



# TecnoINTELECTO

Órgano de Divulgación Científica



---

## Una Publicación del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

Volumen 4

No. 2

Octubre 2007

ISSN 1665-983X

---

### CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

- Estudio preliminar de la ornitofauna en el Instituto Tecnológico de Cd. Victoria Tamaulipas, México. ....  
..... *Rodríguez Ruiz E. R.* 63
- 

### INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

- La identificación vehicular por radiofrecuencia (RFID) en México, una realidad. .... *Herrera Rivas H.* 68
- Aspectos a considerar para el uso efectivo de un sistema de videoconferencias. ....  
..... *González Sánchez D. I.* 73
- Control estadístico para el proceso de software. .... *García Rodríguez E., Balderas Puga D. Á.* 79
- Análisis de materiales obsoletos en un sistema de manufactura. .... *Samaniego Pérez B. A.* 84
- Estimación de la biomasa aérea en la regeneración natural de *Pinus cooperi* C. E. Blanco y *Pinus leiophylla* en la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. ....  
..... *Vargas Larreta B., Plata Hernández J. A., Nájera Luna A., Graciano Luna J. de J.* 88
- Bifurcation analysis of voltage-fed field oriented controlled induction motors. .... *Salas Cabrera R., Cañizares C. A., Salas Cabrera E.N., Hernández Palmer G., Rodríguez Martínez J. R., Castán Rocha E.* 94
- System identification and temperature control of a tube furnace. ....  
..... *Joers-Delgado C. A., Gonzalez-Rodriguez A., Medellin-Marsuez R. and Ruben Salas-Cabrera* 103
- Sistema láser para la detección y clasificación de vehículos mediante método estadístico y redes neuronales. ....  
..... *Gómez Aguilera L. E., Mocholí Salcedo A., Trujillo Hernández A.D., Morales Chanona R. G.* 109
- Inteligencia artificial: Emulación de mecanismos. .... *Trujillo Hernández Á. D., Gómez Aguilera L. E.* 116
- 

### EDUCATIVA Y DE PLANEACIÓN

- Valores y cultura de calidad, un modelo didáctico para su promoción. .... *Landeros Arenas B.* 121
-

**Ing. Héctor Arreola Soria**  
Director General de Educación Superior Tecnológica

**Ing. Francisco Ruvalcaba González**  
Director

**Ing. Juan Ramón Chuey Rubio**  
Subdirector de Servicios Administrativos

**Ing. Gaspar Nolasco Antonio**  
Subdirector Académico

#### COMITÉ EDITORIAL

**Dr. Guadalupe Acosta Villarreal**  
Editor Principal  
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

#### INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dr. Marco Antonio Arjona, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna.

Dr. Alberto Álvarez Castillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Zacatepec.

Dr. Alejandro Enrique Dzul López, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna.

Dr. Jesús de León Morales, Doctorado de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, UANL.

Dr. Miguel Ángel Llama Leal, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna.

M. C. Ricardo Daniel López García, Departamento de Metal-Mecánica, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

#### CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Dra. Ludivina Barrientos Lozano, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

Dr. Alfonso Correa Sandoval, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

M. C. Jesús García Jiménez, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

M. C. Juan Flores Gracia, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

Dr. Gonzalo Guevara Guerrero, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

Dr. Jorge Víctor Horta Vega, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

#### EDUCATIVA Y DE PLANEACIÓN

M. C. Arturo Higinio Soto Márquez, Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

M. C. Olga Leticia Martínez Argáiz, Departamento de Metal-Mecánica, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

M. C. Oscar Saúl Escamilla Gallegos, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

**TecnoINTELECTO** (ISSN 1665-983X y reserva: 04-2004-072626452400-102) es un órgano de divulgación científica de forma semestral del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria sita en Boulevard Emilio Portes Gil 1301, C. P. 87010, Cd. Victoria, Tamaulipas, México; Tels. (834) 3130662 al 64; Fax: (834) 3133646. La responsabilidad del contenido y la sintaxis de los artículos presentados son responsabilidad del(os) autor(es). Editor Principal: Dr. Guadalupe Acosta Villarreal. Aoyo secretarial: Sra. Ofelia Crespo Ortiz. Envío de documentos, consultas, y sugerencias al correo electrónico: [tecnointelecto@itvictoria.edu.mx](mailto:tecnointelecto@itvictoria.edu.mx). Todos los derechos son reservados y propiedad del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica.

TecnoINTELECTO, Vol. 4, No. 2, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.



Consúltanos en el Índice Latinoamericano [www.latindex.org](http://www.latindex.org) y en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias PERIÓDICA [www.dgb.unam.mx/periodica.html](http://www.dgb.unam.mx/periodica.html)



# ESTUDIO PRELIMINAR DE LA ORNITIFAUNA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. VICTORIA TAMAULIPAS, MÉXICO

E. R. Rodríguez Ruiz

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. Blvd. Emilio Portes Gil N° 1301

Cd. Victoria Tamaulipas México. C.P. 87010

[erick\\_burro@hotmail.com](mailto:erick_burro@hotmail.com)

**Resumen.** Se reportan 44 especies de aves de 11 Órdenes, 25 Familias y 41 Géneros, lo cual corresponde al 8.49% de los registros para Tamaulipas. 29 especies son residentes reproductoras, 13 migratorias de invierno, una migratoria de verano y una transeúnte. Dos especies se encuentran bajo un estatus de conservación según NOM-ECOL SEMARNAT-059-2001. Estos son el perico mexicano (*Aratinga holochlora*) amenazado y el lechuzón negruzco (*Asio stygius*) en protección especial, el cual no se había observado en el Municipio de Victoria, Tamaulipas.

**Palabras clave:** Ornitofauna, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, urbanización.

**Abstract.** 44 species of birds of 11 orders, 25 families and 41 genera, are reported, which corresponds to the 8.49% of the species registered for Tamaulipas. 29 species are reproductive residents, 13 migratory of winter, a migratory one of summer and one transitory. Two species are found under a status of conservation according to NOM-ECOL SEMARNAT-059-2001. These are the mexican parrot (*Aratinga holochlora*) threatened and the stygian owl (*Asio stygius*) in special protection, which had not been observed in the municipality of Victory, Tamaulipas.

**Key words:** Ornithofauna, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, housing estate.

## 1. INTRODUCCIÓN

Tamaulipas es reconocido como un estado con una gran riqueza florística y faunística debido a su ubicación entre dos regiones, la neártica y neotropical, ocasionando las distribuciones más norteñas y sureñas de algunas especies a lo largo de todo el continente Americano (Lavin *et al.*, 2005; García-Jiménez, 2005). Sin embargo, alteraciones al planeta como la contaminación han ocasionado grandes deterioros y como ejemplo tenemos al calentamiento global que condiciona a muchas especies a restringir su distribución o expandirla. Es importante por lo tanto realizar estudios continuos de la diversidad silvestre y urbana para dar un seguimiento de los efectos sobre el medio ambiente. Poco se ha estudiado acerca de las aves urbanizadas y sus interacciones con la actividad humana sirviendo de controladores biológicos de plagas, bioindicadores de contaminación y cambios de clima, a la eliminación de materia en descomposición (necrófagos), y otros simplemente como un atractivo visual o auditivo, por sus formas, colores y otras con su canto.

Otras causan alteraciones a la urbe ya que encuentran condiciones óptimas para su reproducción en la ciudad y aumenta de forma descontrolada su población causando un deterioro en el paisaje urbano (excretas en monumentos, plazas, edificios, casas, etc.), como es el caso del pichón común (*Columba livia*). Otras causando contaminación sonora y transmitiendo enfermedades como el zanate mexicano (*Quiscalus mexicanus*).

Se sabe que muchas de estas especies están acostumbradas a nuestra presencia pero la mayoría son muy sensibles y requieren de nuestro esfuerzo por evitar afectar aun más las condiciones que les han permitido sobrevivir en la urbanización. Su permanencia depende en gran parte de la salud de su hábitat, por lo que es necesario que los jardines y árboles estén sanos y bien conformados (Barragán-Severo *et al.*, 2006)

En el presente trabajo se dan a conocer las especies de aves silvestres observadas en el área que ocupa el Instituto Tecnológico de Cd. Victoria (ITCV). Se clasifican según su conducta migratoria y se pone énfasis en su protección oficial.

## 2. OBJETIVOS

- Determinar la ornitofauna en el Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.
- Conocer la temporalidad y el estatus de conservación de las especies observadas en el ITCV

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1 Ubicación

El estudio se realizó en el ITCV ubicado en la parte oriental de la Ciudad Capital del Estado de Tamaulipas en las coordenadas siguientes: 23° 45' 13" N 99° 10' 7" W, a una altitud de 290 msnm.

En su interior la vegetación de la que se encuentra constituida ha sido cultivada y cuidada por el hombre con fines estéticos para el lugar formando

jardineras, contando con una gran parte de áreas verdes (31,843m<sup>2</sup>). Cabe señalar que hacia la parte norte quedan rastros de un matorral subinnerme (Miranda & Hernández, 1963; Gómez-Pompa, 1971), el cual se encuentra en transición. Sin embargo la construcción de nuevos edificios y laboratorios ocasionará que desaparezca por completo y que el ITCV solo se limite a pocas áreas verdes, disminuyendo su flora y por lo tanto su fauna. El área total del terreno equivale a 199,996m<sup>2</sup>, con un área total construida de 12,184m<sup>2</sup> y un área factible a construir de 150,817m<sup>2</sup>.

La ciudad se ubica en las coordenadas extremas 23° 43' 00" N 99° 10' 00" W, con una altitud de 390 msnm. Aunque en sus colindancias hay alturas que llegan hasta los 2,000 msnm. Colinda con los Municipios de Güémez, Llera de Canales y Villa de Casas. El Municipio de Victoria tiene una extensión territorial de 1,634.08 km<sup>2</sup> y con sólo 77.10 km<sup>2</sup> son urbanos, es decir un 4.72% de su territorio (INEGI 1998).

### 3.2 Método

El inventario de las aves del ITCV, se realizó durante Enero de 2005 a Septiembre 2007, en el cual los datos obtenidos se basaron principalmente en observaciones directas con ayuda de binoculares (10X25) y guías de campo (Davis, 1972; Peterson *et al.*, 1989; Howell & Webb., 1995; Kauman, 2000; Nacional Geographic Society, 2002), de forma esporádica a diferentes horarios del día (diurnos y nocturnos). Asimismo, se realizaron trayectos de 100 m en 10 minutos siguiendo el método de transecto en franjas (Ralph *et al.* 1996) en las áreas con menos contacto del hombre.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se reportan 44 especies de aves pertenecientes a 11 Órdenes, 25 Familias y 41 Géneros. Tomando en cuenta que para Tamaulipas se conocen 518 especies (Garza-Torres, 2007), estos resultados representarían el 8.49% para el estado. Tenemos 29 especies que son residentes reproductoras (RR), 13 migratorias de invierno (MI), una migratoria de verano (MV) y una transeúnte (TR) (Howell *et al.*, 1995). Se encuentran dos especies bajo un estatus de conservación según la NOM-059-SEMARNAT-2001, estas son el perico mexicano (*Aratinga holochlora*) clasificado como amenazado (A) y el lechuzón negruzco (*Asio stygius*) en protección especial (Pr). Esta especie no se había observado en el Municipio de Ciudad Victoria.

Precedente a este trabajo, se realizó una evaluación del arbolado urbano en Ciudad Victoria el cual daba

a conocer un listado de la aves que se encontraron en el área urbana estudiada, arrojando 40 especies (Rodríguez *et al.*, 2006), que comparado difiere con 25 especies, esto podría indicar que en la ciudad existe una gran riqueza de especies que han sabido adaptarse al medio, encontrando un hábitat favorable para su desempeño, pretendiendo en este pequeño proyecto motivar a la sociedad por estudiar, respetar y cuidar las aves que viven o que visitan nuestra ciudad, no alterándolas y preservando nuestras áreas verdes.

Otras observaciones fue la nidificación de algunas aves dentro del ITCV, identificándose el carpintero frentidorada (*Melanerpes aurifrons*) (Figura 1) con tres crías las cuales fueron llevadas a los laboratorios de la licenciatura en biología para su cuidado y liberación, ya que el árbol donde anidaban, fue talado. Otros casos fue el del colibrí de pico ancho (*Cyananthus latirostris*) con dos crías, *Columbina inca* con dos crías, gorrión doméstico (*Passer domesticus*) y dominico de dorso oscuro (*Carduelis psaltria*) con dos crías, zanate mexicano (*Quiscalus mexicanus*), paloma doméstica (*Columba livia*) y el milano de cola blanca (*Elanus leucurus*) con una cría, la cual se observó tiempo después planeando con sus padres.

El loro tamaulipeco (*Amazona viridigenalis*), tecolotito común (*Glaucidium brasilianum*), periquito común (*Melospittacus undulatus*), aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), cuervo tamaulipeco (*Corvus imparatus*) y caracara quebrantahuesos (*Caracara cheriway*), han sido observados a menos de 100m de diámetro de las instalaciones del ITCV.

## 5. AGRADECIMIENTOS

A Gabriel Rocha Ramírez por su colaboración en la traducción del Resumen, Sergio Terán Treviño por su apoyo y de igual manera a Nayeli C. Cadena Lara, Víctor Gómez S., y a él M. C. Rafael Herrera H. por facilitarme la literatura.



Figura 1. Cría de Carpintero Frentidorada

(*Melanerpes aurifrons*).



Figura 2. Cernicalo Americano (*Falco sparverius*).



Figura 3. Semillerito Oliváceo (*Tiaris olivacea*).

