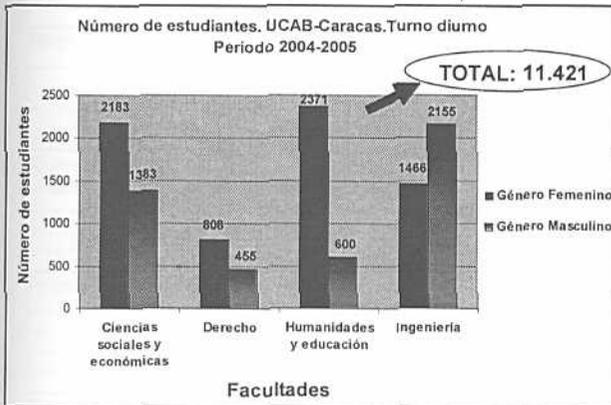


Figura 13. Número de estudiantes UCAB-Caracas. Período académico 2004-2005. Turno diurno

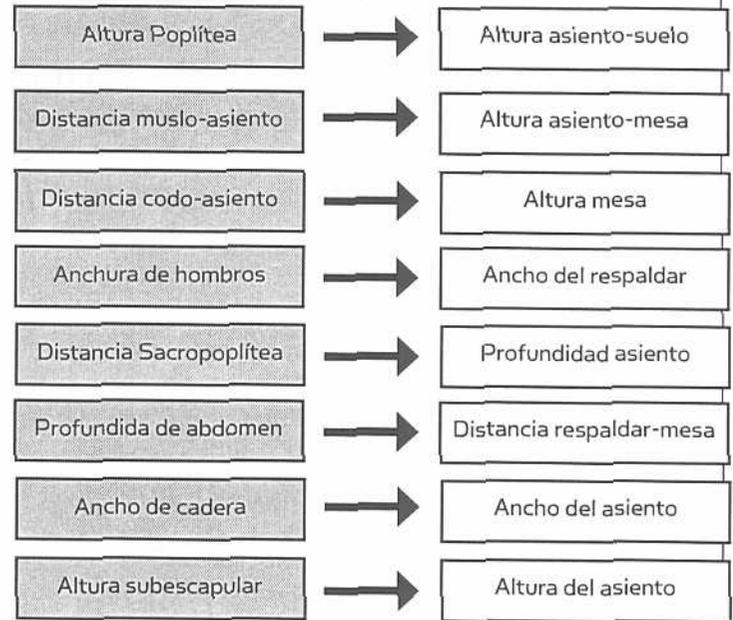
Finalmente se tomó una cantidad de 200 alumnos, la cual se estratificó de acuerdo a la facultad y el género. El tamaño de muestra para cada estrato se estableció en forma proporcional al tamaño del estrato en relación con la población:

| Facultades                              | N° estudiantes |           | n total |
|---|----------------|-----------|---------|
|   | Femenino       | Masculino |         |
| Facultad ciencias sociales y económicas | 38             | 24        | 62      |
| Derecho                                 | 14             | 8         | 22      |
| Facultad de humanidades y educación     | 42             | 11        | 52      |
| Facultad de Ingeniería                  | 26             | 38        | 63      |
| Total (muestra piloto)                  | 120            | 80        | 200     |

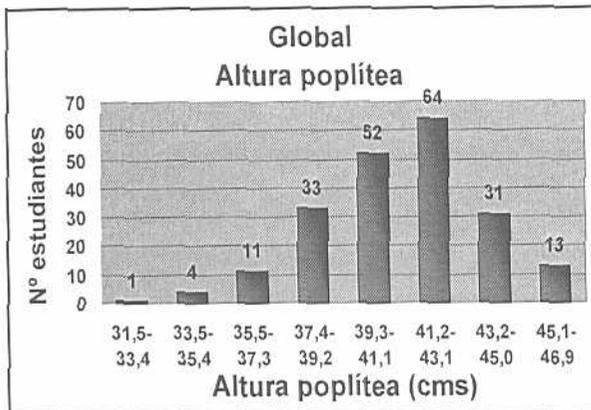
Tabla 3. Muestra piloto

### 2. Dimensiones antropométricas tomadas en el estudio

Cada alumno tiene que interactuar con su pupitre, por lo cual es importante contar con los detalles de las dimensiones de la parte apropiada del cuerpo. Así, entre todas las medidas antropométricas que existen, se escogieron las más apropiadas para el diseño:

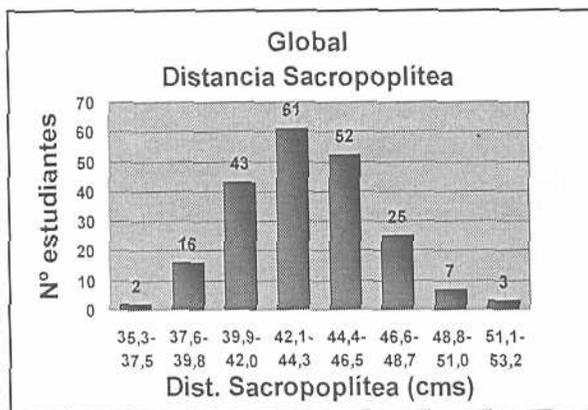


## 2.1 Histogramas de frecuencia para las medidas antropométricas



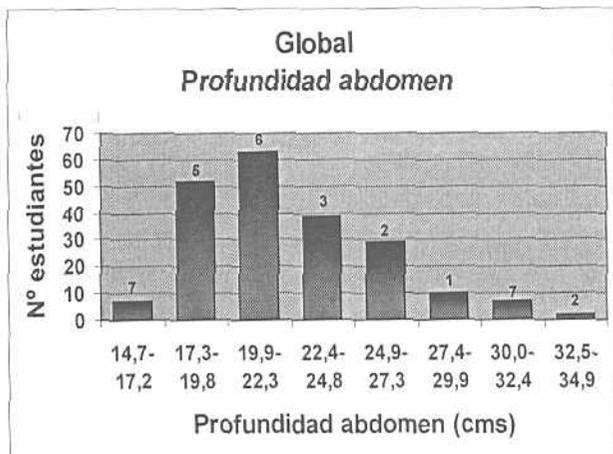
Media= 41.07 cms  
Desviación= 2.60 cms

Figura 14. Histograma población global. Altura poplítea



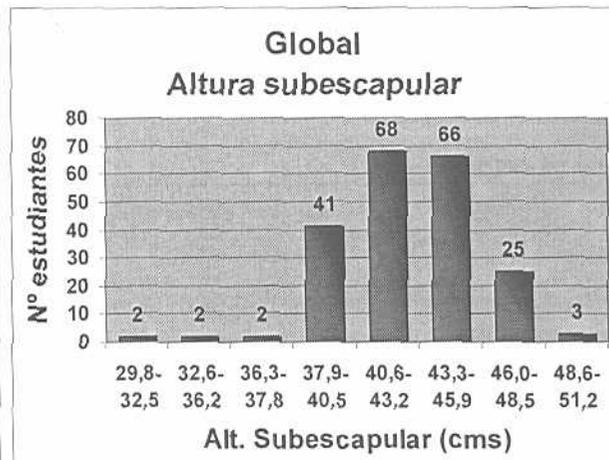
Media= 43.87 cms  
Desviación= 3.01 cms

Figura 15. Histograma población global. Distancia Sacropoplítea



Media= 22.21 cms  
Desviación= 3.63 cms

Figura 16. Histograma población global. Profundidad abdomen



Media= 42.78 cms  
Desviación= 3.06 cms

Figura 17. Histograma población global. Altura subescapular

## 2.2 Estimación de percentiles para la población.

Para ello se utilizó la siguiente ecuación, la cual nos provee una forma para la determinación, por ensayo y error, para la estimación de un percentil poblacional:

$$P [Y_j \leq \xi_q \leq Y_k] = B(k-1; n; q) - B(j-1; n; q)$$

Siendo  $B(x; n; q)$  la función de distribución de una binomial de parámetros "n y q".

Entonces, supóngase que se desea estimar el percentil  $\xi_q$ . Se fijará inicialmente un tamaño de muestra  $n_0$ . Para dicho tamaño escojamos dos estadísticos de orden  $Y_j$  y  $Y_k$ , tal que  $j \leq q(n_0+1) \leq k$ , y  $P [Y_j \leq \xi_q \leq Y_k] = \alpha$ , siendo  $\alpha$  el coeficiente de

confianza requerido. Evaluemos ahora en la muestra obtenida la diferencia  $(Y_k - Y_j)$  y si ésta es menor o igual a la precisión deseada, hemos concluido el proceso. En caso contrario, se fija otro tamaño de muestra  $n_1 > n_0$  y se repite el proceso hasta conseguir la precisión y confianza deseadas.