## 6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Escalante, P., Sada M. y Andrés, J. Robles Gil. 1996. "Listado de Nombres Comunes de las Aves de México". ASM. México. 32p.
2. Peterson, T. R. y E. L. Chalif. 1998. "Aves de México Guía de Campo". Diana. 3ª Edición. México. 473p.
3. Bull, J. y J. Farrand, Jr., 1992. "The Audubon Society Field Guide to North American Birds Eastern Region". Knopf. 15ª Edición. Japon. 784p.
4. Schorre, B. y J. Rappole. 1998. "The Wood Warblers An Introductory Guide". University of Texas. 5ª Edición. China. 140p.
5. Allen, S. D. 2003. "The Sibley Field Guide To Birds of Western North America". Knopf. 5ª Edición. Dai Nippon, Hong Kong. 471p.
6. Kauman K. 2000. "Kaufman Focus Guides A New Focus on the Field Birds of North America". Houghton Mifflin. New York, EUA. 383p.
7. Garza-Torres H. Navarro S.A., Vargas- Contreras J., Moreno-Valdez A. y Rafael A. Martínez-Hernández. 2005. "Avifauna del Noreste de Tamaulipas México". México. 193-212 p.
8. Barrientos-Lozano, L., A Correa-Sandoval, J.V. Horta-Vega & J. García-Jiménez. (eds). Biodiversidad Tamaulipeca Vol. 1 Dirección General de Educación Superior Tecnológica. Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas México. 272p.
9. Howell G. Steve N. and Sophie Webb. 1995. "A Guide to The Birds of Mexico and Northern Central America". Oxford. New York, EUA.
10. American Ornithologists Union. 1998. "Check-List of North American Birds" .7<sup>th</sup> edition. Allen press. Kansas, U.S.A. 829p.

|                               |                          |                          |  |    |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--|----|
| Tyrannidae                    |                          |                          |  |    |
| <i>Tyrannus couchii</i>       | Couch's kingbird         | Tirano silbador          |  | MI |
| <i>Tyrannus melancholicus</i> | Tropical King bird       | Tirano tropical          |  | RR |
| <i>Pitangus sulphuratus</i>   | Great kiskadee           | Luis grande              |  | RR |
| <i>Pyrocephalus rubinus</i>   | Vermilion flycatcher     | Mosquetero cardenalito   |  | MI |
| <i>Myiarchus tyrannulus</i>   | Brown-crested flycatcher | Copetón tirano           |  | RR |
| Hirundinidae                  |                          |                          |  |    |
| <i>Hirundo rustica</i>        | Barn swallow             | Golondrina tijereta      |  | TR |
| Bombicillidae                 |                          |                          |  |    |
| <i>Bombicilla cedrorum</i>    | Cedar waxing             | Ampelis chinito          |  | MI |
| Mimidae                       |                          |                          |  |    |
| <i>Mimus polyglottos</i>      | Northern mockingbird     | Cenzontle norteño        |  | RR |
| Turdidae                      |                          |                          |  |    |
| <i>Turdus grayi</i>           | Clay-colored robin       | Mirlo pardo              |  | RR |
| Corvidae                      |                          |                          |  |    |
| <i>Corvus corax</i>           | Common raven             | Cuervo común             |  | RR |
| <i>Cyanocorax morio</i>       | Brown jay                | Chara papan              |  | RR |
| Parulidae                     |                          |                          |  |    |
| <i>Vermivora celata</i>       | Orange-crowned warbler   | Chipe deslustrado        |  | MI |
| <i>Wilsonia citrina</i>       | Hooded warbler           | Chipe encapuchado        |  | MI |
| <i>Wilsonia pusilla</i>       | Wilson's warbler         | Chipe de coronilla negra |  | MI |
| <i>Mniotilta varia</i>        | Black-and-white warbler  | Chipe trepador           |  | MI |
| Thraupidae                    |                          |                          |  |    |
| <i>Piranga rubra</i>          | Summer tanager           | Tangara roja             |  | MI |
| <i>Euphonia affinis</i>       | Scrub euphonia           | Eufonía gorjinegra afín  |  | MI |
| Emberezidae                   |                          |                          |  |    |
| <i>Tiaris olivacea</i>        | Yellow-faced grassquit   | Semillerito oliváceo     |  | RR |
| Cardinalidae                  |                          |                          |  |    |
| <i>Cardinalis cardinalis</i>  | Northern cardinal        | Cardenal norteño         |  | RR |
| <i>Passerina ciris</i>        | Painted bunting          | Colorín de siete colores |  | MI |
| Icteridae                     |                          |                          |  |    |
| <i>Quiscalus mexicanus</i>    | Great-tailed grackle     | Zanate mexicano          |  | RR |
| <i>Icterus gularis</i>        | Altamira oriole          | Bolsero de Altamira      |  | RR |
| Fringillidae                  |                          |                          |  |    |
| <i>Carpodacus mexicanus</i>   | House finch              | Pinzón mexicano          |  | MI |
| <i>Carduelis psaltria</i>     | Lesser goldfinch         | Dominico de dorso oscuro |  | RR |
| Passeridae                    |                          |                          |  |    |
| <i>Passer domesticus</i>      | House sparrow            | Gorrión domestico        |  | RR |

Simbología en la Temporalidad; Residente (RR), Migratoria de Verano (MV), de Invierno (MI), Transeúnte (TR).

**LISTADO DE LAS AVES LOCALIZADAS EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE  
CD. VICTORIA TAMAULIPAS, MÉXICO**

| UBICACIÓN<br>TAXONÓMICA        | NOMBRE EN<br>INGLÉS       | NOMBRE EN<br>ESPAÑOL    | TEMPORALIDAD |
|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------|
| CICONIFORMES                   |                           |                         |              |
| Cathartidae                    |                           |                         |              |
| <i>Cathartes aura</i>          | Turkey vulture            | Zopilote aura           | RR           |
| <i>Coragyps atratus</i>        | Black vulture             | Zopilote común          | RR           |
| FALCONIFORMES                  |                           |                         |              |
| Accipitridae                   |                           |                         |              |
| <i>Elanus leucurus</i>         | White-tailed kite         | Milano cola blanca      | RR           |
| Falconidae                     |                           |                         |              |
| <i>Falco sparverius</i>        | American kestrel          | Cernícalo americano     | MI           |
| GALLIFORMES                    |                           |                         |              |
| Cracidae                       |                           |                         |              |
| <i>Ortalis vetula</i>          | Plain chachalaca          | Chachalaca común        | RR           |
| COLUMBIFORMES                  |                           |                         |              |
| Columbidae                     |                           |                         |              |
| <i>Columbina inca</i>          | Inca dove                 | Tórtola de cola larga   | RR           |
| <i>Leptotila verreauxi</i>     | White-tipped dove         | Paloma arroyera         | RR           |
| <i>Zenaida asiatica</i>        | White-winged dove         | Paloma de ala blanca    | MV           |
| <i>Zenaida macroura</i>        | Mourning dove             | Paloma huilota          | RR           |
| <i>Columba livia</i>           | Rock pigeon               | Paloma domestica        | RR           |
| <i>Columbina talpacoti</i>     | Ruddy ground-dove         | Tórtola rojiza          | RR           |
| PSITTACIFORMES                 |                           |                         |              |
| Psittacidae                    |                           |                         |              |
| <i>Aratinga holochlora</i>     | Green parakeet            | Perico mexicano         | RR           |
| CUCULIFORMES                   |                           |                         |              |
| Cuculidae                      |                           |                         |              |
| <i>Crotophaga sulcirostris</i> | Groove-billed cuckoo      | Garrapatero pijui       | RR           |
| STRIGIFORMES                   |                           |                         |              |
| Tytonidae                      |                           |                         |              |
| <i>Tyto alba</i>               | Barn owl                  | Lechuza de campanario   | RR           |
| Strigidae                      |                           |                         |              |
| <i>Asio stygius</i>            | Stygian owl               | Búho cara oscura        | RR           |
| CAPRIMULGIFORMES               |                           |                         |              |
| Caprimulgidae                  |                           |                         |              |
| <i>Chordeiles minor</i>        | Common poorwill           | Chotacabras zumbón      | RR           |
| APODIFORMES                    |                           |                         |              |
| Trochillidae                   |                           |                         |              |
| <i>Cynanthus latirostris</i>   | Broad-billed hummingbird  | Colibrí de pico ancho   | RR           |
| <i>Archilochus colubris</i>    | Ruby-throated hummingbird | Colibrí garganta rubi   | MI           |
| PICIFORMES                     |                           |                         |              |
| Picidae                        |                           |                         |              |
| <i>Melanerpes aurifrons</i>    | Golden fronted woodpecker | Carpintero frentidorada | RR           |
| PASSERIFORMES                  |                           |                         |              |

## LA IDENTIFICACIÓN VEHICULAR POR RADIOFRECUENCIA (RFID) EN MÉXICO, UNA REALIDAD

H. Herrera Rivas

*Ingeniería en Tecnologías de la Información  
Universidad Politécnica de Victoria*

**Resumen:** Los sistemas de identificación vehicular por radiofrecuencia han estado implementados en México pero no a gran escala. La reciente publicación del Reglamento de la Ley del Registro público vehicular, en su última versión utiliza una de las mayores fuerzas para impulsar una tecnología en un país, la cual es la fuerza de la ley. Se hace un análisis acerca de diferentes tecnologías de identificación vehicular, además se da un panorama de los estándares de radio frecuencia en la actualidad y las organizaciones mundiales que las regulan.

**Abstract:** Several RFID systems have been installed in Mexico but the implementation phase of this technology has not been reached yet. The recent Mexican law publication of Public Vehicle Registry uses one of the most powerful forces to impulse a technology in a country, which is the force of law. Here is made an analysis of different vehicle identification technologies; present RFID standards general perspective is made with the international organizations that control them.

### 1. INTRODUCCIÓN

El 5 de diciembre de 2007 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Reglamento a la Ley del Registro Público Vehicular (REPUVE) en el cual se especifica que cada vehículo ya sea extranjero o nacional destinado a circular en México, contará con un número de constancia de inscripción, asignado por el Secretariado Ejecutivo, que será único, insustituible e intransferible, integrado por una combinación de caracteres alfanuméricos [1]. Además, se especifica en el REPUVE que salvo la autorización de la autoridad competente, no podrán modificarse los siguientes datos: número de serie del vehículo (combinación de caracteres asignados a los vehículos por el fabricante o ensamblador antes de la entrada en vigor de la Norma Oficial Mexicana NOM-131-SCFI-1998) y número de identificación vehicular. También se especifica que la constancia de inscripción será una calcomanía con un dispositivo electrónico que acreditará el registro del vehículo y no podrá ser retirada de éste, cuyo formato, características físicas, técnicas y lugar de colocación de la constancia de inscripción serán establecidos por el Secretariado Ejecutivo en los procedimientos de operación, atendiendo a la inviolabilidad e infalsificabilidad de las mismas, así como a su lectura por radiofrecuencia.

Hace algunos años, en lo personal, yo no había escuchado hablar de la tecnología de identificación por radiofrecuencia, pero cuando la Dra. Consuelo García me mencionó en el 2003, que Wal-Mart anunció que requeriría a sus 100 más grandes proveedores que surtieran sus embarques etiquetados con tecnología RFID para enero de 2005 [2], me interesó el tema. Aunque la tecnología de identificación por radiofrecuencia ha estado presente

por décadas, hace unos pocos años se alcanzó la convergencia de bajo costo y capacidades aumentadas de esta tecnología, lo cual hizo que las empresas tomaran en cuenta el cómo poder aplicar esta tecnología para sus negocios [3]. Ahora, además de la iniciativa privada, quien lo contempla como una opción para automatizar sus procesos de manufactura, comercialización de productos, identificación de personal, y algunas otras, la tiene contemplada para su adopción en un sistema de identificación automática vehicular el gobierno de México [4].

### 2. SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN VEHICULAR

Existen diversas tecnologías que podrían ser utilizadas para la identificación vehicular. A continuación se muestra una comparación de ventajas-desventajas entre ellas:

#### Radio Frecuencia (RFID)

Este sistema utiliza chips insertados en los vehículos y lectores de radio frecuencia.

*Ventajas:*

- Barato en la parte del chip, tanto como un código de barras.
- Puede leer varios vehículos a la vez.
- Facilidad de instalación.
- Existe infraestructura de TI basada en código de barras, tecnología para la cual el RFID está diseñada como sustituto directo.
- Ampliamente utilizado, tecnología madura.

- Tecnología utilizada en la mayoría de las casetas de peaje automático.
- Difícil de ser alterado.
- Facilita encriptación de datos.
- No necesita estar enfocado a un horizonte visual de la placa del vehículo.

*Desventajas:*

- × Necesita estar dentro del rango de la antena para ser identificado.

**Satelital**

Sirve para ubicar la posición exacta basada en los satélites utilizados por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Utiliza una antena receptora GPS (Global Position System).

*Ventajas:*

- Ubica la posición exacta basada en GPS.
- Permite el rastreo de activos móviles. Efectivo para el rastreo de vehículos, tales como camiones con cargas valiosas.

*Desventajas:*

- × Necesita antenas terrenas para realizar la transmisión de su posición a una base
- × Requiere mayor sofisticación en hardware lo que aumenta el costo.

**Óptica**

Se basa en el reconocimiento de caracteres alfanuméricos de las placas de autos.

*Ventajas:*

- No necesita agregarse equipo adicional al vehículo.

*Desventajas:*

- × Puede leer solamente un vehículo a la vez.
- × Se necesita un horizonte visual.
- × Mayor complejidad de equipo, lo que eleva el costo.
- × Su uso en la práctica es limitado a la exactitud de la ubicación del lector respecto a las placas de los autos.
- × No existe gran aceptación por parte del mercado.

**Láser**

Se basa en una lectura de un código tipo barras en la placa del vehículo, diseñado para ser leído fácilmente por un sistema láser.

*Ventajas:*

- Fácil instalación.

*Desventajas:*

- × Puede leer solamente un vehículo a la vez.
- × Necesita rediseño de placas diferentes a las actuales.
- × Se necesita un horizonte visual.
- × Mayor complejidad de equipo, lo que eleva el costo.
- × Su uso en la práctica es limitado a la ubicación del lector respecto a las placas de los autos.
- × No existe gran aceptación por parte del mercado.

**3. EJEMPLO DE SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN VEHICULAR IMPLEMENTADOS ACTUALMENTE**

En Houston, Texas, la organización Houston Transtar emplea sistemas con tecnología RFID para la identificación automática de vehículos (AVI). El sistema AVI requiere montar de lectores en estructuras de señalización o en un lado del camino.

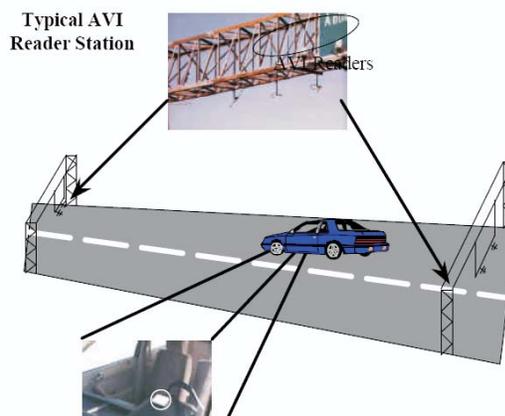


Fig. 1. Dos estaciones del sistema AVI [5]



Fig. 2. Sistema AVI de Houston Transtar [6].

El sistema AVI de Houston Transtar determina las velocidades del viaje en 227 millas de autopistas de área de Houston usando 232 estaciones lectoras con más de 1,000,000 transponders (etiquetas AVI) para calcular los tiempos del viaje. Esto permite producir un mapa en tiempo real de velocidades y tiempos de recorrido. Este listado de la velocidad del viaje demuestra el tráfico de tiempo real y se usa para la administración del tráfico y manejo de incidentes. Está disponible al público en:

[www.houstontranstar.org](http://www.houstontranstar.org).

En México existe el sistema IAVE, Sistema de Identificación Automática Vehicular que le permite realizar el pago electrónicamente en la mayoría de las casetas del país sin tener que detenerse ni pagar en efectivo. Al llegar a la caseta, la tarjeta IAVE es identificada por una antena lectora y, automáticamente, se abre la barrera. La operación se registra en una computadora, desde donde se envía la señal al satélite que la retransmite al centro de cómputo, donde se procesa y asienta en su estado de cuenta, que puede ser consultada vía Internet, junto con la información de los lugares, fechas y horarios en los que las unidades realizaron los cruces. Cada 10 días se paga en el banco las cuotas en caso de Transportistas; para Usuarios Particulares se les hace el cargo automático a su Tarjeta de Crédito.

El sistema IAVE postula las siguientes ventajas para los usuarios particulares:



Fig. 3. Ejemplo del sistema IAVE [7].

- No tienen que preocuparse por pagar en efectivo.
- No necesitan abrir la ventanilla de su automóvil.

-Pueden hacer uso de los carriles exclusivos y pase automático.