### 2.2.1 Resultados:

#### Caracterización de la muestra

|                | Tamaño de muestra | Rango de edades |
|----------------|-------------------|-----------------|
| GLOBAL         | 209               |                 |
| POR GÉNEROS    |                   | 16-28 años      |
| POR FACULTADES |                   |                 |
| Femenino       | 125               |                 |
| Masculino      | 84                |                 |
| Ingeniería     | 69                |                 |
| Cs. Sociales   | 62                |                 |
| Humanidades    | 54                |                 |
| Derecho        | 24                |                 |

Tabla 4. Caracterización de la muestra. Estudiantes UCAB-Caracas. Período académico 2004-2005

### 3. Estudio de normalidad

Se realizó con la finalidad de determinar cuales dimensiones antropométricas se ajustan a una distribución normal. Para ello, se utilizó la prueba de Kolmogorov- Smirnov.

Un nivel de significación mayor a 0.05 confirma la hipótesis de que la muestra estudiada sigue una distribución normal:

|                        | Altura<br>Poplítea | Altura<br>Subescapular | Anchura de<br>Cadera | Distancia<br>Codo-asiento | Distancia<br>codo-mano | Anchura de<br>Hombros | Distancia<br>muslo-<br>asiento | Profundidad<br>abdomen | Distancia<br>Sacro-<br>poplítea |
|------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Kolmogorov-Smirnov Z   | 0,529              | 0,522                  | 0,819                | 0,875                     | 1,236                  | 1,482                 | 1,014                          | 1,609                  | 0,55                            |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | 0,942              | 0,834                  | 0,514                | 0,428                     | 0,094                  | 0,025                 | 0,255                          | 0,011                  | 0,923                           |

Tabla 6. Resultados. Prueba Kolmogorov-Smirnov.

Finalmente se encontró que las siguientes medidas antropométricas se ajustan a una distribución normal: altura poplítea, altura subescapular, anchura de cadera, distancia codo-asiento, distancia codo-mano, distancia muslo-asiento, distancia sacropoplítea.

Por otra parte, se obtuvo que las siguientes dimensiones no se ajustan a una distribución normal: profundidad de abdomen, anchura de hombros.

### 4. Análisis comparativo entre géneros.

El mismo se realizó con la finalidad de determinar si existían diferencias significativas entre las dimensiones antropométricas obtenidas para el género masculino y el género femenino, se encontraron los siguientes resultados:

|   |                         | Género Femenino |            |       | Género Masculino |       |            |       |       |
|---|-------------------------|-----------------|------------|-------|------------------|-------|------------|-------|-------|
|   |                         | media           | desviación | mín   | máx              | media | desviación | mín   | máx   |
| PRESENTAN<br>DIFERENCIA<br>SIGNIFICATIVA    | Altura poplítea         | 40,10           | 2,43       | 31,50 | 46,40            | 42,52 | 2,13       | 37,00 | 46,90 |
|   | Altura subescapular     | 41,88           | 2,87       | 29,80 | 48,10            | 44,11 | 2,85       | 35,50 | 51,20 |
|   | Distancia codo-mano     | 24,18           | 1,76       | 21,30 | 36,40            | 26,85 | 1,81       | 23,60 | 36,50 |
|   | Distancia muslo-asiento | 13,74           | 1,91       | 9,70  | 22,00            | 14,56 | 2,20       | 10,50 | 25,80 |
|   | Anchura de hombros      | 39,19           | 2,39       | 28,40 | 47,00            | 45,94 | 3,07       | 39,10 | 61,30 |
|   | Profundidad de abdomen  | 20,54           | 2,70       | 14,70 | 31,10            | 24,71 | 3,39       | 18,20 | 34,90 |
| NO PRESENTAN<br>DIFERENCIA<br>SIGNIFICATIVA | Anchura de cadera       | 38,13           | 2,76       | 31,40 | 47,00            | 38,92 | 3,56       | 25,30 | 48,50 |
|   | Distancia sacropoplítea | 46,63           | 3,03       | 35,30 | 52,10            | 44,24 | 2,96       | 38,60 | 53,20 |
|   | Distancia codo-asiento  | 20,64           | 2,89       | 10,40 | 33,60            | 20,13 | 2,78       | 13,30 | 26,00 |

Tabla 7. Resultado análisis comparativo entre géneros

### DISEÑO DEL PROTOTIPO

1.- Elaboración de la matriz de calidad. (YACUZZI E., MARTIN F.)

| MATRIZ DE LA CALIDAD                             |   | P<br>R<br>I<br>O<br>R<br>I<br>D<br>A<br>D | REQUERIMIENTOS TECNICOS |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|--|---|---|-------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|--|-----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|---|-------------------|------------------|------------------|------------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|---|--|
|  |   |   | Ancho del respaldo      | Largo del respaldo | Altura del respaldo | Inclinación del respaldo | Curvatura del respaldo | Posición de los tornillos en el respaldo | Material del respaldo | Ancho del asiento | Profundidad del asiento | Inclinación del asiento | Altura del asiento | Radio de curvatura del borde anterior | Curvatura del asiento | Material del asiento | Posición de los tornillos en el asiento | Altura de la mesa | Ancho de la mesa | Largo de la mesa | Inclinación de la mesa | Borlas de la mesa | Posición de los tornillos en la mesa | Material de la mesa | Posición relativa asiento-mesa | Posición mesa-respaldo | Área de la base | Material de la estructura |   |  |
| REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR                    |   |   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
| Respaldo<br>Cómodo                               | Que tenga la inclinación adecuada                     | 5   |                         |                    |                     | ⊗                        |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Buen tamaño   | 4   | ⊗                       | ⊗                  |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Adaptable al cuerpo                                   | 5   | ⊗                       | ⊗                  | ⊗                   | ⊗                        | ⊗                      |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           | ⊗ |  |
| Asiento  | Más blando  | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Buen tamaño   | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Altura adecuada                                       | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Menos recto   | 3   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Mayor espacio entre silla y mesa                      | 4   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
| Superficie<br>respaldo/asiento<br>más segura     | Inclinación adecuada                                  | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Sin tornillos que dañen la ropa                       | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Sin partes filosas/cortantes                          | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
| Superficie mesa                                  | No resbaladiza  | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Sin partes filosas/cortantes                          | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
| Mesa<br>apropiada                                | Sin tornillos sobresalientes                          | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Más grande  | 4   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Menos inclinada                                       | 4   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Más cerca del respaldo                                | 3   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
| Material para su<br>construcción                 | Que esté centrada (ni a la derecha ni a la izquierda) | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Resistente  | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
| Estructura más<br>segura                         | Confortable   | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Mayor estabilidad                                     | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Sin tubos atravesados que impidan el movimiento       | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
| Funcionabilidad                                  | Sin partes filosas/cortantes                          | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Liviano   | 4   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
| Otras<br>características                         | Fácil mantenimiento                                   | 5   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Apoyabrazos más grueso                                | 4   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
|  | Parrilla con mayor capacidad                          | 4   |                         |                    |                     |                          |                        |  |                       |                   |                         |                         |                    |                                       |                       |                      |   |                   |                  |                  |                        |                   |                                      |                     |                                |                        |                 |                           |   |  |
| Ponderación total de cada característica técnica |   |   | 51                      | 41                 | 15                  | 59                       | 45                     | 45                                       | 293                   | 71                | 75                      | 93                      | 96                 | 3                                     | 42                    | 340                  | 65                                      | 84                | 61               | 74               | 69                     | 45                | 45                                   | 180                 | 96                             | 87                     | 45              | 318                       |   |  |

Figura 18. Matriz de la calidad

| Grado de correlación entre RC y CT | Símbolo utilizado | Valor numérico asignado |
|------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Muy correlacionados                | ⊗                 | 9                       |
| Correlacionados                    | ⊙                 | 3                       |
| Poco correlacionados               | △                 | 1                       |
| Sin correlación                    | Blanco            | 0                       |

Tabla 8. Símbolos de la calidad

De acuerdo a la ponderación numérica final obtenida para cada característica técnica, se observó que el mayor puntaje se obtiene para el material de la estructura, asiento, respaldar y mesa. En tal sentido, para efectos del diseño se le debe dar gran importancia al material utilizado, a fin de dar satisfacción a las necesidades de los estudiantes.

## 2. Dimensiones del prototipo

Consideraciones previas a la selección de dimensiones:

Debido a la existencia de diferencias significativas para la población en estudio, se utilizó el principio de

diseño por rangos para la selección de las medidas antropométricas. De esta manera, se consideraron los percentiles obtenidos tanto para la población global, así como para géneros y facultades.