-Obtiene descuentos en las cuotas. Cuenta con un Sistema automatizado de administración y control de sus pagos por peaje.

También postula las siguientes ventajas para los Transportistas:

- Obtiene descuentos en las cuotas. Cuenta con un sistema automatizado de administración y control de pagos por peaje.

- No requiere efectivo para el pago de cuotas; éstas se cargan automáticamente a un estado de cuenta.

- Recibe decenalmente (por Internet o Fax) una notificación de adeudo por tramo carretero para que realice el pago en el banco correspondiente.

- Recibe decenalmente un reporte pormenorizado (impreso, en disquete o vía Internet) de los cruces de las unidades en la red carretera.

- Los gastos por cuotas de peaje son amparados con facturas de los diferentes tramos carreteros, con todos los requisitos fiscales.

- Asegura que los choferes utilicen las autopistas, con lo que obtiene mayor seguridad, menos desgaste del vehículo y ahorros en combustible.

- Evita pérdidas de tiempo al no hacer cola en las casetas de cuota.

- Puede afiliarse desde una hasta el número de unidades que requiera.

- La tarjeta electrónica es inviolable e infalsificable.

- No se obliga al usuario a un número mínimo de cruces.

- No se tiene que pagar cuotas mensuales o anuales por el uso de la tarjeta IAVE. Sólo se realiza un pago único de \$50 USD por tarjeta.

Algunos de los organismos afiliados al sistema IAVE son Caminos y Puentes Federales, Gobierno del Estado de Chihuahua, Carreteras y Puentes Estatales de Cuota de Guanajuato.

#### 4. ESTÁNDARES RFID

Existen dos principales vertientes para la identificación por radiofrecuencia, una está dirigida por la reconocida International Standard Organization (ISO) y la otra esta comandada por la EPCGlobal, la cual es una organización más nueva que la ISO, que tuvo sus orígenes con el Dr. Sanjay Sarma en el Massachusetts Institute of Technology en el 2001, quien posteriormente formó parte de un grupo de investigación global llamado Auto-ID Centre [8], auspiciado por diferentes compañías

internacionales (Procter & Gamble, Gillete, Johnson & Johnson, etc.) integrándose posteriormente con seis universidades ubicadas alrededor del mundo: el MIT en Estados Unidos, quien se encargó de la coordinación central de los laboratorios; Cambridge en Inglaterra, quien se enfocó en investigación técnica y servicios educacionales; Adelaide en Australia, la cual se enfocó a la investigación en las etiquetas RFID; Keio en Japón, la cual se ocupó del Internet en espacio real, aplicabilidad de los sistemas y desarrollo; Fudan en China, la cual se centró en el diseño de chips para las etiquetas; St. Gallen en Suiza quien principalmente se ocupó de investigar los beneficios para las empresas en el desarrollo de la tecnología EPC; la dirección central de estos laboratorios fue orquestada por el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Estos laboratorios, como hemos señalado, fueron patrocinados por diversas compañías de carácter global, en un esfuerzo por lograr un estándar mundial. El Auto-ID Centre concluyó con la fase experimental el 26 de Octubre del 2003, transfiriendo su tecnología hacia el EPCGlobal, la cual es una organización mundial quien depende de EAN International, otro organismo creado para buscar un sistema numérico estándar para productos similares al entonces existente UPC-USA, la cual fue fundada en 1974. El resultado fue un sistema llamado “European Article Number”, basado principalmente en la tecnología existente de código de barras. La tecnología del EPC<sup>TM</sup> se encuentra actualmente en un proceso de estandarización mundial a través del EPC global. La idea central del EPC Global es que ninguna compañía sea propietaria de los estándares aquí formados, esto es con el fin de poder construir un estándar abierto para que diversas compañías de tecnología lo puedan adoptar y utilizarlo en los equipos que se fabriquen. Al utilizar un estándar abierto, los costos de la tecnología se abaratarán permitiendo su adopción masiva en el mercado. En México la organización ligada directamente al EPCGlobal es AMECE (Asociación Mexicana para el Comercio Electrónico) [9], quien actualmente regula los códigos de barras estandarizados a nivel mundial por el EAN-UPC.

## 5. CONCLUSIONES

El primer paso para aplicar el sistema de identificación vehicular automática en México está hecho, el cual es hacerlo obligatorio mediante la ley. Lo siguiente es esperar que el Secretariado Ejecutivo dicte qué estándares serán los que se adoptarán en México en materia de RFID Vehicular.

Aquí como en todo lo relativo a gobierno estarán presentes intereses económicos de las compañías y organizaciones que manejan los distintos estándares, que probablemente también hayan impulsado esta iniciativa de ley, aunque en el apoyo técnico estarán involucrados el IPN la UNAM y el ITESM [10]. Esta iniciativa pretende tener como objetivo de fondo el que cualquier ciudadano quien necesite verificar el estado actual legal de un vehículo pueda hacerlo simplemente accedendo al sistema en línea mediante el ingreso del Número de Identificación Vehicular, lo cual promete tener un mayor control sobre los automóviles y evitar o disminuir la cantidad de automóviles robados. Las desventajas de este sistema serán la invasión a la privacidad de las personas pues el sistema en línea tendrá un concentrado de información nacional de todos los vehículos y sus propietarios. Hay quienes alegan que este sistema pudiera ser utilizado por criminales quienes ilegalmente y con el equipo adecuado pudieran tener la capacidad de acceder a esta información y darle mal uso. Si observamos bien, este sistema de control ya existe, pero en forma manual, lo innovador es que será muy eficiente en lo relativo a sus procesos de identificación, además la información podrá ser accesada por todos los ciudadanos, falta trabajar en la seguridad e integridad de la información.

## 6. REFERENCIAS

- [1] “Reglamento de la ley del Registro Público Vehicular”, Felipe de Jesús Calderón Hinojosa, Diario Oficial de la Federación, Segunda Sección, 5 Dic 2007.
- [2] García de la Torre C. A, entrevista personal en ITESM Campus Monterrey, Dic 2003.
- [3] Weinstein, R., “RFID: A Technical overview and its applications to the enterprise”, IT Professional, Volume 7, Issue 3, May 2005., p. 1
- [4] “Obligan a ensambladoras poner chip en autos”, Redacción el Universal, 5 Dic 2007  
[www.el-universal.com.mx/notas/465730.html](http://www.el-universal.com.mx/notas/465730.html)
- [5] Houston Transtar, Hoja de datos, 2003, [http://www.houstontranstar.org/about\\_transtar/docs/2003\\_fact\\_sheet\\_2.pdf](http://www.houstontranstar.org/about_transtar/docs/2003_fact_sheet_2.pdf). (Accesada Sep 6,2004).
- [6] Herrera Rivas H., “EL uso del código electrónico del producto (EPC) en la identificación automática de vehículos”, TESIS, ITESM Campus Monterrey, Dic 2004, p. 25.

- [7] IAVE, Sistema para la identificación automática de vehículos en México <http://www.iave.com.mx/> (Accesada Sep 5, 2004).
- [8] Sarma, Sanjay, “Radio Frequency Identification and the EPC”, MIT Auto ID Center, Nov – Dic 2001, [9]. <http://www.amece.org.mx/amece/>. (Accesada 28, Dic, 2007)
- [9] “UNAM, IPN e ITESM colaborarán en instalación de chips del Repuve”, Notimex, La Jornada Online, 27 Abr 2007. [www.jornada.unam.mx](http://www.jornada.unam.mx).

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL USO EFECTIVO DE UN SISTEMA DE VIDEOCONFERENCIAS

D. I. González Sánchez

Departamento de Ingeniería Mecatrónica  
Universidad Politécnica de Victoria

**RESUMEN:** Este documento tiene como finalidad dar a conocer algunas consideraciones para la preparación de un servicio de videoconferencias, para obtener el mejor aprovechamiento de los enlaces alta velocidad y tecnologías WAN, que en algunas ocasiones son subutilizados o que no se aprovechan al máximo todas las capacidades contratadas en un servicio de alta velocidad. Hay diversas tecnologías disponibles para todo aquel que desee actualizar su negocio con un sistema de videoconferencia, y como las necesidades son muy distintas mencionamos algunas posibilidades, enfocándonos en dos de ellas y mencionamos como su utilización es factible en lugares donde se cuenta con las tecnologías WAN: el telecontrol de mecanismos robóticos y aplicaciones para la utilización de archivos comunes funcionando sobre el mismo enlace de videoconferencia.

**ABSTRACT:** This document has as a final goal to make noticed some considerations in the preparations of a videoconferencing service, to obtain the best results from high speed links and WAN technologies, because these, in some instances, are underused or not fully understood the whole capabilities of a high speed service. There are several technologies available for anyone who desires to update its business with a videoconferencing system, and as the needs are very distinctive, some possibilities are mentioned focusing in two of them and mentioning how their implementation is achievable in places where there are existing WAN technologies: telecontrol of robotics mechanisms and applications for the use of common files through the same link that videoconference uses.

### 1. INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones aplicadas a sistemas de videoconferencia han tenido tres áreas de interés en las que generalmente se han desarrollado a nivel mundial:

1. La educación, en donde se aplica el concepto de educación a distancia.
2. La telemedicina, donde el servicio de videoconferencias es aplicado para ofrecer servicios de salud en comunidades alejadas de centros especializados
3. La tele conferencia, usada generalmente entre sucursales de empresas transnacionales e instituciones de gobiernos con la intención de reducir costos de transportación.

Es cierto que cada una de estas áreas tiene metas distintas y los equipos periféricos adicionales al hardware encargado de establecer los enlaces WAN y conectar a la red PSTN varía pero las consideraciones generales técnicas se siguen aplicando en cualquier caso.

### 2. TECNOLOGÍAS PARA ENLACES WAN

La tecnología ha avanzado bastante desde la época en la que establecer una red requería un MODEM externo de 56 kbps. Gracias principalmente a nuevas técnicas de codificación digital existen diferentes tecnologías para el establecimiento de un enlace de larga distancia WAN que nos pueden

servir si queremos establecer una videoconferencia: los enlaces E1, E2, E3, T1, T3, los servicios ISDN BRI, ISDN PRI. Además de una serie de protocolos que han sido relacionados con redes de alta velocidad: SONET, ATM, Frame Relay.

Primero es conveniente hacer una breve descripción de cada una de estas opciones:

- I. **E1.** Un enlace E1 se sitúa en el primer nivel del Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH), opera con dos conjuntos separados de cables coaxiales. PDH hace uso del Múltiplexaje por División de Tiempo (TDM). Su velocidad de transferencia de datos es de 2.048Mbps en modalidad full-duplex. Esto también se puede considerar como su ancho de banda, que para mayor eficiencia esta dividido en 32 ranuras de tiempo, cada ranura tiene un ancho de banda de 64 Kbps ya que maneja una muestra de 8 bits con una frecuencia de 8 Khz. Una de estas ranuras temporales se reserva para propósitos de identificación de los cuadros de información. Otra de las ranuras temporales se usa para la señalización, la configuración de una llamada y para el control de información. Para las comunicaciones sobre enlaces E1 generalmente se utiliza el estándar G703 y la codificación HDB3.

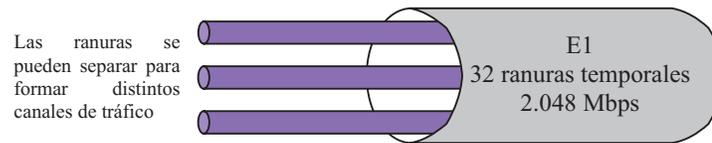


Figura 1

- II. **E2.** Un enlace E2 se encarga de combinar cuatro tributarias E1 de 2.048 Mbps en una señal de 8.448 Mbps. Éste es el segundo nivel de PDH y maneja 128 ranuras de tiempo.
- III. **E3.** Un enlace E3 opera con 512 ranuras temporales de 64 Kbps cada uno de ellos, por lo que el ancho de banda para un E3 es de 34.368 Mbps. El enlace E3 engloba cuatro líneas tributarias E2 y se encuentra en el tercer nivel de PDH.
- IV. **T1.** Una línea de enlace T1 consiste de 24 canales individuales, donde cada uno de ellos soporta 64 Kbps por lo que la totalidad de un enlace T1 sería de 1.544 Mbps. Cada uno de estos canales puede ser configurado para transportar voz o datos. Los enlaces T1 son principalmente utilizados en Estados Unidos y Japón
- V. **T3.** El enlace T3 maneja 672 canales para el tráfico de voz o datos, con lo que el

ancho de banda disponible para un enlace de este tipo sería 44.736 Mbps. Mayor que el de los E3 y es por ello que la columna vertebral de Internet descansa en enlaces de este tipo.

- VI. **ISDN BRI.** Conocido en México como RDSI. Esta Red Digital de Servicios Integrados se basa en un esquema de conmutación de circuitos, diseñados para transmitir información digital a través de las líneas de cobre de las conexiones telefónicas. ISDN BRI (Basic Rate Interface) consiste de dos canales B de 64 Kbps, y un canal D con un ancho de banda de 16 Kbps. A este servicio se le designa como 2B+D. Por ello, su velocidad es 144 kbps, pero como 16 Kbps están dedicados a señalización, solo se utilizan 128 Kbps para la transmisión efectiva de voz o datos.

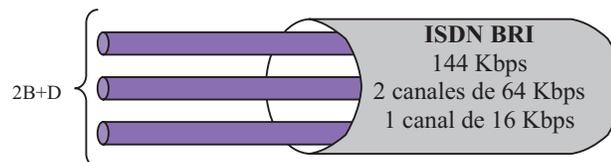


Figura 2

- VII. **ISDN PRI.** Esta es una implementación denominada como Primary Rate Interface (PRI) la cual contiene un mayor número de canales B y un D. El número de canales B varía dependiendo del país. En EUA y Japón es 23B+1D que sería el equivalente a tener un T1 (1.544Mbps). En Europa, India y Australia la implementación PRI tiene 30B+1D que daría un ancho de banda equivalente a un enlace E1 (2.048 Mbps)
- VIII. **ADSL.** La tecnología ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) es una de las más utilizadas hoy en día por las compañías que proveen servicios de Internet de banda ancha. Hace uso de las instalaciones de

cobre de líneas telefónicas ya instaladas y sobre ellas se siguen haciendo las transmisiones digitales a alta frecuencia para que no se empalme con las bajas frecuencias de la voz en una llamada telefónica, sus velocidades típicas de descarga son desde los 256 Kbps hasta los 24000 Kbps.

- IX. **ATM.** (Asynchronous Transfer Mode) Este es un protocolo de la capa de enlace de datos, esta orientado a conexión en redes de conmutación de paquetes y agrupa la información en celdas de 53 bytes, 48 de información y 5 de encabezado. Una red que maneje equipos con ATM puede alcanzar velocidades que van

desde los 155Mbps hasta los 2488 Mbps.