Los criterios empleados para la determinación de las medidas fueron los siguientes:

**Altura de la silla (altura poplítea):** se dio prioridad a las personas de más baja estatura, para evitar problemas de circulación en las piernas. En tal sentido, se propone el percentil 10 para la población global.

**Distancia mesa-asiento (distancia muslo asiento):** la determinación de esta medida vino dada

por la distancia muslo-asiento para el percentil 95 (Global), más una holgura (12 cms) que permita la libertad de movimiento de las piernas. Además se consideró que la distancia mesa-asiento no presentara mucha diferencia con respecto a la distancia codo-asiento.

**Profundidad del asiento (distancia sacro poplíteo):** Nuevamente se le dió prioridad a las personas más bajas, debido a las razones mencionadas anteriormente para la altura de la silla. Se consideró que el percentil 10 (Femenino) es el más adecuado, a ésta medida se le restó 4 cms para evitar el roce entre el borde del asiento y la zona poplíteo.

**Anchura del asiento (anchura de caderas):** de acuerdo a los requisitos establecidos en la Norma Covenin, la anchura del asiento no debe ser inferior a la anchura menor de los hombros. En tal sentido, se consideró a las personas con caderas más anchas (percentil 95 Global) y a esta medida se le agregó un exceso, de manera que se alcanzara el percentil 80 del género masculino correspondiente a la anchura de hombros, de esta manera se satisfacen los requerimientos de dicha Norma.

**Anchura del respaldo (anchura de hombros):** Se seleccionó el percentil 80 del género masculino.

**Altura del respaldo (altura subescapular):** Se le dió prioridad a las personas de baja estatura, a fin de evitar que se produzca incomodidad en la zona de los omoplatos producto de la presión del borde superior del respaldo en dicha zona. De esta manera, se escogió el percentil 5 (Humanidades).

**Profundidad y largo de la mesa:** Esta medida se escogió en base al espacio mínimo requerido por los estudiantes al realizar las actividades de clase.

**Distancia respaldo-mesa (profundidad abdomen):** En principio, se dió prioridad a las personas con abdomen más pronunciado, de manera que toda la población tuviese acceso al pupitre. Esto trajo como inconveniente que las personas más delgadas no pudieran hacer el correcto uso del respaldo por estar muy separados de la mesa.

Como solución a este problema se proponen dos modelos de pupitres (**1 y 2**) para un mismo salón. Para el **pupitre 1** se escogió el percentil 75 del género masculino más una holgura. Para el 25% de la población que queda excluida, se propone el **pupitre 2**, para el cual se tomó el percentil 95 más una holgura.

Finalmente, se muestran las dimensiones establecidas para el pupitre 1 y 2 en la tabla 1, donde la única diferencia entre ellos es la distancia respaldo-mesa.

|   | Dimensión               | cms         |
|---|-------------------------|-------------|
| a | Altura de silla         | 37.50       |
| b | Distancia mesa asiento  | 28.00       |
| c | Profundidad de asiento  | 32.15       |
| d | Anchura del asiento     | 48.10       |
| e | Anchura del respaldo    | 48.10       |
| f | Altura del respaldo     | 36.30       |
| g | Ancho de la mesa        | 48.20       |
| h | Largo de la mesa        | 36.00       |
| i | Distancia respaldo-mesa | 30.00/37.00 |
| j | Inclinación de la mesa  | 4 °         |
| k | Inclinación del asiento | 4 °         |
| l | Angulo respaldo-asiento | 100 °       |

Tabla 9. Dimensiones para el pupitre propuesto

Para determinar la proporción que debe existir de pupitres **1 y 2**, se tomó como referencia los datos antropométricos obtenidos para la muestra. El límite establecido es que los estudiantes cuya medida de profundidad de abdomen sea menor a 26,40 cm. (percentil 75 género masculino) deben usar el pupitre 1. En caso contrario, les corresponde el pupitre 2. De esta manera se tiene que, para el edificio de laboratorios, el 20% de los estudiantes supera el límite establecido, por tanto deben usar el pupitre 2 y el porcentaje restante debe hacer uso del pupitre 1. Para el edificio de aulas, el 11% que supera el límite, le corresponde usar el pupitre 2 y el resto el pupitre 1. Finalmente la proporción de pupitres 1 y 2 es:

- Para el edificio de aulas, deben existir aproximadamente en proporción 8:1 respectivamente.
- Para el edificio de laboratorios, deben existir aproximadamente en proporción 4:1 respectivamente.

Es importante señalar que en este estudio sólo se está considerando el edificio de aulas y el de laboratorios, ya que éstos son los edificios en donde los pupitres están en situación más crítica. Es por ello que sólo se consideraron las dimensiones para la población global y para la facultad de ingeniería.

### 3. Modelos preliminares

A continuación se presentan los diseños preliminares de las alternativas de pupitres:

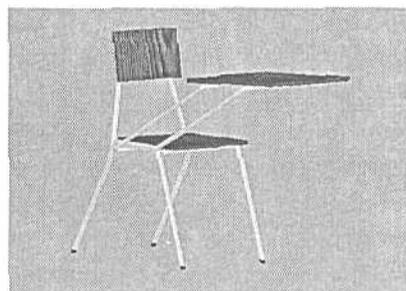


Figura 19. Pupitre en madera

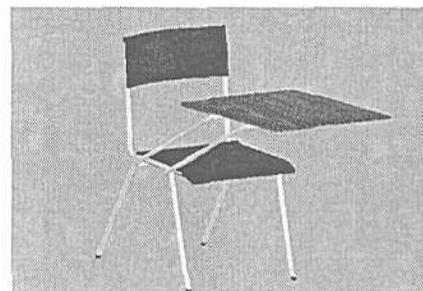


Figura 20. Pupitre en plástico

#### 4. Materiales

Los materiales se seleccionaron tomando en consideración los siguientes criterios:

##### 4.1 Disponibilidad en Venezuela.

Entre los materiales disponibles tenemos:

- Estructura: Hierro negro o aluminio.
- Mesa de trabajo: madera enchapada o MDF.
- Espaldar y asiento: madera enchapada, MDF o plástico polipropileno.

##### 4.2 Resistencia y durabilidad.

Se realizó el análisis estructural con la finalidad de estudiar el comportamiento para las estructuras propuestas tanto en hierro negro como en aluminio. Se simuló una carga de 20 Kg. Para la mesa y 90 Kg. Para el asiento. Para la estructura en hierro negro se encontró que resiste con holgura las cargas especificadas anteriormente, para un tubo de hierro negro de diámetro 1" para el sostén de la mesa y 3/4" para el resto de la estructura. De forma similar se realizó el análisis estructural para el aluminio. Debido a la excesiva deformación resultante se descarta como opción para la construcción la estructura en aluminio.

##### 4.3 Costos.

Se determinaron los costos totales de producción en serie para las alternativas de pupitres, donde cada uno tiene estructura de soporte en hierro negro. Un pupitre tendrá respaldar, asiento y mesa en madera y el otro con asiento y respaldar en plástico, conservando la mesa en madera. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 10.

| Modelo                          | Costo unitario (producción a gran escala) |
|---------------------------------|---|
| Pupitre madera y hierro negro   | Bs. 102.298.37                            |
| Pupitre plástico y hierro negro | Bs. 135.969.25                            |

Tabla 10. Costos unitarios

Para la madera, el costo unitario para la producción a gran escala se obtuvo para un lote mínimo de 200 pupitres y sus costos están respaldados por el fabricante del prototipo construido como muestra.

Por otra parte, es importante señalar que el plástico sólo se justifica para una producción continua y en serie que produzca grandes cantidades, debido al alto costo que implica la adquisición de los moldes diseñados específicamente para este mobiliario, de tal manera que el costo de estos habrá que amortizarlos en diez años. Esto tendría como consecuencia que la UCAB sólo podría usar estos pupitres de plástico para amortizar el costo de los moldes y promocionarlos fuera de la institución. Adicionalmente la Universidad deberá implementar una estrategia a corto, mediano y largo plazo de promoción de este producto o iniciar una alianza estratégica con un fabricante de productos plásticos que pudiera interesarse por este producto y así compartir el gasto inicial de los moldes. El costo que aparece en la tabla corresponde al costo unitario una vez que se ha producido en forma continua, de tal manera que para este caso deberá considerarse aparte una inversión inicial de Bs. 90.000.000 (Noventa millones) correspondiente a los moldes.