- X. **FRAME RELAY.** Es también un protocolo para la capa de enlace de datos que se encarga de encapsular la información en cuadros (frames). Básicamente se diseñó para trabajar con los sistemas ISDN. Es un protocolo que no se encarga de la corrección de errores en la transmisión de datos. La velocidad que alcanza el protocolo Frame Relay va desde los 56 kbps hasta los 2Mbps.
- XI. **SONET.** (Synchronous Optical Networking) Este es un método de comunicación a través de fibra óptica que utiliza láser o LEDs. La idea es que este método venga a sustituir el método PSH y las velocidades que utiliza son muy altas, van desde los 51.84 Mbps hasta los 159,252.240 Mbps

### 3. VIDEOCONFERENCIAS

Para el desarrollo efectivo de un sistema de videoconferencias lo primero que debemos de tomar en cuenta es el objetivo que se quiere cumplir con la implantación de este servicio, ya que como se ha mencionado anteriormente, en nuestro país han existido desde hace tiempo movimientos dentro de la industria de la salud y de la educación por utilizar la tecnología y las telecomunicaciones para hacer más efectivo su servicio y llevarlo a lugares alejados, sin embargo muchas veces el cambio se encuentra con resistencia, además de los conocidos problemas de continuidad y seguimiento de estos programas. Si el objetivo o la meta no están claras dentro del lugar donde se instalará y usará el servicio, y su puesta en marcha se da siguiendo una tendencia modernista popular, pero para la que no hemos previsto las necesidades técnicas, humanas, ni un plan de trabajo que le saque el mayor provecho a esta inversión, entonces quedará un sistema subutilizado y con esporádicos lapsos donde sus defensores la justificarán.

Lo ideal, es tener un plan donde se especifique los lugares a donde se activará el enlace, detallando los lugares y las horas de conexión, además de tener un equipo humano dedicado para esta tarea. Si esto se realiza en una empresa, normalmente, llegan como iniciativa de autoridades gerenciales con el fin de ahorrar costos de transportación para reuniones de alto nivel, por ello, la conversión

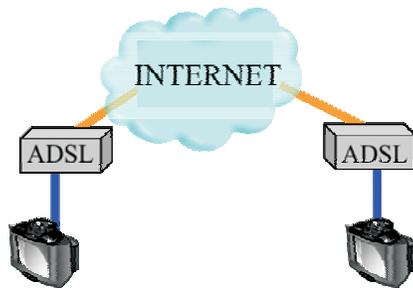
hacia un sistema de videoconferencias se da de manera natural. Sin embargo, hay que considerar que cuando se encuentra uno en un lugar donde se depende de los recursos que asignan instancias de financiamiento gubernamental, hay que llevar a cabo la elaboración de un documento puntualizando las aplicaciones que tendrá, y la factibilidad del proyecto o se corre el riesgo de caer en los problemas antes señalados una vez pasada la fase inicial de conocimiento y exploración de este nuevo servicio.

Para hacer una buena elección del tipo de enlace y la tecnología que se utilizará para el servicio de videoconferencia se debe definir cual será su principal uso: médico, educación a distancia, reuniones a distancia. Cada uno de ellos tiene necesidades distintas y los fabricantes ofrecen paquetes de acuerdo con la aplicación que se le dará.

Un servicio típico de videoconferencias puede ser establecido con equipos de muchas marcas, permitiéndonos determinar la calidad de la imagen, del movimiento, del audio, modos de conexión, fuentes de audio, video, etc. Cuestiones como calidad de servicio y una baja pérdida de paquetes de información son tratadas con la empresa de telecomunicaciones que proveerá los enlaces y de la configuración correcta de los equipos.

Antes de hacer el contrato para un enlace debemos identificar si los lugares donde nos conectaremos por videoconferencia están en una red pública (Internet) o en una red privada.

Si los otros puntos con los que deseamos establecer una videoconferencia son lugares que tienen direcciones publicadas en Internet solo se requiere establecer un enlace independiente para esta área a Internet, esto podría ser con una línea ADSL independiente para así tener suficiente ancho de banda dedicado para la videoconferencia. Lo normal es que las instituciones realicen videoconferencias con una velocidad de 128 Mbps. Pero en esto hay que hacer una consideración, al llevar a cabo videoconferencia por Internet ocasionalmente sufriremos de una latencia dependiendo del tráfico que maneje nuestro proveedor de Internet. Si la latencia es un problema, se puede utilizar un dispositivo que crea una VPN y así separar nuestro ancho de banda en la red para nuestra videoconferencia. Sin embargo, esta opción aumenta los costos, es por ello que normalmente las videoconferencias por Internet no requieren mucho ancho de banda, pero las imágenes no son muy buenas.



**Figura 3. Videoconferencia a través de Internet**

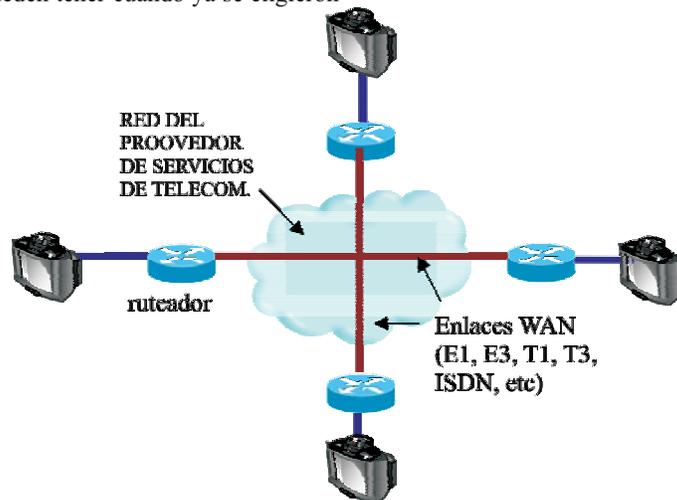
Cuando queremos establecer un enlace directo, y configurar una red privada para nuestras videoconferencias, que es el formato generalmente aplicado por instituciones, empresas e industrias. Las posibilidades aumentan al igual que los costos.

Si nos decidimos por utilizar un enlace T1 o E1 para un servicio de videoconferencia no habría ninguna dificultad ya que cualquiera de estas tecnologías nos proveen de suficiente ancho de banda para un enlace directo. Pero una mejor manera de aprovechar el enlace sería tener la configuración apropiada para conectar varios lugares con un mismo enlace.

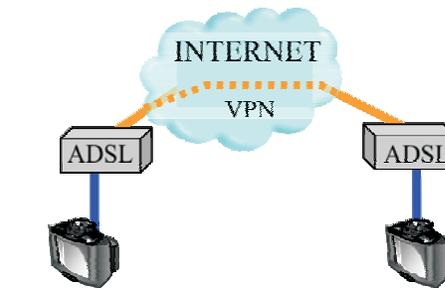
Dependiendo de las necesidades y del plan de los puntos remotos que se van a conectar es la elección que debe de hacerse en cuanto a la contratación de los enlaces, ya que, obviamente los enlaces con mayor velocidad son mas costosos.

#### 4. SERVICIOS DE INFORMACIÓN

Ahora bien, es importante establecer que servicios adicionales se pueden tener cuando ya se eligieron



**Figura 5. Videoconferencia en red privada WAN**



**Figura 4. Videoconferencia a través de Internet con VPN**

las conexiones directas hacia cada lugar. Por ejemplo, si decidimos tener una conexión de calidad E1 y configurando los equipos a 448 Kbps y definiendo que tendremos conexiones con 4 lugares simultáneos, aun tendremos un espacio de 256 Kbps para transmitir señales de otro tipo.

Estas señales pueden ser de una aplicación de base de datos, o una aplicación exclusiva para computadora que permita compartir en tiempo real documentos que sean importantes para la videoconferencia. Con este ancho de banda disponible se podrían estar enviando hasta 25 KBytes de información efectiva por segundo incluyendo el encabezado de cada paquete de información. Con ello podríamos estar transmitiendo información suficiente para descargar dos páginas con mucha información e imágenes por segundo <sup>[1]</sup> que es más de lo que necesita una aplicación que sólo estará transmitiendo documentos de texto y ocasionalmente imágenes.

|                     | Enlace E1<br>(2.048Mbps) | Enlace E2<br>(8.448Mbps) | Enlace E3<br>(34.368Mbps) | Enlace T1<br>(1.544Mbps) | Enlace T3<br>(44.736Mbps) |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Equipos a 128 Kbps  | 16                       | 66                       | 268                       | 12                       | 349                       |
| Equipos a 256 Kbps  | 8                        | 33                       | 134                       | 6                        | 174                       |
| Equipos a 384 Kbps  | 5                        | 22                       | 89                        | 4                        | 116                       |
| Equipos a 448 Kbps  | 4                        | 18                       | 76                        | 3                        | 99                        |
| Equipos a 512 Kbps  | 4                        | 16                       | 67                        | 3                        | 87                        |
| Equipos a 576 Kbps  | 3                        | 14                       | 59                        | 2                        | 77                        |
| Equipos a 640 Kbps  | 3                        | 13                       | 53                        | 2                        | 69                        |
| Equipos a 704 Kbps  | 2                        | 12                       | 48                        | 2                        | 63                        |
| Equipos a 768 Kbps  | 2                        | 11                       | 44                        | 2                        | 58                        |
| Equipos a 832 Kbps  | 2                        | 10                       | 41                        | 1                        | 53                        |
| Equipos a 896 Kbps  | 2                        | 9                        | 38                        | 1                        | 49                        |
| Equipos a 960 Kbps  | 2                        | 8                        | 35                        | 1                        | 46                        |
| Equipos a 1024 Kbps | 2                        | 8                        | 33                        | 1                        | 43                        |

Tabla 1 – Número de canales simultáneos que se pueden tener al configurar los equipos a una velocidad y tener diversos tipos de enlaces

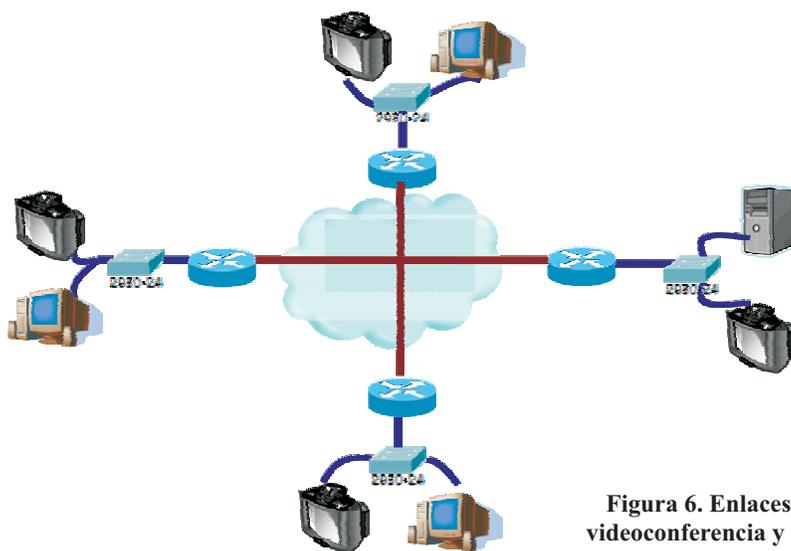


Figura 6. Enlaces WAN con videoconferencia y red de datos

Es por ello que se recomienda un análisis de las características de los anchos de banda que ocuparán nuestras videoconferencias y crear nuevas maneras de utilizar el espacio disponible que hay una vez configurados todos los equipos.

### 5. TELEOPERACIÓN

Otra aplicación de mucha utilidad ya sobre la que se está trabajando en muchos centros de investigación es la de la teleoperación, mecanismos robóticos que pueden ser controlados a distancia ya sea con un panel electrónico especial, un joystick, o una computadora con una interfaz preparada <sup>[2]</sup>. La diferencia es que no sería a través del clásico control remoto de RF sino con la unión de tecnologías para enlaces WAN, computadoras y equipos que utilicen el estándar 802.11b/g, para así, tener la capacidad de

operarlos de manera inalámbrica. Para ello, se deberá hacer una conexión del lado del transmisor del punto de control (computadora o joystick-computadora) hacia el switch y ruteador del enlace WAN y en el lado del receptor del ruteador y switch del enlace WAN hacia un punto de acceso inalámbrico y desde ahí hasta el mecanismo móvil que deberá tener integrado una tarjeta de red inalámbrica que interpretara las señales que llegan por el enlace WAN, de esta manera podríamos estar transmitiendo todo tipo de señales digitales, desde señales de control de movimiento hasta señales de audio y video para que los mecanismos móviles funcionen como avatares remotos. Para esta aplicación los anchos de banda necesarios pueden variar: Si consideramos un servicio donde transmitamos solo señales de control el requerimiento sería mínimo ya que estaríamos hablando de una serie de códigos que

representarían órdenes de movimientos como arriba, abajo, derecha, izquierda, movimiento lateral; si tuviera extremidades también serían el mismo tipo de instrucciones; con un código de 8 bits tendríamos hasta 256 instrucciones para distintos movimientos que podrían enviarse cada segundo por lo que sólo necesitaríamos una velocidad de 8 bps, si agregamos la posibilidad de recibir el video de una cámara que otorgue un tamaño de 640x480 a 5 cuadros por segundo con una resolución de imagen de 16 bits tendríamos 5 imágenes de alrededor de 4.9 Mbits para su transporte cada segundo entonces necesitaríamos un ancho de banda mayor para el transporte efectivo sin demasiado retraso de estas imágenes. Hay que recordar que esta aplicación de telecontrol es extra a la utilización básica de la videoconferencia.

## 6. CONCLUSIONES

En este documento señalamos la importancia de definir de manera anticipada los objetivos que

cumplirá el sistema de videoconferencias, para así poder tomar decisiones de aplicaciones extras que también estarían presentes. No debemos limitarnos a utilizar un ancho de banda muy grande con sólo aplicaciones básicas y sobradas sino explorar las otras posibilidades como puede ser el servicio de bases de datos, o el telecontrol de mecanismos robóticos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ----, **Estimating Bandwidth Requirements and Connection Speed (IIS 6.0)** Microsoft Corporation., 2007.
- [2] **Improving the Operation Efficiency of Supermedia enhanced Internet Based** Zhiwei Cen, Amit Goradia, Matt Mutka & Ning Xi, Wai-keung Fung y Yun-hui Liu, **Teleoperation via an Overlay Network.** Michigan State University, Chinese University of Hong Kong.
- [3] \*William Stallings, Seventh Editions, **Data And Computer Communications.** Ed. Prentice Hall, 2004.

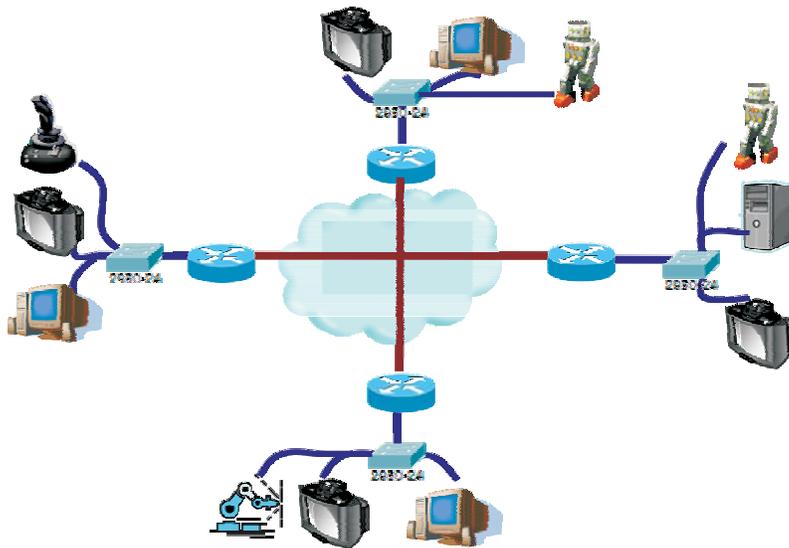


Figura 7. Enlaces WAN con videoconferencia, red de datos y telecontrol

## CONTROL ESTADÍSTICO PARA EL PROCESO DE SOFTWARE

*E. García Rodríguez, D. Á. Balderas Puga*

*Departamento de Postgrado en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Querétaro*

*[egarcia@hotmail.com](mailto:egarcia@hotmail.com), [billdavito@yahoo.com.mx](mailto:billdavito@yahoo.com.mx)*

**RESUMEN:** Los principios de mejoramiento de calidad se están expandiendo a industrias más allá de las manufactureras. En las organizaciones dedicadas al desarrollo de software se requiere mejorar la calidad del producto detectando las variaciones e identificando las oportunidades para volver un proceso capaz y satisfactorio. El proceso de software es el proceso global seguido para desarrollar software dentro de la organización, y su mejora asegura la capacidad de cumplir con las necesidades del cliente y los objetivos organizacionales. Reconocer las diferencias entre el proceso de manufactura y el de software nos ayuda a identificar claramente los retos en la aplicación del control estadístico de procesos.