#### 5. Pupitre propuesto (en madera)

A continuación se muestran las vistas para el pupitre en madera enchapada y tubos de hierro negro. Cabe destacar que por ser éste un modelo nuevo, se procedió a su construcción con miras a demostrar la rigidez y estabilidad de la estructura metálica. Sin embargo, hay algunos aspectos considerados en el diseño y que no se realizaron en el prototipo, estos son: color de la mesa de trabajo (debe ser clara y mate), relleno de los tornillos, recubrimientos de los tornillos debajo de la mesa; por otra parte, la madera para asiento y respaldar puede ser de un grosor menor, a fin de poder darle un poco de curvatura.

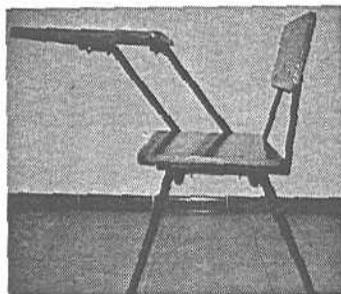


Figura 21  
Vista isométrica

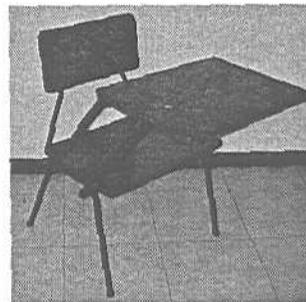


Figura 22  
Vista Lateral

## 6. Pupitre actual vs. Pupitre propuesto

|                                      | Costo (aproximado) | Antropometría                                   | Versatilidad  |
|--------------------------------------|--------------------|---|---|
| Pupitre actual                       | Bs. 145.000,00     | No se adapta a la antropometría estudiantil.    | Ninguna   |
| Pupitre Propuesto (madera enchapada) | Bs. 102.298,37     | Adaptada a la antropometría de los Estudiantes. | - Sirve tanto para zurdos como diestros.<br>- La mesa de trabajo es lo suficientemente espaciosa para satisfacer los requerimientos de las actividades. |

Tabla 11. Pupitre actual vs. pupitre propuesto

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se encontró que los estudiantes de la UCAB realizan las siguientes actividades: escritura a mano, lectura de material impreso, lectura de pizarrón, proyecciones de video y transparencias, actividades en grupo (dinámicas, foros, debates), escuchar cualquier tipo de información impartida.
- El 51% de los estudiantes considera que los pupitres actuales son deficientes por diversas razones, siendo de mayor importancia la existencia de bordes filosos y tornillos sobresalientes.
- Aproximadamente el 31% de los pupitres de la UCAB están en condición crítica por la presencia de bordes filosos, tornillos sobresalientes y ángulos de inclinación inadecuados.

- Los pupitres actuales no se ajustan a las dimensiones antropométricas de los estudiantes UCAB, por lo cual favorecen la adopción de malas posturas y sus posteriores dañinas consecuencias. De igual manera, debido a lo limitado de la tabla de trabajo no están diseñados para permitir la realización de todas las actividades que se realizan en clase. Adicionalmente no hay una cantidad suficiente de pupitres para zurdos.
- Se encontró en el análisis para las posturas que adoptan algunos de los estudiantes un factor de riesgo 6, según el método de evaluación RULA. Esto sugiere que se requerirán cambios en un período breve de tiempo y una investigación respectiva. Este factor es el mismo tanto al inicio como al final de las clases, aunque las posturas varíen.
- Los resultados de la encuesta revelaron un aumento en la incomodidad de los estudiantes evaluados. Igualmente se verificó concordancia entre la incomodidad que manifestaban los mismos a lo largo del tiempo en clase y el resultado de la evaluación RULA.
- Se encontró que las medidas antropométricas tomadas a los estudiantes se ajustan a una distribución normal, exceptuando la medida de profundidad de abdomen y anchura de hombros.
- Se proponen dos modelos de pupitre para un mismo salón, con diferentes distancias mesa-respaldar.
- El material seleccionado para el diseño de la estructura fue el hierro negro, por su alta resistencia y bajo costo. Se propuso madera para la elaboración de la mesa, por su bajo costo y facilidad de ensamble. Para el asiento y respaldar se diseñaron dos alternativas: madera, por su

bajo costo y disponibilidad; plástico, por brindar mayor ajuste ergonómico al cuerpo, bajo costo a grandes volúmenes y facilidad de producción.

- El costo del pupitre propuesto en madera es de aproximadamente 102.300 Bs. Comparando el pupitre actual, para una producción al mayor se obtiene una economía del 29%. Adicionalmente el pupitre propuesto es superior al actual desde el punto de vista ergonómico y estético.
- Los modelos propuestos además de favorecer la adopción de correctas posturas por ajustarse a la antropometría de los estudiantes de la UCAB, son muy versátiles. Esto es debido a que pueden ser usados favorablemente tanto por zurdos como por diestros, y debido a su amplio plano de trabajo permiten la ejecución de todo tipo de actividades de clase.
- Los modelos propuestos son de construcción sencilla y se ahorra material.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ. G., A. (2005). Apuntes de ergonomía. Recuperado en octubre 2005, de la UCAB, web site: <http://www.ucab.edu.ve>
- ARIENS G., BONGERS P., DOUWES M., "Are neck flexion, neck rotation and sitting at work risk factors for neck pain? Results of a prospective cohort study", en *Occupational and Environmental Medicine* 58 (2001) 200-207.
- AVILA C., R. – PRADO L., L. (2001). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Primera edición. Guadalajara, México. Centro de Investigaciones en ergonomía.
- BERNARD B.P. (Ed.), "Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back". US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. (1997).
- COVENIN 1650-89. "Mobiliario Escolar. Pupitre Integrado, mesa y silla. Parte I. Características generales. Requisitos de seguridad".
- EHRlich, M., "Physical self-resolution training for the management of temporomandibular disorders" en *Journal of Orofacial Pain* 15 (2001) issue 1.
- FERRER V., F.; MINAYA L., G.; NIÑO E., J.; RUIZ R., M. (1995). Manual de ergonomía. España. Fundación MAPFRE.
- KETOLA R., "Physical workload as a risk factor for symptoms in the neck and upper limbs: exposure assessment and ergonomic intervention" en *Journal of Sports Science & Medicine* (2004) 1-47.
- KNIGHT G., NOYES J., "Children's behaviour and the design of school furniture" en *Ergonomics* 42 (1999) 747-760.
- MANDAL A.C, "The prevention of back pain in school children" en Lueder R., Noro K. (Eds.), *Hard Facts About Soft Machines: The Ergonomics of Seating*. Taylor & Francis, London, (1994) 269-277.
- McATAMNEY, L. & CORLETT, E.N., "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders" en *Applied Ergonomics* 24 (1993) 91-99.
- MONDELO, P. et al. *Ergonomía 1: Fundamentos*. Tercera edición. España. Editorial alfaomega y ediciones UPC.
- MONDELO, P. et al. *Ergonomía 3: Diseño de puestos de trabajo*. Segunda edición. España. Editorial alfaomega y ediciones UPC.
- MURPHY S., "Back pain amongst schoolchildren and associated risk factors" en Robens Centre for Health Ergonomics.
- PARCELLS R.N., STOMMEL M., HUBBARD R.P., "Mismatch of classroom furniture and student body dimensions: empirical findings and health implications" en *Journal Adolescent Health* 24 (1999) 265-273.
- PEREZ, C.; HERERA, J.; VILLANUEVA, A. (2002) *Diseño de mobiliario en una universidad: una aplicación de ergonomía*. IEE Solutions.
- PUNNETT L., *Shoulder disorders and postural stress in automobile assembly work*, en *Scandinavian Journal of work, Environment and Health* 26 (2000) 283-291.
- QUINTANA, L. (2004, Agosto) *Ergonomía, definiciones y contexto*. Artículo presentado en la pasantía internacional en el Centro de Estudios de Ergonomía de la pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
- SIEGEL S., (1988) *Estadística no paramétrica*. Segunda edición. Ediciones Mc.Graw-Hill.

YACUZZI, E. -MARTIN F. QFD: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos. Enrique Yacuzzi (Universidad del Cema), Fernando Martín (Aventis Pharma).

Organización Internacional de Trabajo: [http://training.itcilo.it/actrav\\_cdrom2/es/osh/ergo/ermain.htm](http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ergo/ermain.htm)

Universidad de Zaragoza. Unidad de Protección y prevención de riesgos. <http://wzar.unizar.es/uz/uppr/ServPrev/Ergonomia/sillas.html>

[www.fundacionchile.cl/inicio/viewfull.cfm?ObjectID=36](http://www.fundacionchile.cl/inicio/viewfull.cfm?ObjectID=36)

Enlaces de información sobre posturas:

<http://www.sdmf.k12.wi.us/bf/handwriting/poor.htm>:

Alcances de la Terapia Ocupacional con respecto a buenas posturas y sus efectos en la escritura.

<http://www.chiro.org/LINKS/backpacks.shtml>

El Quiropráctico Frank Painter, provee información sobre morrales y dolores de espalda.

[http://www.education-world.com/a\\_tech/tech076.shtml](http://www.education-world.com/a_tech/tech076.shtml)

Sitio web para profesores para ayudar en el diseño ergonómicamente seguro de puestos de trabajo con computadoras

<http://www.angelfire.com/fm/alextech/index.htm>

Citas de John Dewey. Múltiples enlaces de sitios web sobre posturas, incluyendo la técnica Alexander.

<http://www.apta.org/Consumer/ptandyourbody/posture>

Sitio web de APTA (American Physical Therapy Association). Información sobre posturas.

# ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICO- ECONÓMICA PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA DE CARTÓN MICROCORRUGADO Y LITOLAMINADO

■ Gustavo Larrazábal  
guslarra@yahoo.com

Tutor: Hugo Gonella  
hgonella@corrugadosmaracay.com.ve

## RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es estudiar la factibilidad de la instalación o creación de una empresa manufacturera de cartón microcorrugado (en bobinas y/o láminas) y de cajas litolaminadas; productos dirigidos a diversas empresas, principalmente para el área de empaques.

En la primera fase, el estudio de mercado, se realizó una investigación cualitativa y cuantitativa del entorno del mercado objetivo, logrando con esto un diagnóstico del mismo. Se encontró cierta necesidad en el mercado, por lo que se procedió a sustentar las bases mercadotécnicas necesarias para la ejecución de las etapas posteriores del proyecto. La competencia del sector resultó ser poca, por lo que la competitividad es alta y es necesario aplicar fuertes estrategias de mercado para penetrar en esta área de la producción.

El estudio técnico es la siguiente etapa. Con éste se buscó materializar los resultados del estudio de mercado. Se determinaron los requerimientos y procesos para la manufactura de ambos productos. Se analizó y verificó la capacidad de la línea de producción actual y se comprobó la factibilidad técnica del proyecto.

En la última etapa del proyecto, se realizó el estudio económico-financiero, con el cual se buscó reflejar en términos financieros, toda la información recopilada en los estudios anteriores, con el fin de

determinar los flujos monetarios necesarios para construir el modelo de rentabilidad del proyecto. Se analizó durante este estudio, los costos involucrados en las actividades de la empresa, la inversión necesaria para la operación de ésta, así como el préstamo financiero necesario para soportar dicha inversión. Se calcularon ciertos indicadores económicos-financieros que determinaron la rentabilidad y factibilidad del proyecto.

## 1. INTRODUCCIÓN

El mercado actual está repleto de diversos tipos de empaque de distintos materiales; las nuevas tendencias hacia mejores gráficos y formas o modelos más llamativos son un factor muy importante tanto para los consumidores como para la empresa.

Según la W.O.P. (World Packaging Organization), los empaques de cartón ocupan aproximadamente el 36% del mercado global de embalajes.

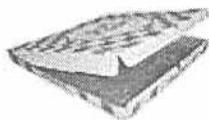


Fig. 1. Caja corrugada

En la fabricación de cajas corrugadas siempre se ha tenido como enfoque central el proporcionar protección al contenido de la caja. Mientras más grandes los corrugados, mayor acolchonamiento.

La mayoría de las fábricas que producen cajas de cartón corrugado, trabajan con ondas u ondulados de tipo A, B y C. Esta última es quizás la más común de todos los ondulados (ver Fig. 1).

Sin embargo, un problema desde los inicios de estas cajas fueron las impresiones debido a la naturaleza del proceso industrial de las cajas de cartón corrugado y a la tecnología disponible en la impresión. Por otro lado las características físicas de estas cajas impedía gráficos de alta calidad, por tener ondas de mayor tamaño la superficie de impresión no era lo suficientemente plana como para facilitar la realización de un impreso atractivo. La causa de esto era que el papel tendía a encogerse entre los extremos de las flautas, lo cual causaba la formación de arqueos o de apariencia de cartón mojado. Las impresiones de este tipo de cajas se realizaban con un máximo de 3 a 4 colores, por medio de un proceso llamado Flexográfico. No obstante, esto no

era suficiente para el consumidor y cada vez exigían más colores y mejores gráficos. Además, debido a la evolución del mercado, empezaron a ser necesarios empaques "listos para el uso del consumidor".

El mercado existente para este tipo de empaques lo dominaba un tipo de cajas conocidas "cajas de cartón plegable". Estos empaques, muy conocidos, no tienen los problemas relacionados con los corrugados, dado que se construyen con cartón-madera de alto calibre, recubierto con el fin de crear una atractiva superficie de gran brillo, para una fácil impresión. Sin embargo, tienen un gran problema, al no poseer acanalados la resistencia era muy baja lo cual no agradaba mucho tanto a los consumidores finales como a las empresas.

Aparecen entonces los *microcorrugados*. En concepto, el microcorrugado de la caja de cartón tendría el mismo atractivo para el consumidor de las cajas de cartón plegadizo, sumándoles a éstas el valor de la protección proporcionada por el cartón corrugado normal. Las cajas microcorrugadas, al poseer una mayor cantidad de ondas por metro lineal brindan una mayor superficie para la colocación de una lámina previamente impresa. El producto de unir una lámina de microcorrugado con una lámina impresa se denomina *litolaminado* y es por esto que estas cajas son muy conocidas como *cajas litolaminadas* (ver Fig. 2), aunque también se conocen como cajas microcorrugadas.



Fig. 2 Cajas litolaminadas

Según organizaciones como la ACCCSA (Asociación de Corrugadotes de Cartón del Caribe, Centro y Sur América) y la ICCA (Internacional Corrugated Case Association) el microcorrugado se está apenas dando a conocer en Sur América, y son escasas las plantas encargadas de la fabricación de éste.

En nuestro país, existen pocas plantas productoras de microcorrugados y litolaminados y la situación que vive el país ha afectado a algunas de éstas.

### 1.1. Planteamiento del Problema

La baja competencia en este mercado y la situación que viven algunas empresa de este sector, ha motivado a la empresa Servicios de Corrugados Maracay C.A. (SCM) a estudiar la posibilidad de entrar más a fondo en esta área.

Esta empresa ha estado dedicada por más de 5 años a la producción de cajas de cartón corrugado con una capacidad anual de aproximadamente tres millones de metros cuadrados lo que representa más de 3 millones de cajas anuales.

Hace menos de un año la misma decidió instalar una línea de producción para la fabricación de cajas litolaminadas y cartón microcorrugado, han atendido y despachado ciertos pedidos de estos productos. Sin embargo, para la fecha, se encuentran en su etapa inicial, resolviendo problemas de las maquinarias, adiestrando el personal y preparándose para entrar a este nuevo mercado, por lo que los pedidos atendidos han sido pequeños sirviendo de experiencia para la adaptación. A pesar del poco tiempo que llevan en el mercado y por las cotizaciones realizadas, la directiva de SCM decidió poner en marcha un plan para evaluar la factibilidad de la creación de una empresa dirigida este sector, y así atraer nuevos clientes e incrementar las ganancias.

**2. Palabras Claves:** *cartón microcorrugado, rentabilidad, proyectos, inversión, factibilidad.*

## 3. DESCRIPCIÓN DE PROYECTO

### 3.1. Objetivos

#### 3.1.1. Objetivo General

Determinar si es factible o no la creación de una empresa de cartón microcorrugado y litolaminado.

#### 3.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar un perfil del negocio que permita determinar las características internas de éste.
- Realizar un estudio de entorno del mercado que permita determinar la necesidad de nuevos productores y el tamaño a cubrir mediante la evaluación de los siguientes objetivos:
  - Definición del producto
  - Análisis de la oferta
  - Análisis de la demanda
  - Análisis de oportunidades y amenazas
- Estudiar la factibilidad técnica de la empresa a través de los siguientes objetivos:

- Evaluación de la actual línea de producción
- Definición del proceso productivo
- Diseño o características del producto
- Definición de los requerimientos y necesidades de materia prima, servicios industriales, equipos o maquinarias y personal de montaje
- Diseño del layout de la planta
- Plan de mudanza de la actual línea de producción
- Desarrollar un estudio económico-financiero que permita determinar la rentabilidad y factibilidad definitiva del proyecto, mediante:
  - Determinación de costos de producción
  - Costos de mudanza e instalación
  - Estimación de la inversión
  - Evaluación financiera o económica
  - Flujo de caja
  - Tasa interna de retorno
  - Valor presente neto
  - Tiempo de pago del proyecto
  - Análisis de punto de equilibrio
  - Análisis de sensibilidad a través de diversos escenarios

#### 3.1.3. Alcance

Este proyecto tiene como alcance el estudio y análisis de la factibilidad de la creación de una empresa productora de cartón microcorrugado y cajas litolaminadas mediante la aplicación de las herramientas y conocimientos adquiridos durante la carrera. Además de ahondar un poco en el mercado de microcorrugados y litolaminados, área de la producción que no es muy investigada.