**PALABRAS CLAVE:** Control Estadístico. Proceso de Software. Variación. Modelos de Procesos Cuantitativos. Gráficos de Control.

**ABSTRACT:** Quality improvement principles are growing into industries beyond manufacturing. In software development organizations it is being required to improve product quality revealing variations and identifying opportunities to achieve a capable and satisfactory process. The software process is the global process followed for software development inside the organization; its improvement assures complying of customer needs and organizational goals. To recognize the differences between manufacture and software help us to identify clearly the application challenges for statistical process control.

**KEY WORDS:** Statistical Control. Process of Software. Variation. Models of Quantitative Processes. Graphics of Control.

### 1. INTRODUCCIÓN

Todas las organizaciones poseen un conjunto de procesos que usan para alcanzar los resultados esperados, implicando que la calidad al final depende de los procesos usados por la misma organización.

Los principios del mejoramiento de calidad a través de la administración de procesos han sido usados por las empresas manufactureras desde hace algún tiempo bajo el concepto básico de que la calidad de un sistema es en gran medida gobernada por la calidad de los procesos usados para desarrollarlo y mantenerlo.

Mientras que la ingeniería de software difiere significativamente de estas empresas dedicadas a la manufactura en algunos aspectos, el fundamento principal de calidad del producto a través de mejoramiento de procesos ha sido usado con efectividad en el software de igual forma.

Sin embargo, dado que el uso de esas técnicas es relativamente nuevo en las organizaciones de software, existe la necesidad de enriquecerlas y adaptarlas a las peculiaridades del proceso de software.

Es en el proceso de software donde residen las variaciones que detectadas pueden ayudar a resolver estas dificultades para un desempeño aceptable. El control estadístico de procesos es la base para detectar dichas variaciones e identificar las oportunidades para mejorar el proceso y alcanzar la estabilidad del mismo, aún así, existen aquellos en la comunidad del software que creen que las gráficas

de control son una herramienta de análisis exclusiva para procesos de manufactura o de cantidades altas y repetitivas, además de que perciben el desarrollo de software como un proceso altamente centrado en personas, intelectual y orientado al diseño y por lo tanto no son aplicables los controles estadísticos, para evaluar este tipo de procesos.

Cuando un proceso es estable, o mayormente lo es, los límites de control determinan la cantidad de variación que es normal o natural al proceso. Esta es la “voz del proceso” o el proceso mismo diciéndonos de lo que es capaz de hacer. Esto a su vez hablará por el cliente, razón fundamental para el negocio de la organización de software.

Si el desempeño del proceso es satisfactorio, entonces este es capaz, si no debe cambiar dado que la variación es intrínseca al proceso en sí.

Al definir con que bases se puede aplicar el control estadístico de procesos al proceso de software, la organización estará en condiciones para evaluar y en su caso mejorar, o inclusive defender, sus procesos de desarrollo en cuanto a los impactos y beneficios que de este emanan, y finalmente comparar estos con los costos de los cambios hechos al proceso valorando su capacidad.

### 2. PROCESO DE SOFTWARE

El término proceso tiende a tener diferentes significados para las personas, así que se considera importante clarificarlo dentro del contexto del ambiente de software.

“Un proceso se puede definir como la organización lógica de personas, materiales, energía, equipo y

procedimientos dentro de las actividades productivas diseñadas para producir resultados finales especificados” [Pall, Gabriel A.:1987] [4].

Un proceso de software se describe como:

“... un conjunto de actividades, métodos, prácticas y transformaciones que las personas usan para desarrollar y mantener software y los productos asociados (e.g., planes de proyectos, documentos de diseño, código, casos de prueba, manuales de usuario)” [Carnegie Mellon University.:1995] [1].

El proceso de software no sólo es el proceso global de desarrollo del software sino cualquier proceso o subproceso usado por un proyecto de software o una organización, como lo es la planeación, estimación, diseño, codificación, pruebas, inspección, revisión, medición y control, así como las tareas y actividades que estos comprenden.

### **3. LA MEJORA EN EL PROCESO DE SOFTWARE**

Aún cuando un proceso puede estar definido y bajo control, puede no ser capaz de producir software que cumpla con las necesidades del cliente o las metas organizacionales. Los procesos pueden mejorarse realizando cambios que mejoren las capacidades existentes o que reemplacen los existentes con otros que sean más efectivos o eficientes. Los tres objetivos claves de mejora de procesos en una organización son:

1. Entender las características de los procesos existentes y los factores que afectan la capacidad del proceso.
2. Planear, justificar, e implementar acciones que modifiquen los procesos para que cumplan mejor las necesidades del negocio.
3. Evaluar los impactos y los beneficios obtenidos, y compararlos con los costos de los cambios hechos al proceso.

Los productos y servicios que resultan de los procesos tienen atributos medibles que pueden ser observados para describir la calidad, cantidad, costo y plazos. Si los valores actuales de estos atributos son conocidos, y si el proceso produce con la calidad que se desea entonces se pueden determinar los puntos de referencia desde los cuales se introducirán y validarán los ajustes y mejoras al proceso.

### **4. DIFERENCIAS ENTRE EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS DE MANUFACTURA Y DE SOFTWARE**

Dado que el uso de gráficas de control es reciente en el software el uso de métodos estándar de

manufactura es necesario. Aún cuando es un punto razonable de inicio, se hace importante la distinción de algunas diferencias claves entre el proceso de manufactura y el proceso de software. A continuación se enlistan algunas que deben tomarse en cuenta al aplicar control estadístico al proceso de software:

En el proceso de software los datos no se presentan de forma tan frecuentes, por tanto una técnica basada en muestreo es raramente usada, la cual es comúnmente usada en manufactura en las cartas X-Barra.

En procesos de manufactura, el enfoque al usar gráficos de control es regresar el proceso a un estado estable bajo control eliminando causas asignables de variación, de tal forma que las pérdidas en la producción futura sean minimizadas. En el proceso de software, la preocupación más importante es corregir el punto que ha caído fuera de los límites de control. La acción puede resultar en re-inspeccionar, mejorar las pruebas, mejorar el proceso de inspección.

En el proceso de software casi todos los procesos son ejecutados por humanos (inspecciones, pruebas unitarias, diseño, codificación, etc.), dado lo cual la variación entre valores de diferentes puntos puede ser grande. En procesos de manufactura es raro observar variaciones grandes, debido a que el proceso es altamente repetitivo y predecible.

En el proceso de manufactura, si este debe ser detenido, debido a que un punto cae fuera de los límites de control, el costo de hacerlo puede ser muy alto. Así mismo el costo de modificar o “arreglar” el proceso para eliminar las causas asignables puede llegar a ser alto también. Por otro lado en el proceso de software estos costos pueden resultar pequeños debido a la naturaleza del proceso que no requiere actividades de apagado e inicio como regularmente se requieren en producción.

### **5. RETOS EN LA APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS AL PROCESO DE SOFTWARE**

En la implementación se presentan diversos retos que deben ser considerados. Aquí se mencionan los más importantes:

Al analizar los datos sobre el desempeño del proceso es importante identificar todas las fuentes de variación en el proceso para que no queden ocultas o inadvertidas.

Los datos demasiado agrupados deben considerarse ya que puede deberse a definiciones operacionales pobremente formuladas de las mediciones de

productos y procesos, descripciones inadecuadas y registro de información contextual y el trabajar con datos cuyos elementos son combinación (mezclas) de valores provenientes de fuentes no homogéneas o de diferentes sistemas.

Cuando los valores medidos de variables continuas no contienen suficiente granularidad, entonces la discrecionalidad que pueden representar los resultados puede llegar a enmascarar la variación del proceso, así como los valores que son truncados o redondeados en la dirección del límite de control más cercano pueden fácilmente dar señales fuera de control.

Dada la naturaleza no-repetitiva de los procesos de software y sus productos, se considera difícil alcanzar la homogeneidad de los datos. Cuando más de dos valores se colocan en un subgrupo al mismo tiempo se asume que estas mediciones fueron tomadas bajo las mismas condiciones y que cualquier diferencia entre ellas es debida a variación común o natural.

Los diferentes productos son consecuencia del trabajo de diferentes miembros del equipo del proyecto, dado lo cual el resultado representa datos del proceso de software que están agregados a través de varios individuos. La situación equivalente en manufactura se da cuando se colocan datos de diferentes máquinas en la misma gráfica de control, lo cual no sería aceptable dado que conllevaría mezclas o estratificación. Esto también conlleva problemas en la conservación de la secuencia de tiempo de los datos.

Recolectar los datos de una forma individual podría resolver el problema planteado pero puede tener consecuencias considerables si cupiera la posibilidad del uso motivacional de estos, por ejemplo durante evaluaciones de desempeño. Así mismo la recolección individual de los datos también disminuye de forma significativa la cantidad disponible para cualquier análisis estadístico específico.

## 6. SELECCIÓN DE GRÁFICAS DE CONTROL

Dado que la mayoría de las mediciones que se pueden obtener del proceso de software son del tipo atributo, como por ejemplo defectos por página, el número de artículos defectuosos encontrados, porcentaje de no-conformidades en la entrada a una fase, la gráfica de control que ofrece la más amplia aplicabilidad para los procesos de software es la XmR. Para este tipo de datos, la gráfica de individuales y rangos móviles XmR es usada para

examinar el comportamiento secuencial en el tiempo de los datos procesados.

“Las XmR no tienen un requisito de distribución de los datos a diferencia de otras gráficas por atributos como las  $c$  o las  $u$ , las cuales requieren que el proceso tenga una distribución Poisson; o como las  $p$  o las  $np$  que requieren que los procesos sigan una distribución binomial. Más aún las gráficas XmR permiten evitar el problema de mantener la homogeneidad de los subgrupos tomados a través de intervalos de tiempo amplios y por tanto puede usarse para datos periódicos” [Florac, William: 1999] [2].

Las gráficas XmR asumen una desviación estándar constante a través de todas las observaciones, y son aplicables sin considerar si el área de oportunidad es constante o variable. No obstante, existe una situación cuando los límites de control se vuelven más amplios, y las gráficas de control se vuelven menos sensibles a las causas asignables cuando contienen datos no-homogéneos. Así como los resultados de una gráfica XmR se vuelven poco confiables cuando los eventos son muy escasos y los conteos son pequeños y los valores de cero se vuelven comunes.

Lo recomendable al iniciar la implementación del control estadístico de procesos es el uso de una sola gráfica de forma organizacional para reducir la confusión entre los usuarios.

## 7. SELECCIÓN DEL PROCESO

Una recomendación importante al implantar control estadístico de procesos para los procesos de software es que no sea aplicado de manera inicial en todas las situaciones del software de la organización sino de forma gradual.

“Es irracional esperar que todos los procesos de software sean administrados usando gráficos de control” [Paulk, Mark C.: 2000] [5].

Más aún, lo importante es identificar cuales con los procesos críticos que pueden ayudar a conseguir las metas del proyecto o de la organización y cuales son los atributos de los procesos o productos que requieren mejora. Para empezar pueden elegirse atributos que estén relacionados con la calidad del producto, la duración del proceso, las salidas del producto y los costos del proceso, que pueden ser comunes a muchos procesos de software. Ejemplos más específicos son:

- La variación de la estimación del esfuerzo
- La variación de la estimación del plazo
- La densidad de defectos entregada
- La productividad

- La eficiencia en la eliminación de defectos

## 8. SELECCIÓN DEL NIVEL DEL PROCESO

La capacidad del proceso puede determinarse teóricamente en cualquier nivel. La aplicación de las técnicas en un nivel muy bajo puede perder la adición de valor; en un nivel muy alto puede perder significado.

En muchos casos, se ha encontrado que es en los niveles de subproceso donde puede verdaderamente llevarse a cabo la mejora, debido a que en los niveles más altos existe mucha variación para que pueda identificarse con claridad las acciones de mejora.

## 9. PROCESOS INESTABLES

El uso de control estadístico en procesos aún inestables, como la definición de requisitos, la arquitectura de software y otros procesos gerenciales que toman más tiempo en estabilizarse. Los procesos de software que se pueden estabilizar más rápido son el diseño, el código, y las pruebas, dado que cuentan con una cantidad adecuada de datos para inspeccionar y poder así aplicarlo en un control estadístico de procesos.

Sin estabilidad en el proceso y el conocimiento relativo de lo que puede hacer, no es posible distinguir las señales en los valores medidos con el ruido aleatorio que lo acompaña, de hecho, en esos casos no existen bases para reconocer las causas amigables. Por lo tanto, el esfuerzo inicial debe ser para asegurar que el comportamiento del proceso pueda ser estable por un tiempo suficiente para detectar cualquier situación inusual antes de que el control estadístico de procesos les sea aplicado.

## 10. PROBLEMAS ASOCIADOS A LOS DATOS

Los problemas más comunes asociados con los datos al aplicar el control estadístico de procesos se pueden identificar como:

- Datos faltantes, por ejemplo, que versión está en uso en que aplicación, total de páginas desconocidas, antigüedad de las no-conformidades reportadas.
- Demasiados valores sospechosos para algunos atributos, datos imprecisos y no granulares que conllevan al redondeo o tomar mediciones muy frecuentemente.
- Datos altamente condensados que conlleven a mucha variabilidad en los límites de control.

- Recolección al final de la fase o mensualmente que resultan tardíos para control en tiempo real.
- Altos volúmenes de datos en algunos procesos al nivel de subprocesos que requieren categorización, por familia de productos, dominio de la aplicación y en otros grupos útiles para un control efectivo y para propósitos de comparación.
- Datos insuficientes para algunos procesos en proyectos más pequeños con iteraciones insuficientes, liberaciones limitadas una o dos veces al año, o proyectos piloto con pocos datos.

“Una buena solución para problemas asociados con datos al implementar control estadístico de procesos en los procesos de software es mejorar la calidad de los datos o iniciar nuevamente la recolección. Sin embargo, debe tenerse cuidado de no calcular límites con menos de 20 puntos confiables.” [Paulk, Mark C.: 2000] [5].

## 11. DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE CAUSAS ASIGNABLES

Una vez que se ha determinado un proceso que no es estable deben tratar de encontrarse las razones para las causas asignables y tomar las acciones necesarias para evitar una recurrencia. Es importante reconocer que corregir la causa asignable no es lo mismo que cambiar el proceso.

Al eliminar las causas asignables esencialmente se repara el proceso y se regresa a un estado repetible el cual es un estado muy importante de alcanzar. Cuando el proceso no es estable, entonces se vuelve razonable introducir cambios que mejoren la capacidad del proceso o su desempeño. Sin la estabilidad del proceso, como línea base desde la cual empezar, es muy probable que se intercambie una condición inestable por otra.

## 12. CONCLUSIONES

El proceso de software abarca cualquier subproceso que lo conforma y aún cuando este sea definido y estable puede que el software que se produce con el mismo no cumpla con los requisitos del cliente, sin esta estabilidad como la línea base para iniciar se estará cambiando de un proceso con ciertas condiciones de inestabilidad a otro con condiciones diferentes pero aún inestable.

El control estadístico para el proceso de software nos permite entender en busca de la estabilidad: los procesos existentes y los factores que lo afectan,

llevar a cabo modificaciones a los procesos para que cumplan de mejor forma y evaluar los impactos y beneficios obtenidos en comparación a los costos de las modificaciones.

La principal diferencia, con un proceso de manufactura en la implementación del control estadístico en el proceso de software, es que la preocupación más grande es corregir el punto que ha caído fuera de los límites de control ya que el costo asociado con detener el proceso para investigar con el riesgo de encontrar falsas alarmas es pequeño ya que no requiere actividades de apagado y arranque que son muy costosas en la producción.

Por otro lado un punto más a considerar es que los procesos de software rara vez son ejecutados por máquinas y por lo consiguiente no son repetitivos, ni generan grandes cantidades de datos, por el contrario son ejecutados por humanos y por consiguiente la variación entre los valores es más grande. La agregación de datos a través de varios individuos causa un efecto como tomar datos de diferentes máquinas en un proceso de manufactura.

Tomando en consideración lo anterior la recomendación en la búsqueda inicial de estabilización en el proceso de software debe centrarse en procesos como el diseño, la codificación y las pruebas ya que generan una cantidad mayor de datos para inspeccionar en comparación con los demás procesos, como el análisis y la administración del mismo.

Con el conocimiento del proceso de software que se controla en la organización se puede alcanzar una madurez de procesos que permita identificar claramente aquellas partes del proceso susceptibles de este control y en las cuales la disminución de la variación a niveles aceptables resultará en productos y servicios satisfactorios al cliente.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Carnegie Mellon University, “*El Modelo de Madurez de Capacidad (CMM)*”, Addison-Wesley. 1995.
- [2] Florac, W., “*Medición del Proceso de Software*”, Addison-Wesley. 1999.
- [3] Montgomery, D., “*Control Estadístico de la Calidad*”, Limusa. 2005.
- [4] Pall, G., “*Administración de la Calidad del Proceso*”, Prentice Hall.
- [5] Paulk, M. “*Control Estadístico de Procesos en el Proceso Personal de Software*”. Instituto de Ingeniería de Software, Universidad Carnegie Mellon. 2000.

## ANÁLISIS DE MATERIALES OBSOLETOS EN UN SISTEMA DE MANUFACTURA

*B. A. Samaniego Pérez*

*Instituto Tecnológico de Querétaro*

*bernardo.samaniego@descauto.com*

**RESUMEN:** El presente trabajo plantea un modelo de solución a un problema de control de inventarios en un sistema de producción por medio del análisis del comportamiento histórico de las partes conformantes de ese sistema y la comparación contra el volumen actual, a fin de obtener el “coeficiente de cobertura” de cada una de las partes.

**Palabras clave:** inventario, cobertura.

**ABSTRACT:** The current work suggest a solution model to an inventory management problem within a manufacturing system by the historical behavior of the conforming parts and the comparison against the current volume, obtaining the “coverage index” for every part.

### 1. INTRODUCCIÓN

La industria nacional se encuentra actualmente en una encrucijada, “Renovarse o morir”, que aplicado a las compañías mexicanas se podría interpretar como renovarse o sucumbir ante las nuevas superpotencias económicas globales como lo son China y la India, que parecen estar captando el mensaje de la globalización más rápido que las empresas mexicanas. Estas requieren cambiar muchas prácticas de negocio actuales para convertirse en empresas más ágiles y con mayor capacidad de adaptación a los cambios del mercado, a fin de poder competir en costo con la industria principalmente china.

México ha pasado del segundo al tercer lugar como socio comercial de Estados Unidos, siendo desplazado por China. Ahora, ese tercer lugar vuelve a ser amenazado ahora por Japón y un poco más distante por Alemania. El principal socio y cliente de los productos mexicanos es Estados Unidos, y eso no se espera que cambie en el corto y mediano plazo.

Una de las características que la industria requiere para continuar por el sendero de la competitividad es un buen manejo y control de los inventarios de la planta, los cuales si se administran de manera eficiente, se convertirán en una herramienta muy valiosa a fin de hacer frente a la competencia exterior.

En la administración de inventarios, es frecuente enfrentarse a problemas de obsolescencia de material, ya sea por cambios de ingeniería, pérdidas de contratos con clientes, cancelaciones de pedidos y planeación de producción inadecuada.

Las consecuencias de tener un problema en el control del inventario (que puede ser un alto o bajo nivel) de los materiales impactan directamente a los

indicadores de resultados de la organización, como lo son el EBITDA<sup>1</sup>, el ROI<sup>2</sup> o el margen operativo.

### 2. PLANTEAMIENTO

Inventario es la cantidad física que hay en existencia de cualquier artículo o recurso que es usado en una organización. Un sistema de inventarios es el conjunto de reglas, políticas y controles que monitorean los niveles de inventarios de manera que dichos niveles sean mantenidos dentro de ciertos parámetros establecidos por la misma organización.

La problemática en el control de inventarios es una situación común en la industria actual. El problema se presenta principalmente en la mediana y gran industria, en donde tanto la cantidad de partes como los niveles de inventario de dichas partes manejados son o tienden a ser bastante grandes. Las micro o pequeñas industrias, por su mismo tamaño, y por el volumen de operaciones que manejan, no afrontan estos problemas de una forma tan aguda. Hoy en día las medianas y grandes empresas tienen incorporados sistemas de manufactura que las apoyan en las tareas de control de la operación de la empresa, nos enfocaremos en el caso específico de este tipo de industria en el problema a resolver.

Los sistemas de manufactura han alcanzado un nivel de sofisticación muy elevado en cuanto a recibir los requerimientos (releases) de los clientes vía electrónica, así mismo, el mismo sistema se puede encargar de hacer lo propio hacia las áreas productivas y de compras de las organizaciones con poca o ninguna interferencia por parte del hombre, los cuales los vuelven prácticamente sistemas a prueba de errores, pero por otro lado, aunque dichos sistemas nos retroalimentan respecto al estado actual de inventario en cuanto a cantidades de material de

<sup>1</sup> Término en inglés que se refiere a las ganancias antes de impuestos, intereses y depreciación

<sup>2</sup> Término en inglés que se refiere al retorno de la inversión

determinados números de parte, además de entradas, salidas y en general de todas las transacciones que sufre el material, los sistemas no son capaces de discernir cuando hay un problema de inventario, que puede deberse a "N" razones diferentes como cambios de proceso o diseño en las partes que crean una gran cantidad de obsolescencia, cambios repentinos en las órdenes de trabajo que afectan a todo el proceso, planeación de producción inadecuada o deficiente, etc.

Actualmente los sistemas de manufactura son capaces de almacenar los datos históricos de la planeación de la producción, pero esa información no es usada como retroalimentación hacia la planeación de producción actual, lo cual representa una desventaja pues se puede estar sobre-inventariando o lo contrario bajo-inventariado cualquier material, con sus consabidas consecuencias en los resultados financieros de las organizaciones.

Las consecuencias de tener un problema en el control del inventario (que puede ser un alto o bajo nivel) de los materiales impactan directamente a los indicadores de resultados de la organización, como lo son el EBITDA, el ROI o el margen operativo.

Una reciente legislación emitida por el H. Congreso de la Unión para la miscelánea fiscal del 2005, la cual modificó el régimen de deducción de las compras por el de ventas, lo cual implica que ahora el abastecerse con inventario excedente no va a tener un beneficio fiscal para las empresas, sino que dicho beneficio vendrá hasta que la venta del producto sea concretada, vino a poner nuevamente la discusión sobre los niveles de inventarios a la mesa. Tantas han sido las protestas por parte del sector patronal debido a que inicialmente se podría elevar la carga fiscal a las compañías, que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) ha establecido una transición a doce años para que entre en vigor dicha ley.

La SHCP explicó que el sistema de deducción de compras se estableció como incentivo para las empresas cuando la inflación era muy elevada. Sin embargo, el esquema generó "distorsiones en la recaudación", por lo que optó por modificarlo.

#### **Costo de lo vendido**

Las empresas industriales y comerciales tendrán que trabajar a marchas forzadas a fin de cumplir con la deducción del costo de lo vendido en lugar de la deducción por adquisición de mercancías.

Hasta el 31 de diciembre del 2004 las empresas podían deducir impuestos desde el momento de la compra (lo que implicaba el manejo de inventarios),

pero a partir del 1º de enero la deducción se hará hasta el momento de la venta<sup>3</sup>.

Antes que nada las empresas tendrán que inventariar sus mercancías al 31 de diciembre, tarea que para muchos, principalmente las tiendas de autoservicio y departamentales, resultará titánica.

El despacho de asesoría y financiera Deloitte recuerda que hasta 1986 la deducción de las mercancías se hacía en el momento en que formaban parte del costo de lo vendido, y a partir de 1987 con la entrada en vigor de la base nueva, como consecuencia de la inflación, la deducción de la mercancía procedía al momento de la compra.

En esos años la inflación en México era galopante y, por consiguiente, la deducción de las mercancías en el momento de las ventas hubiera resultado menor. "Hoy día la inflación es de un dígito, por lo que ya no se justifica que se deduzcan las adquisiciones de las mercancías", dice Deloitte.

Para este despacho, el esquema se retoma con el objeto de simplificar la carga administrativa de los contribuyentes y de empatar, para efectos fiscales, la deducción con la obtención de ingresos.

Por ejemplo, en una escuela de natación que compra trajes de baño, éstos se llevan a un inventario en la parte de activos, con abono a bancos, y de acuerdo a cómo se vayan vendiendo se llevan al costo de ventas para hacer la deducción.

Lo que ocurre en este ejemplo es que si se compraron 30 mil pesos durante tres meses y sólo salieron 10 mil pesos, entonces únicamente se pueden hacer deducibles 10 mil pesos.

Con el anterior esquema muchas tiendas y supermercados se atiborran de mercancías en diciembre para hacer planeación fiscal, pues deducían las compras.

### **3. DESARROLLO**

#### **3.1 Entradas.**

Como información de entrada hemos definido que requerimos lo referente a movimientos de materiales del año en curso, así como de los 2 años inmediatos anteriores; esto con el fin de que al análisis sea realizado sobre la mayor cantidad de información posible y minimizar el riesgo de que el modelo proporcione información incorrecta, lo que causaría que el analista de inventarios tomara una decisión incorrecta.

A fin de asegurar un análisis lo mas confiable y rápido posible, será un requisito que el sistema de

<sup>3</sup> [estadis.eluniversal.com.mx/notas/262251.html](http://estadis.eluniversal.com.mx/notas/262251.html)

inventarios que se pretenda analizar bajo el modelo de coberturas cuenta con un sistema de manufactura, esto debido a que éstos administran de una manera muy confiable las transacciones de materiales (específicamente las entradas y salidas de sus diversas localizaciones dentro de los almacenes de la organización).

Como una medida de seguridad, a fin de evitar la toma de una decisión errónea, se considerará el pronóstico de consumo futuro de las partes que conforman el sistema de manufactura a 8 semanas. La manera de operar de la restricción es la siguiente: el índice de cobertura será igual al número obtenido del modelo de coberturas solo si el valor del pronóstico de consumo futuro es igual a cero, en caso de que el pronóstico del consumo futuro sea un valor positivo, esto indicará que el material no es un obsoleto sino un material de lento movimiento, por lo que el índice de coberturas será igual a cero a fin de evitar un posible problema de desabasto debido a una toma de decisión errónea respecto al destino del supuesto obsoleto.

### 3.2 Asignación de variables

Para la variable correspondiente al segundo año anterior utilizaremos la letra minúscula griega zeta “ζ”.

Para la variable correspondiente al primer año anterior utilizaremos la letra minúscula griega phi “φ”

Para las variables correspondientes a los últimos 6 meses (24 semanas) anteriores al mes en que se efectúa el análisis utilizaremos la letra minúscula griega lambda “λ”.

Para la variable correspondiente a designar la cantidad en existencia utilizaremos la letra griega alpha “α”.

Para la variable correspondiente al índice de cobertura, utilizaremos la letra mayúscula griega omega “Ω”.

Para la variable correspondiente a designar el pronóstico de consumo futuro se utilizará la letra “x”.

La restricción operará de la manera indicada en la ecuación 1.1

$$\Omega = \begin{cases} \Omega, & \text{si } x = 0 \\ 0, & \text{si } x > 0 \end{cases} \quad \text{Ecuación (1.1)}$$

### 3.3 Modelado

El modelo de coberturas es un modelo del tipo lineal, utilizaremos el promedio ponderado de los 6 meses anteriores (26 semanas), así como del primero

y segundo años anteriores (52 semanas), dando mayor peso al promedio de los 6 meses anteriores y el menor peso al promedio del segundo año anterior.

Al promedio de los 6 meses inmediatos anteriores lo definiremos como λ', el cual será calculado de la manera que a continuación se describe en la ecuación 1.2:

$$\lambda' = \frac{\sum_{i=1}^8 \lambda_i}{26} \quad \text{Ecuación (1.2)}$$

Donde λ<sub>1</sub>, λ<sub>2</sub>, ..., λ<sub>7</sub> son los valores correspondientes a los movimientos de salida de una parte dentro del sistema de manufactura para las 26 semanas inmediatas anteriores al mes en el cual se realiza el análisis.

El dato de entrada serán los consumos anualizados de los 2 años previos al año actual del análisis y se definen en las ecuaciones 1.3 y 1.4 :

$$\zeta' = \frac{\zeta}{52} \quad \text{Ecuación (1.3)}$$

$$\phi' = \frac{\phi}{52} \quad \text{Ecuación (1.4)}$$

Donde φ corresponde al dato del consumo anualizado correspondiente al año calendario inmediato anterior al año actual del análisis y ζ corresponde al dato del consumo anualizado correspondiente al segundo año calendario anterior al año actual del análisis. Serán divididos entre 52 a fin de obtener el promedio semanal.

Para calcular el índice de coberturas se usará un promedio ponderado dando mayor peso al promedio de los 6 meses previos al mes del análisis λ', el cual tendrá un peso de 3; a continuación se le asignará un peso de 2 al promedio del año inmediato anterior al año del análisis φ' y por último el promedio del segundo año anterior al año del análisis ζ' tendrá un peso de 1. En el cuadro 1 se resume la asignación del peso a cada promedio.

| PESO | PROMEDIO |
|------|----------|
| 3    | λ'       |
| 2    | φ'       |
| 1    | ζ'       |

**Cuadro 1**

El índice de coberturas Ω se obtiene de dividir la cantidad en existencia α por el promedio ponderado de los consumos de los 6 meses inmediatos anteriores y del primer y segundo años completos anteriores como se muestra en la ecuación 1.5.

$$\Omega = \frac{6\alpha}{3\lambda + 2\phi + \zeta} \quad \text{Ecuación (1.5)}$$

El número obtenido será el índice de cobertura de la parte y estará expresado como la cantidad de meses que la parte tiene cubiertos dentro del sistema de manufactura.