#### 3.1.4. Limitaciones

Existen algunas limitaciones para la realización de este proyecto, la mayoría dirigidas al área del estudio de mercado. Se plantearon otras, para facilitar el estudio:

- Las investigaciones y reportes estadísticos del área de microcorrugados en general en nuestro país es prácticamente nula, y las pocas organizaciones encargadas de llevar registros sobre el mercado de papeles y cartones no contienen información específica de este rubro.

- Las pocas empresas existentes productoras de microcorrugado y empaques litolaminados no aportan información a investigadores tan fácilmente, esto debido al hecho de que existen pocos competidores. La información que estos proporcionan es de una manera muy informal y estimada.
- Las zonas de estudio consideradas fueron industrias del Área Metropolitana y algunas empresas de zonas industriales de Edo. Aragua, principalmente la Zona Industrial de San Vicente y Corinsa de dicho departamento. No se enfocó el estudio a otras regiones del país debido al límite de tiempo.

#### 4. MARCO REFERENCIAL

**Single Face:** o cartón sencillo es una estructura flexible formada simplemente por el ondulado pegado a una cara plana (ver Fig. 3). Es la principal forma de presentación del cartón microcorrugado. Puede encontrarse en forma de bobinas de Single Face o láminas.

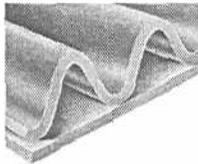


Fig. 3 Single Face

**Ondulado:** es la parte media del cartón corrugado común o la parte superior del Single Face, y está compuesta de un tipo de papel más liviano que el de las otras caras.

**Cartón Corrugado:** El cartón corrugado es una estructura de celulosa formada por tres elementos, dos caras de cartón plano o liner, separadas entre sí por un núcleo de papel corrugado en forma de onda denominado cartón medio; éste va adherido a las capas con pegamento de almidón a lo largo de las crestas de la onda (ver Fig. 4).

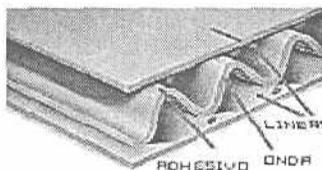


Fig 4. Partes del Corrugado

**Litolaminado:** Es una técnica utilizada para colocar una lámina impresa en hojas o rollos sobre el corrugado (ver Fig. 5), generalmente de una cara (single face). Al producto final se le denomina litolaminado.



Fig. 5. Proceso de Litolaminado

**Impresión Offset:** La impresión Offset es un método de reproducción de documentos e imágenes sobre papel, o materiales similares, que consiste en aplicar una tinta, sobre una plancha metálica compuesta generalmente de una aleación de aluminio; la plancha toma la tinta en las zonas donde hay un compuesto repelente al agua, el resto de la plancha se moja con agua para que repela la tinta; la imagen o el texto se transfiere por presión a una mantilla de caucho, para pasarla, finalmente, al papel por presión. Ver Fig. 6

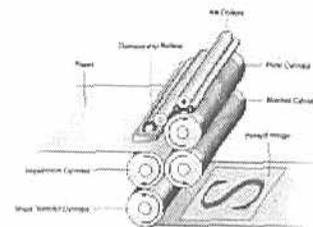


Fig. 6. Offset

**Máquina Microcorrugadora:** producirá las láminas de cartón microcorrugado, a partir de una bobina tipo liner y una tipo medio; esta última pasará por los rodillos corrugadores que le darán el tamaño de onda deseado y luego se pegará a la cara plana.

**Máquina Impresora:** se encarga de crear la lámina impresa, con altos estándares de calidad, que posteriormente será adherida al cartón microcorrugado Single Face.

**Máquina Laminadora:** producirá las láminas de litolaminado a partir de láminas de microcorrugado y láminas de litografía; éstas se pegarán como se mostró en la Fig. 5. Estas láminas deberán durar un determinado tiempo en secado.

**Troqueladora:** se encargará de darle las características delimitantes y específicas a la lámina litolaminada para así producir cajas.

**Engomadora:** se encarga de doblar y engomar las cajas de litolaminado o microcorrugado provenientes de las troqueladoras, para darle la forma final y poder enviar al almacén y/o despacho.

*Cabe destacar que la secuencia del proceso productivo es la misma con la cual se describieron cada una de las máquinas.*

## 5. MARCO METODOLÓGICO

La metodología empleada para la realización del trabajo estuvo basada en la propuesta por el Ing. José Luís Pereira en su libro *Formulación y Evaluación de proyectos de Inversión*, el cual considera inicialmente un estudio de "Gran Visión" que contempla: misión, visión, objetivos y políticas de la empresa. Posteriormente, propone la realización de un "Estudio de Mercado" que contemple y especifique toda la parte mercadotécnica del proyecto así como un análisis del entorno del mercado al cual se pretende entrar. Seguido, la realización de un "Estudio Técnico", con el cual se materializarán los resultados del estudio anterior y definir las características tecnológicas del proyecto así como los procesos productivos involucrados. Por último propone la realización de un "Estudio Económico-Financiero" para transformar el proyecto en términos monetarios, para así determinar el flujo de efectivo necesario para determinar la rentabilidad del proyecto.

### 5.1. Metodología empleada en el Estudio de Mercado

El esquema de la investigación para el estudio de mercado consistió en dos métodos: el cualitativo y el cuantitativo.

El método cualitativo reúne características no numéricas, está basado en las actitudes y deseos del cliente, en el análisis de las características de las competencias, en las fortalezas y debilidades del mercado las cuales llevan a crear oportunidades y amenazas respectivamente, en fin todos aquellos datos que de una manera u otra indiquen ciertas tendencias, opiniones, ventajas y desventajas acerca del entorno del mercado a entrar de manera descriptiva.

El método cuantitativo reúne datos numéricos y se basa en estudios que realice el experimentador o en resultados de otras investigaciones. Estos datos pueden ser valores de demanda del mercado, estudios realizados por organizaciones afines a los productos, encuestas, entre otras.

En una investigación de mercados la información requerida es diversa, es por esto que es clasificada de dos maneras principalmente, estas son: información primaria y secundaria. Los datos primarios consisten en investigaciones de campo por medio de encuestas y entrevistas no estructuradas con personal especializado en el tema. En cambio los datos secundarios están compuestos por toda la información ya documentada sobre el tema, en estadísticas gubernamentales o empresariales, bibliografías, artículos, etc.

Para la recolección de información se usó la técnica de encuestas estructuradas, realizándose una serie de preguntas con distintos objetivos que permiten identificar características del mercado. Se realizaron preguntas estructuradas cerradas, de dos opciones (sí o no), y de múltiples opciones dependiendo de lo que se quiere evaluar con cada una de ellas, ya sean opiniones, intervalos, etc.

Los datos secundarios fueron recolectados de diversos medios como son: INE (Instituto Nacional de Estadística), APROPACA (Asociación de productores de papel, pulpa y cartón), Datos I.R., IESA, ACCCSA (Asociación de Corrugados del Caribe, Centro y Sur América), ICCA, Boletines y publicaciones de [www.conversion.com](http://www.conversion.com) y otras páginas Web

La encuesta diseñada combina preguntas de tipo opinático y cuantitativas, y con ésta se buscó lo siguiente:

- Identificar el nivel de satisfacción de compañías que utilizan estos productos.
- Detectar la posibilidad de penetrar en áreas donde no se usan estos productos.
- Evaluar los servicios existentes.
- Medir el grado de interés de los sectores meta sobre las características del producto que se quiere ofrecer.
- Obtener un aproximado mensual de la cantidad de productos consumidos.
- Identificar el conocimiento acerca de estos productos.

- Conocer el grado de participación de los competidores en el mercado.

Inicialmente para seleccionar las empresas a las que se les realizarían las encuestas se usó un *muestreo no probabilístico de estrato o cuota*, el cual consiste en seleccionar antes de la encuesta un estrato determinado o un grupo de empresas según la conveniencia, facilidad y objetivos del encuestador.