El objetivo del modelo de coberturas es el de obtener los índices de cobertura de cada número de parte que conforma el sistema de manufactura para posteriormente realizar una clasificación por rangos de coberturas de manera que dicha información pueda ser usada como evidencia objetiva y analítica en la toma de decisiones respecto al estado del inventario, así como una herramienta para evitar la reincidencia de problemas de sobre-inventario en los números de parte siendo analizados.

El índice de coberturas deberá ser comparado contra el pronóstico de consumo futuro para las 8 semanas siguientes, a fin de que el valor  $\Omega$  no viole la restricción descrita en la ecuación 1.1.

#### 4. CONCLUSIONES

El análisis de las coberturas de los materiales existentes en un sistema de manufactura hace posible la fácil identificación de los materiales considerados como obsoletos, y a través de su identificación es posible la toma de decisiones correspondientes a su reducción y/o eliminación, lo que se manifestará a su vez en ahorros por costo de almacenaje, mantenimiento y venta.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Muller, Max. "Essentials of Inventory Management" Nov 2002.
- [2] Wild, Tony. "Best Practice in Inventory Management, Second Edition" Ago. 2002.
- [3] Porteus, Evan L. "Foundations of Stochastic Inventory Theory" Sep 2002.

## ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA EN LA REGENERACIÓN NATURAL DE *Pinus cooperi* C. E. Blanco y *Pinus leiophylla* EN LA REGIÓN DE EL SALTO, PUEBLO NUEVO, DURANGO

### Estimation of aboveground biomass in the natural regeneration of *Pinus cooperi* C. E. Blanco and *Pinus Leiophylla* in the region of El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

B. Vargas Larreta<sup>1</sup>, J. A. Plata Hernández<sup>2</sup>, A. Nájera Luna<sup>1</sup>, J. de J. Graciano Luna<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Profesor-Investigador. Área Forestal. Instituto Tecnológico de El Salto (ITES). Mesa del Tecnológico s/n. El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. C.P. 34950, México. Correo electrónico: [bvargas@web.de](mailto:bvargas@web.de)

<sup>2</sup> Tesista del Programa de Licenciatura en Ingeniería Forestal (ITES).

**RESUMEN:** Se ajustaron 14 modelos para estimar biomasa aérea total, de hojas, ramas y fuste de la regeneración natural de *Pinus cooperi* C. E. Blanco y *Pinus leiophylla* en la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. La muestra consistió de 120 árboles seleccionados al azar, de los cuales se obtuvieron las siguientes variables dasométricas: diámetro a la base, altura total, diámetro normal, diámetro y altura de copa. Para evaluar la bondad del ajuste y seleccionar el mejor modelo, se tomaron en consideración los estadísticos coeficiente de determinación ajustado, error medio cuadrático, sesgo, significancia de los parámetros del modelo, así como el número de variables consideradas en el mismo. Los resultados mostraron que los mejores ajustes se obtuvieron en la estimación de la biomasa total, del fuste, de ramas y de hojas, respectivamente, a través de modelos que consideran el diámetro a la base como variable independiente.

**PALABRAS CLAVE:** Biomasa, Regeneración, *Pinus leiophylla*, *Pinus cooperi*.

**ABSTRACT:** 14 models were fitted to estimate total stand aboveground biomass in the natural regeneration of *Pinus cooperi* C. E. Blanco and *Pinus leiophylla* in the region of El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. The sample consisted of 120 trees selected at random, of which the following variables were obtained: diameter to the base, total height, crown diameter and crown height. To evaluate the goodness of fitting and select the best model were taken in account the best statistic values such as the adjusted coefficient of determination, mean square error, bias, significance of the parameters of the model, as well the number of variables in the model. The results showed that the better adjustments were obtained in the estimation of the total biomass, stem, branches and leaves respectively, through models that consider the diameter to the base as independent variable.

**KEY WORDS:** Biomass, regeneration, *Pinus leiophylla*, *Pinus cooperi*.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los bosques desempeñan un papel central en el ciclo del carbono, pues lo capturan de la atmósfera, a medida que crecen, y lo almacenan en sus tejidos. Debido a la gran cantidad de biomasa acumulada en los bosques, éstos constituyen una de las más grandes reservas y sumideros de carbono (Montero *et al.*, 2005). El conocimiento y cuantificación de los diferentes reservorios de carbono dentro del bosque y su repartición en las diferentes fracciones del árbol, así como las rutas que sigue el carbono almacenado en cada uno de esos reservorios y fracciones de biomasa del árbol, es una tarea más de la gestión de las masas forestales. Ante esta situación, el manejo forestal debe considerar en sus objetivos la estimación de la biomasa como una aproximación para conocer el monto de carbono que pueden contener los diversos compartimentos del árbol (hojas, ramas, fuste y total) y valorar al bosque no sólo como productor de bienes sino como generador de servicios ambientales y mitigadores del calentamiento global.

La biomasa forestal es el peso (o estimación equivalente) de la materia orgánica existente en un determinado ecosistema forestal ya sea por encima o por debajo del suelo (Ordoñez, 1998). Es frecuente

separarla en componentes, donde los más típicos corresponden a la masa del fuste, ramas, hojas, corteza, raíces, hojarasca y madera muerta. La determinación adecuada de esta variable en un bosque es un elemento de gran importancia debido a que ésta permite determinar los montos de carbono existentes en cada uno de sus componentes. Esta información es de especial importancia en la actualidad, debido a la necesidad de conocer los montos de carbono capturado por los bosques naturales y plantaciones, como un medio para mitigar los cambios climáticos generados por el consumo de combustibles fósiles, entre otros, que liberan una gran cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera (Schlegel *et al.*, 2000). El presente estudio es una contribución al conocimiento de los métodos de cuantificación de la biomasa aérea en la regeneración natural de *Pinus cooperi* y *P. leiophylla* en los bosques naturales de la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, como una herramienta de apoyo para los manejadores de este recurso.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en los Ejidos La Victoria y José María Morelos, Municipio de Pueblo Nuevo,

Durango. El área de estudio se encuentra sobre el macizo montañoso denominado Sierra madre Occidental al suroeste del estado de Durango. El rango altitudinal varía desde los 500 a los 3000 msnm. El relieve del terreno es pronunciado con algunas mesetas alineadas de suroeste a noroeste y algunos lomeríos y zonas onduladas. De acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1988), los climas predominantes son los C(W2) y C(E)(W2), templado y templado extremo en la parte alta, subhúmedos con lluvias en verano. Las principales especies comerciales son *Pinus durangensis*, *Pinus cooperi*, *Pinus teocote*, *Pinus leiophylla* y *Pinus engelmannii* (UCODEFO 6, 1997).

#### Muestreo y selección

Para seleccionar los árboles que fueron analizados, la región de El Salto se dividió en 2 zonas, el ejido La Victoria (zona 1) y el ejido José María Morelos (zona 2). Se seleccionaron al azar 120 brinzales como muestra total, de los cuales 60 pertenecieron a la zona 1 y 60 a la zona 2, con un total de 60 árboles por especie. Así mismo se consideraron 6 individuos para cada una de las siguientes categorías diamétricas: 0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm, 6-8 cm y 8-10 cm a la base del fuste (Db).

#### Obtención de variables dasométricas

Una vez ubicados los árboles se procedió a realizar la medición de variables, tales como el diámetro a la base (DB), Altura total (AT), Diámetro de Copa (DC), Altura de Copa (AC), Altura a la primera inserción de rama (AIR), Número de anillos (NA) y Número de verticilos (NV). Después de ser medidos, se realizó el derribo de los árboles, para ser colocados posteriormente en bolsas de plástico con el fin de evitar la pérdida de humedad.

#### Análisis de laboratorio

Cada árbol fue separado en sus diferentes componentes (hojas, ramas y fuste). Cada componente fue pesado para obtener el peso verde total. Después las muestras obtenidas de cada individuo se embolsaron y etiquetaron para posteriormente ser introducidas en una estufa de secado convencional, manteniéndolas durante aproximadamente una semana, a una temperatura promedio de 75 °C hasta obtener el peso seco constante. El peso seco de cada componente fue obtenido por medio de una báscula electrónica con una precisión de 0.01 gr.

#### Modelos utilizados para la estimación de la biomasa aérea

Se probaron catorce modelos para estimar la biomasa seca en cada fracción del árbol, así como para el cálculo de la biomasa total (Cuadro 1). Los modelos de regresión utilizados están en función del diámetro a la base, la altura total, y la altura y el diámetro de la copa, variables dasométricas fácilmente medibles en campo.

**Cuadro 1. Modelos de regresión utilizados para estimar la biomasa aérea en regeneración de *Pinus cooperi* y *Pinus leiophylla***

| Modelo | Ecuación                           |
|--------|------------------------------------|
| 1      | $Y = b_0 + b_1 * (Db^2)$           |
| 2      | $Y = (b_0 + b_1 * Db)^2$           |
| 3      | $Y = Exp(b_0 + b_1 * Ln(H))$       |
| 4      | $Y = b_0 + Exp(b_1 * H)$           |
| 5      | $Y = b_0 + Exp(b_1 * Db^2)$        |
| 6      | $Y = Exp(b_0 + b_1 * (Db^2 + Dc))$ |
| 7      | $Y = Exp(b_0 + b_1 * Log(Db))$     |
| 8      | $Y = Exp(b_0 + Db) + (b_1 * Dc)$   |
| 9      | $Y = Exp(b_0 + Db) + (b_1 * Ac)$   |
| 10     | $Y = Exp(b_0 + b_1 * (Db^2))$      |
| 11     | $Y = b_0 + b_1 * Db$               |
| 12     | $Y = Exp(b_0 + b_1 * Ln(Db^2))$    |
| 13     | $Y = Exp(b_0 + b_1 * (Db))$        |
| 14     | $Y = Exp(b_0 + b_1 * H)$           |

Donde: Y=Biomasa de las hojas, ramas, fuste y total;  $b_0$ ,  $b_1$ =Parámetros del modelo; Exp=Exponencial; Ln=Logaritmo natural; Db=Diámetro a la base del árbol (cm); H=Altura total (cm); Dc=Diámetro de copa (cm), Ac=Altura de copa (cm).

Para el análisis de los datos y el ajuste de los modelos se utilizó el programas de análisis estadístico SAS 9.1 (SAS Institute, 2002).

#### Selección de los mejores modelos

La comparación de las estimaciones de los modelos se basó en el análisis gráfico y numérico de los residuales y en los valores de tres estadísticos: el sesgo ( $\bar{E}$ ), que evalúa la desviación del modelo respecto a los valores observados; el error medio cuadrático (EMC), que analiza la precisión de las estimaciones y el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2_{adj}$ ), que refleja la variabilidad total que

es explicada por el modelo considerando el número total de parámetros a estimar. Las expresiones de estos estadísticos son las siguientes:

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)}{n}$$

$$EMC = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}$$

$$R_{adj}^2 = 1 - \frac{(n-1) \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{(n-p) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

donde  $y_i$ ,  $\hat{y}_i$ ,  $\bar{y}$  son, respectivamente, los valores observado, predicho y promedio de la variable dependiente;  $n$  es el número total de observaciones utilizado para ajustar el modelo.

Además de los estadísticos descritos, una de las maneras más eficientes de evaluar la capacidad de ajuste de un modelo es la inspección visual, por lo que se analizaron los gráficos de residuos frente a valores predichos de la variable dependiente. Estos gráficos son útiles tanto para detectar posibles tendencias sistemáticas de los datos como para seleccionar factores de ponderación si fuesen necesarios debido a la presencia de heterocedasticidad (Neter *et al.*, 1996).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Biomasa del fuste

En el Cuadro 2 se muestran los estadísticos de ajuste de los modelos que presentaron los mejores resultados en la estimación de la biomasa del fuste para ambas especies en los dos ejidos. Las ecuaciones generadas para estimar la biomasa del fuste se presentan en el Cuadro 3.

En todos los casos el mejor modelo fue el 5, con valores del coeficiente de determinación ajustado con valores de 0.87 a 0.97; mientras que los valores del error medio cuadrático (EMC) oscilaron entre 0.045 y 0.408. También los valores de sesgo fueron bastante bajos, con un rango entre 0.041 y 0.381. Morales y Ruiz (2004), utilizaron ecuaciones lineales en la determinación del peso seco del fuste en regeneración de *Pinus cooperi*, y encontraron que el modelo de Meyer modificado fue el que mejor ajuste presentó al obtener valores de  $R^2$  de 0.96, un error de 0.037 y un coeficiente de variación 16.98%.

**Cuadro 2. Estadísticos de ajuste para la estimación de la biomasa del fuste**

| Especie                  | Modelo | Sesgo | $R_{adj}^2$ | EMC   |
|--------------------------|--------|-------|-------------|-------|
| <i>P. cooperi</i> (1)    | 5      | 0.071 | 0.94        | 0.077 |
| <i>P. cooperi</i> (2)    | 5      | 0.381 | 0.87        | 0.408 |
| <i>P. leiophylla</i> (1) | 5      | 0.041 | 0.97        | 0.045 |
| <i>P. leiophylla</i> (2) | 5      | 0.119 | 0.89        | 0.128 |

Donde: Ejido 1 = La Victoria, 2 = José María Morelos

**Cuadro 3. Ecuaciones para estimar la biomasa del fuste de *Pinus cooperi* y *P. leiophylla* en la región de El Salto P.N, Durango**

| Especie                  | Ecuación                             |
|--------------------------|--------------------------------------|
| <i>P. cooperi</i> (1)    | $Y = -1.0075 + Exp(0.01818 * Db^2)$  |
| <i>P. cooperi</i> (2)    | $Y = -1.0784 + Exp(0.021219 * Db^2)$ |
| <i>P. leiophylla</i> (1) | $Y = -0.99398 + Exp(0.01914 * Db^2)$ |
| <i>P. leiophylla</i> (2) | $Y = -1.01261 + Exp(0.01576 * Db^2)$ |

Donde:  $Y$ = Biomasa seca del fuste;  $Exp$ = Exponencial;  $Db$ = Diámetro a la base (cm).

Por otra parte, Montes de Oca y García (2005), utilizaron modelos similares a los utilizados en este trabajo para estimar la biomasa de la regeneración natural de *Pinus durangensis*, donde encontraron que el mejor modelo para estimar biomasa en el fuste presentó un coeficiente de determinación de 0.86 y un sesgo de 1.1241. Por su parte Arroyo y Paredes (2006), en una evaluación de la biomasa de la regeneración natural de *Pinus cooperi*, ajustaron los modelos utilizados por Montes de Oca y García (2005), donde encontraron que el mejor modelo para estimar biomasa en el fuste presentó una  $R^2$  igual a 0.97.

#### Biomasa de las ramas

En el Cuadro 4 se presentan los modelos que presentaron los mejores ajustes de acuerdo a los estadísticos de selección, para la estimación de la biomasa de las ramas.