Una vez realizada esta selección se procedió a realizar una muestra piloto, encuestándose a 20 empresas (número tomado al azar); de las escogidas, 15 son consumidoras de cajas de litolaminado y 5 de cartón microcorrugado en bobinas o láminas. Hay que resaltar que se toman más empresas consumidoras de litolaminado ya que este producto tiene más venta y es más competitivo que el cartón microcorrugado y por lo tanto tener más datos sobre éste da mayor confiabilidad al estudio.

Luego de realizada la muestra piloto, se procede a tabular las respuestas y luego a agrupar los resultados relacionados al consumo mensual de estos productos en una tabla de "*frecuencias agrupadas*", para así calcular la Media y la Desviación estándar de dicho consumo.

Con estos datos estadísticos y considerando un 15% de error para las cajas de cartón litolaminado y un 10% para el cartón microcorrugado (valores asignados aleatoriamente considerando el número de empresas encuestadas respecto a un universo no conocido) y un 85% y 90% de confianza, respectivamente, buscando mayor seguridad y validez en los resultados; posteriormente, se procede a calcular el tamaño de muestra empleando la siguiente fórmula:

Donde;

$$n = \frac{\delta^2 Z^2}{E^2}$$

n: tamaño de la muestra.  
 δ: desviación estándar.  
 Z: valor obtenido por la curva normal con un nivel de confianza "X".  
 E: Error máximo permitido.

Esto se realizó tanto para el litolaminado como para el microcorrugado, obteniéndose que se deben realizar, en total, 31 encuestas (incluyendo las realizadas en la muestra piloto) de las cuales 23 son para empresas usuarias de cajas litolaminadas y 8 para empresas consumidoras de cartón microcorrugado ya sea en bobinas o láminas. Esto indicó que deben realizarse 8 encuestas adicionales para litolaminado y 3 adicionales para microcorrugado.

## 5.2. Metodología empleada en el Estudio Técnico

Para el caso del análisis técnico se aplicaron herramientas más cuantitativas. Se estudiaron y analizaron los reportes de producción que mantenía la empresa de las maquinarias en cuestión para así determinar la capacidad de producción de la línea así como la máquina que limita la manufactura.

Posteriormente se utilizó el método de la Matriz de Puntos para así determinar la localización Micro y Macro de la empresa. Luego de establecida la ubicación de la empresa se usó el Método SLP (Systematic Layout Planning), usando la herramienta de la matriz diagonal o diagrama de correlación. Esta técnica, poco cuantitativa, se basa en proponer distribuciones en base a la conveniencia de cercanía entre las distintas áreas de la empresa.

## 5.3. Metodología empleada en el Estudio Económico-Financiero

Para evaluar la factibilidad del proyecto se usaron los modelos de rentabilidad conocidos, estos son, el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno. Por otro lado se calculó el Periodo de Pago que genera el proyecto, el Punto de Equilibrio (punto donde los ingresos son relativamente iguales a los egresos) y otros indicadores para garantizar la rentabilidad y factibilidad del proyecto

Para el cálculo del Valor Presente Neto, se trabajó con una Tasa de Retorno Atractiva Mínima (TRAM) compuesta por una Tasa Libre de Riesgo (TLR) y una Prima por Riesgo. La TLR, fue tomada en base a las tasas a plazo fijo de los seis bancos más importantes del país la cual es de 15,16 % y la Prima por Riesgo fue establecida los inversionistas con un 5 %. Así, la TRAM es de 20,16 %.

## 6. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 6.1. El Estudio de Mercado

El mercado de empaques microcorrugados es relativamente nuevo en los Estados Unidos, estas cajas representan el sector de empaques más reciente y de mayor crecimiento en dicho país.

El microcorrugado suele presentarse de dos formas básicas, como cajas litolaminadas (luego de añadirle una lámina impresa y pasar por una serie de procesos) y en forma de bobinas de microcorrugado Single Face (ver Fig. 7), estas pueden laminarse también.

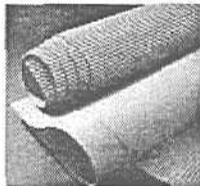


Fig. 7. Microcorrugado Single face

El mercado objetivo del cartón microcorrugado Single Face, bien sea en láminas o bobinas, es muy básico y usado principalmente para fines artesanales y manuales. Las librerías o papelerías son los principales consumidores. Es usado para crear manualidades como cajas para regalos de diversos tamaños, para floristería, decoración, para artes gráficas, es usado como separador en cajas más grandes (Fig. 8). Es muy solicitado por distribuidoras de estos tipos de materiales.

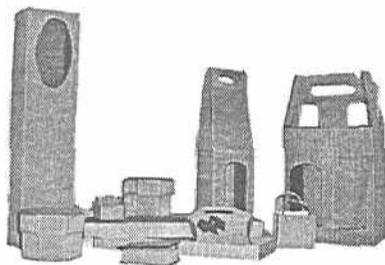


Fig. 8. Usos del Microcorrugado Single Face

El mercado de las cajas litolaminadas es más variado y puede considerarse netamente para fines industriales. Las empresas usan estos empaques para garantizar seguridad al producto que contiene, brindar una buena presencia al producto además de publicidad y propaganda del mismo. Entre los prin-

cipales consumidores se encuentran los siguientes sectores del comercio:



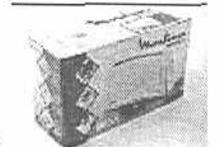
LICORES



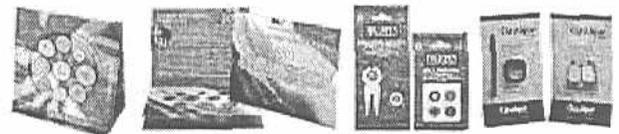
SOFTWARE Y HARDWARE



ALIMENTOS



ELECTRODOMÉSTICOS



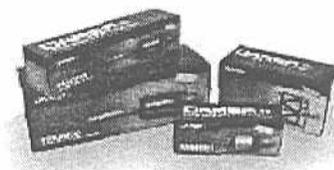
CUIDAD PERSONAL



CALZADO



JUGUETES



PARTES AUTOMÓTRICES

Mediante el análisis de los resultados de las herramientas aplicadas en este estudio, se pudieron estipular las bases para el diseño del negocio planteado. Se pudo determinar que el mercado de este negocio es muy amplio y altamente competitivo, pudiéndose decir que existe una figura de Oligopolio, por la presencia de pocos fabricantes de los productos estudiados. Sin embargo, se pudo identificar una oportunidad de negocio, debido a que existe un mediano grado de insatisfacción por parte de los clientes hacia sus proveedores. Se encontró, que a pesar de que aproximadamente el 50% de los entrevistados están de acuerdo con la calidad que le brinda sus proveedores actuales, la otra proporción de los entrevistados poseen cierta desconfianza hacia los mismos teniéndose alrededor de un 40% de encuestados que dicen que la calidad podría ser mejor y un 10% aproximadamente que desean cambiar de proveedor. Por otro lado el grado de aceptación de una nueva empresa está alrededor del 65%.

Para el primer año de producción se espera una aceptación del 10% del mercado nacional y un crecimiento de un 5% anual lo cual es la tasa de crecimiento observada en esta área por diversas organizaciones y por algunas empresas del sector.

Para lograr un buen posicionamiento en el mercado, se deben adoptar excelentes estrategias de mercado, garantizar una alta calidad en los productos y servicios, mantener un buen funcionamiento operativo y precios competitivos. Un factor de diferenciación en los mercados de empaques, es la calidad y presentación del producto, por lo que se recomienda, además de tener un excelente equipo de calidad encargado de velar por el mejoramiento continuo de los empaques, proponer ideas innovadoras de envases o mejoras al embalaje actual de los clientes manteniendo precios adecuados. De esto dependerá el éxito del negocio.

## 6.2. El Estudio Técnico

Una ventaja de este proyecto fue que la empresa poseía la tecnología necesaria para la producción, aunque no completamente integrada. Sin embargo, se debía evaluar si ésta cumplía con los requerimientos de demanda estipulados para el 5<sup>o</sup> año de producción (esto es 2.917.200 cajas de litolaminado y 2.376.000 m<sup>2</sup> de microcorrugado).

Con el análisis de los reportes de producción recabados se determinó la velocidad de produc-

ción de las máquinas y así cual de éstas limita el proceso. Esta maquinaria define la capacidad de producción.

Se encontró que la línea de producción cumple con los requisitos de demanda con un 50 % de utilización del sistema y un porcentaje de exceso de capacidad relativamente alto, lo que indica cierta flexibilidad a cambios positivos inesperados en la demanda.

El sistema productivo consta de etapas que se muestran a continuación en el diagrama de flujo de proceso. Se representan los diagramas de ambos procesos, del litolaminado y del microcorrugado. Ver Figura 9.

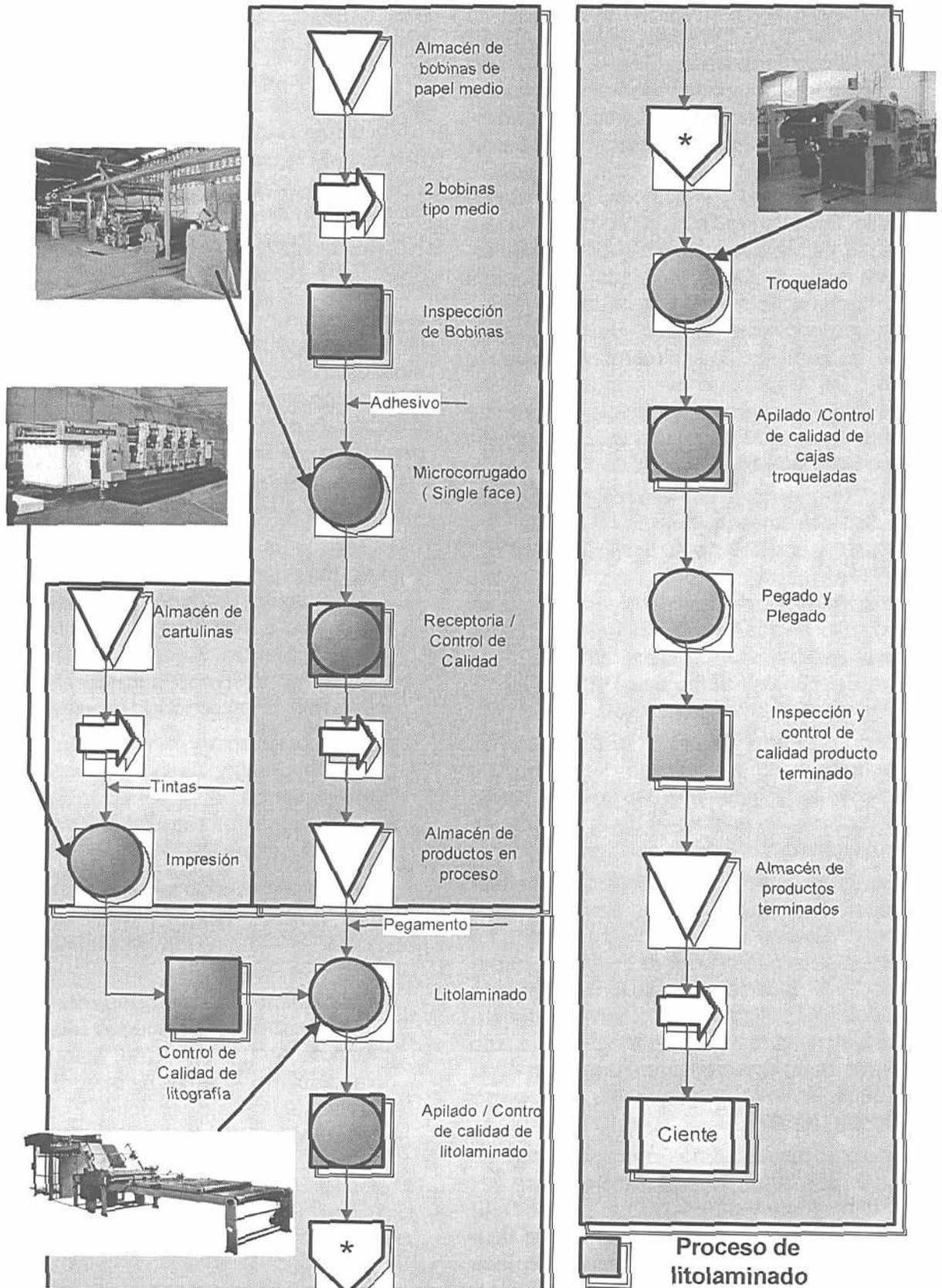


Figura 9. Diagrama de flujo de proceso

### 6.3. El Estudio Económico-Financiero

Como se había mencionado, una ventaja del proyecto era que se contaba con la maquinaria requerida para la producción y no fue necesaria la inversión en maquinaria, esto redujo considerablemente el monto de la inversión inicial. Este primer desembolso incluye la construcción del galpón, adquisición de equipos y el costo de mudanza de maquinarias. Por otro lado está el capital de trabajo el cual se refiere a los montos de capital indispensables para que el proyecto inicie sus operaciones y lo siga haciendo sin problemas hasta que se produzcan los primeros ingresos. Se considera el capital de trabajo para los primeros 4 meses de producción. Se obtuvo una inversión inicial de Bs. 1.674.774.603. A manera de referencia el monto de la inversión en caso de no poseerse la maquinaria asciende a Bs. 2.559.869.603.

El VPN obtenido indicó una alta rentabilidad y así la factibilidad del proyecto con un monto de **Bs. 1.874.963.219** y una TIR de **52,5 %**. Como se observa el VPN es mayor a cero (0) y la TIR mayor a la TRAM establecida. La rentabilidad y factibilidad del proyecto disminuye considerablemente si se incluye la maquinaria en la inversión inicial, obteniéndose un VPN de Bs. 784.841.385 y una TIR de 39,9 %; sin embargo continúa siendo rentable.

El Periodo de Pago del proyecto es de 2 años y 3 meses aproximadamente y se determinó que las ventas estimadas están un 73% por encima del Punto de Equilibrio de ventas, es decir, el punto en donde no se generan ni ingresos ni egresos.

Para garantizar la rentabilidad del estudio se realizó un análisis de sensibilidad planteando diversos escenarios: uno pesimista, probable y optimista. En el primer caso se redujo el valor de las ventas esperadas en un 20 %. El caso probable fue el planteado para el estudio y el optimista contó con un aumento de un 20% de las ventas. El resultado del escenario pesimista demostró que a pesar de que ocurra una disminución de un 20% en las ventas el proyecto seguirá siendo rentable.

Para finalizar, los resultados de los indicadores analizados en el estudio económico-financiero, revelan la factibilidad y rentabilidad del proyecto. El Valor Presente Neto calculado fue positivo y la Tasa de Retorno de la Inversión resultó mayor que la Tasa de Retorno Atractiva Mínima propuesta.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En líneas generales, la inversión requerida garantizará beneficios a los inversionistas y justificará la integración de todo el proceso productivo en una única planta industrial. Se encontró un mercado con una figura Oligopólica por existir pocos productores. Debido a esto la competencia tiende a ser más fuerte y para una empresa que inicie sus actividades en este sector las estrategias de penetración deben ser fuertes y muy bien planificadas. La actual línea de producción cubre las necesidades establecidas en el proyecto incluso se encontró que la capacidad instalada excede ampliamente a la requerida. La evaluación económica y financiera determinaron monetariamente la rentabilidad y factibilidad de la creación de esta empresa así como la pronta recuperación de la inversión.

Se plantean algunos puntos como recomendaciones para el proyecto en general:

- Realizar un estudio del mercado a nivel nacional para garantizar un mayor conocimiento de la demanda alrededor del territorio. Estudiar de manera más profunda el comportamiento de los clientes y analizar las tendencias de consumo de éstos durante el año para así determinar los períodos de mayor demanda.
- Crear conciencia, junto con el resto de los competidores y las asociaciones encargadas del sector pulpa, papel y cartón, de controlar y llevar registros estadísticos de este rubro de la producción.
- Evaluar detalladamente el plan de mudanza y planificar éste con sumo cuidado. Se debe evitar perder los clientes ganados y parar las entregas o pedidos.
- De instalarse la planta, se recomienda llevar registros de las actividades relacionadas a la manufactura: producción, mantenimiento, inventario, etc. Además de mantener programas de mantenimiento correctivo y preventivo a las maquinarias desde un principio.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- BACA, G., *Evaluación de Proyectos*, McGraw-Hill, México, 1990.
- ICCA Global Corrugated Forecast and Analysis 2004-2008.
- PALACIOS, L., *Principios esenciales para realizar proyectos*, Publicaciones UCAB, Primera edición, Caracas, 1998.
- PEREIRA, J., *Formulación y Evaluación de Proyectos de inversión*, Publicaciones UCAB, Primera edición, Caracas, 1996.
- SNYDER, P., "El gigantesco potencial del Micro-corrugado", *Revista Conversión*, 1999.