**Cuadro 4. Estadísticos de ajuste para la estimación de la biomasa en ramas**

| Especie                  | Modelo | Sesgo | $R_{adj}^2$ | EMC   |
|--------------------------|--------|-------|-------------|-------|
| <i>P. cooperi</i> (1)    | 7      | 0.023 | 0.66        | 0.024 |
| <i>P. cooperi</i> (2)    | 7      | 0.028 | 0.91        | 0.030 |
| <i>P. leiophylla</i> (1) | 10     | 0.002 | 0.93        | 0.049 |
| <i>P. leiophylla</i> (2) | 10     | 0.004 | 0.91        | 0.067 |

Donde: Ejido 1 = La Victoria, 2 = José María Morelos

Para *Pinus cooperi* en el ejido La Victoria (1) y en el ejido José María Morelos (2), el mejor modelo fue el

No. 7, el cual presentó valores de  $R^2_{adj}$  de 0.66 y 0.91, un EMC de 0.024 y 0.030, y valores de sesgo de 0.023 y 0.028, respectivamente. Para *Pinus leiophylla* en el ejido La Victoria, el mejor modelo fue el 10, el cual presentó el valor más alto de  $R^2_{adj}$  (0.93), el menor EMC (0.049) y el menor sesgo (0.002). Para esta misma especie en el ejido José María Morelos, el mejor modelo resultó ser de igual manera el No. 10, para el cual se obtuvo una  $R^2_{adj}$  de 0.91, un valor del EMC de 0.067 y un sesgo de 0.004. Las ecuaciones generadas para estimar la biomasa de esta porción de los árboles se presentan en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Ecuaciones para estimar biomasa de las ramas para *Pinus cooperi* y *P. leiophylla* en la región de El Salto P.N, Durango**

| Especie                  | Ecuación   |
|--------------------------|--|
| <i>P. cooperi</i> (1)    | $Y = \text{Exp}(-6.04408 + 2.53008 * \text{Ln}(Db))$ |
| <i>P. cooperi</i> (2)    | $Y = \text{Exp}(-8.46119 + 4.05352 * \text{Ln}(Db))$ |
| <i>P. leiophylla</i> (1) | $Y = \text{Exp}(-3.4038 + 0.03629 * (Db^2))$         |
| <i>P. leiophylla</i> (2) | $Y = \text{Exp}(-3.07841 + 0.02966 * (Db^2))$        |

Donde: Y= Biomasa seca de ramas; Exp= Exponencial; Ln= Logaritmo natural; Db= Diámetro a la base (cm).

#### Biomasa de las hojas

En el Cuadro 6 se muestran los estadísticos de los modelos que presentaron los mejores ajustes en la estimación de la biomasa de las hojas para ambas especies en los dos ejidos.

**Cuadro 6. Estadísticos de ajuste para la estimación de la biomasa en hojas**

| Especie                  | Modelo | Sesgo | $R^2_{adj}$ | EMC   |
|--------------------------|--------|-------|-------------|-------|
| <i>P. cooperi</i> (1)    | 7      | 0.028 | 0.55        | 0.030 |
| <i>P. cooperi</i> (2)    | 13     | 0.014 | 0.92        | 0.015 |
| <i>P. leiophylla</i> (1) | 8      | 0.007 | 0.78        | 0.009 |
| <i>P. leiophylla</i> (2) | 7      | 0.006 | 0.82        | 0.008 |

Donde: Ejido 1 = La Victoria, 2 = José María Morelos

Para *Pinus leiophylla* (1), el mejor modelo fue el 8, con el valor más alto del coeficiente de determinación ajustado (0.78), el valor más bajo del EMC (0.009) y el menor sesgo (0.0072). Para *Pinus cooperi* (1), el mejor modelo fue el 7, el cual presentó valores de  $R^2_{adj}$  de 0.55, EMC de 0.03 y sesgo de 0.028. Para *Pinus leiophylla* (2), el modelo con el mejor ajuste fue el No. 7, con valores de 0.82, 0.008 y 0.006 para el coeficiente de determinación ajustado, el error medio cuadrático y el sesgo,

respectivamente. Por otra parte, para *Pinus cooperi* (2), el mejor modelo fue el 13, con una  $R^2_{adj}$  de 0.92, un EMC de 0.015 y un sesgo de 0.014. Los modelos empleados para estimar la biomasa de las hojas presentaron mejores ajustes en *Pinus cooperi* (2), seguido de *P. leiophylla* (2), *P. leiophylla* (1) y *P. cooperi* (1). Los valores de ajuste indican que a excepción de *Pinus cooperi* en el ejido La Victoria (1) los modelos se ajustan adecuadamente y estiman satisfactoriamente la biomasa de las hojas. Cabe mencionar que al igual que en el presente trabajo, otros autores presentan en su mayoría estadísticos bajos en la estimación de biomasa en las hojas (Montes de Oca y García, 2005; Arroyo y Paredes, 2006). Las ecuaciones resultantes para estimar la biomasa de las hojas se presentan en el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Ecuaciones para estimar la biomasa en ramas para *Pinus cooperi* y *P. leiophylla* en la región de El Salto P.N, Durango**

| Especie                  | Ecuación  |
|--------------------------|---|
| <i>P. cooperi</i> (1)    | $Y = \text{Exp}(-4.70825 + 1.88515 * \text{Log}(Db))$ |
| <i>P. cooperi</i> (2)    | $Y = \text{Exp}(-3.54731 + 0.41591 * (Db))$           |
| <i>P. leiophylla</i> (1) | $Y = \text{Exp}(-9.84049 + Db) + (0.13964 * Dc)$      |
| <i>P. leiophylla</i> (2) | $Y = \text{Exp}(-6.34218 + 2.51085 * \text{Log}(Db))$ |

Donde: Y= Biomasa seca de hojas; Exp= Exponencial; Log= Logaritmo; Db= Diámetro a la base; Dc= Diámetro de copa.

#### Biomasa total

En el Cuadro 8 se muestran los estadísticos de ajuste de los modelos seleccionados para estimar la biomasa total para ambas especies en los dos ejidos.

**Cuadro 8. Estadísticos de ajuste para la estimación de la biomasa total**

| Especie                  | Modelo | Sesgo | $R^2_{adj}$ | EMC   |
|--------------------------|--------|-------|-------------|-------|
| <i>P. cooperi</i> (1)    | 13     | 0.172 | 0.93        | 0.184 |
| <i>P. cooperi</i> (2)    | 13     | 0.396 | 0.94        | 0.264 |
| <i>P. leiophylla</i> (1) | 13     | 0.033 | 0.99        | 0.774 |
| <i>P. leiophylla</i> (2) | 13     | 0.199 | 0.90        | 0.213 |

Donde: Ejido 1 = La Victoria, 2 = José María Morelos

El mejor modelo fue el 13 para ambas especies en los dos ejidos. En todos los casos se obtuvieron ajustes aceptables, con valores del coeficiente de determinación ajustado mayores de 0.90, errores medios cuadráticos entre 0.18 y 0.77 y sesgos menores de 0.4. Estos resultados indican que para las dos especies en ambos ejidos los modelos

predicen adecuadamente la biomasa total. Las ecuaciones finales son presentadas en el Cuadro 9.

**Cuadro 9. Ecuaciones para estimar la biomasa total de *Pinus cooperi* y *P. leiophylla* en la región de El Salto P.N, Durango**

| Especie                  | Ecuación                                    |
|--------------------------|---|
| <i>P. cooperi</i> (1)    | $Y = \text{Exp}(-2.49676 + 0.44651 * (Db))$ |
| <i>P. cooperi</i> (2)    | $Y = \text{Exp}(-2.22118 + 0.46741 * (Db))$ |
| <i>P. leiophylla</i> (1) | $Y = \text{Exp}(-3.11049 + 0.52155 * (Db))$ |
| <i>P. leiophylla</i> (2) | $Y = \text{Exp}(-2.58373 + 0.42531 * (Db))$ |

Donde: Ejido 1 = La Victoria, 2 = José María Morelos

Montes de Oca y García (2005), encontraron en su trabajo sobre biomasa total en la regeneración natural de *Pinus durangensis*, valores de ajuste para el mejor modelo de 0.86, 8.76 y 1.51 para el coeficiente de determinación, el error medio y el sesgo, respectivamente; mientras que Arroyo y Paredes (2006), encontraron que para la estimación de la biomasa total en la regeneración natural de *Pinus cooperi*, el modelo con los mejores estadísticos presentó un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.97, mientras que el modelo con el peor ajuste obtuvo una  $R^2$  de 0.88.

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de los modelos seleccionados para estimar la biomasa total representados por la línea continua.

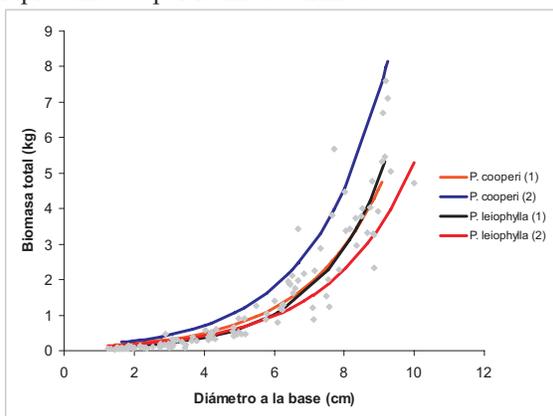


Figura 1. Comparación de los modelos seleccionados para estimar la biomasa total de la regeneración de *Pinus cooperi* y *Pinus leiophylla* en la región de El Salto P.N, Durango

Se observa que el comportamiento de los modelos es biológicamente plausible ya que se ajustan adecuadamente a los datos reales, es decir, estiman satisfactoriamente la cantidad de biomasa total de la regeneración de *Pinus cooperi* y *P. leiophylla* en las zonas consideradas en el estudio. En la figura se puede observar también que el diámetro a la base del fuste tiene una relación directa con la cantidad de biomasa que existe en los árboles, ya que conforme

aumenta el valor de esta variable, mayor es la cantidad de biomasa total. La cantidad de biomasa total que contienen los árboles de *Pinus cooperi* en el Ejido José María Morelos (2) es superior al resto, seguido por *Pinus leiophylla* en La Victoria, *P. leiophylla* en José María Morelos y *P. cooperi* en La Victoria. Sin embargo, la biomasa total para las dos especies en ambas zonas es muy similar para diámetros a la base de hasta 4 cm. Las ecuaciones obtenidas, aunque son bastante exactas, presentan un error aleatorio y por ello la suma de la biomasa del fuste, ramas y hojas difiere del resultado obtenido al aplicar la función para el árbol completo (biomasa aérea total). Esta diferencia puede resolverse utilizando el porcentaje correspondiente a la biomasa de cada fracción respecto al total. Multiplicando este porcentaje por el total de biomasa aérea obtenido a partir de la ecuación se consiguen los valores finales de biomasa por componente.

#### Porcentaje de biomasa por componente

Del 100% de la biomasa total de *Pinus leiophylla* en el ejido La Victoria (1), el 72.67% se localiza en el fuste, el 13.16% en las ramas y el 14.17% en las hojas. Para esta misma especie en el ejido José María Morelos (2), el 70.53% de la biomasa se concentra en el fuste, el 15.41% en las ramas y el 14.06% en las hojas. Por otra parte, para *Pinus cooperi* (1) la cantidad de biomasa en la fracción del fuste es de 67.95%, en las ramas el 15.30% y en las hojas el 16.75%. Así mismo se encontró que para *Pinus cooperi* (2) el porcentaje de biomasa en el fuste es el 60.69% del total, en las ramas el 20.21% y en las hojas el 19.1%.

Estos resultados demuestran que *Pinus cooperi* (2) contiene mayor cantidad de biomasa total con respecto a la regeneración de esta especie presente en el ejido La Victoria. Por su parte en *Pinus leiophylla*, la mayor cantidad de biomasa se presentó en el ejido La Victoria. Se observó que para *Pinus leiophylla* en ambas zonas la cantidad de biomasa en sus diferentes componentes y total es muy similar, pero para *Pinus cooperi* es notable la diferencia entre ejidos, ya que las cantidades de biomasa son claramente superiores en el ejido José María Morelos en todos los componentes y en la biomasa total.

#### 4. CONCLUSIONES

Las ecuaciones desarrolladas para evaluar el contenido de biomasa seca por componente, zona y

especie permiten hacer una rápida y confiable estimación de ésta y aportan valores de referencia para la regeneración de los bosques con las mismas especies, considerando como variable principal el diámetro a la base (Db). En términos generales los modelos seleccionados mostraron mejores ajustes al estimar la biomasa total, del fuste, de las ramas y de las hojas, respectivamente. Las ecuaciones derivadas de los modelos utilizados para la estimación de la biomasa aérea en la regeneración de *Pinus leiophylla* y *Pinus cooperi* en la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, son adecuadas y confiables para su aplicación en los ejidos donde se desarrolló el presente trabajo o en zonas con condiciones similares. Es importante mencionar que el análisis de la biomasa existente en cada una de las fracciones de los árboles de las dos especies de pino estudiadas, fue realizado para un rango de diámetro a la base del fuste de 1 a 10 cm, por lo que estimaciones fuera de este rango de diámetros deberán ser tomadas con cautela.

**Agradecimiento:** Este estudio se desarrolló con financiamiento de la **DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA** (DGEST), mediante el apoyo al proyecto de investigación: “Estimación del secuestro de carbono e identificación de áreas prioritarias mediante sistemas de información geográfica, en la región de El Salto, Durango”

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Álvarez-González J.G., Ruiz A.D., Rodríguez R.J. and Barrio M. 2005. “Development of ecoregion-based site index models for even-aged stands of *Pinus pinaster*” Ait. in Galicia (north-western Spain), Ann. For. Sci. 62, 115–127.
- [2] Arroyo T. J. y Paredes G. E. J. 2006. “Estimación de la biomasa total y por componentes de hojas, ramas, copa y fuste en *Pinus cooperi* de la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango”. Tesis profesional de licenciatura. Instituto Tecnológico Forestal de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. 48p.
- [3] Bates D.M. and Watts D.G. 1988. “Nonlinear regression analysis and its applications”, John Wiley & Sons, New York.
- [4] Calama R. y Montero G. 2004. “Interregional nonlinear height-diameter model with random coefficients for stone pine in Spain”. Can. J. For. Res. 34, 150–163.
- [5] Castedo F., Barrio M., Parresol B.R. and Álvarez-González J.G., 2005. *A stochastic height-diameter model for maritime pine ecoregions in Galicia (northwestern Spain)*. Ann. For. Sci. 62, 455–465.
- [6] García E. 1988. “Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen”. Cuarta Edición. 217 p.
- [7] Huang S., Price D. and Titus S.J. 2000. “Development of ecoregion-based height-diameter models for white spruce in boreal forests”, For. Ecol. Manage. 129: 125–141.
- [8] Khattree R. and Naik D. N. 1999. “Applied multivariate statistics with SAS software”, 2nd ed., SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- [9] Montes de Oca C. E. y García R. P. 2005. “Flujos y asimilación de CO<sub>2</sub> en la regeneración natural de *Pinus durangensis* en la Región de El Salto Durango”. Tesis profesional de licenciatura. Instituto Tecnológico Forestal No. 1, El Salto Pueblo Nuevo, Durango. 79 p.
- [10] Morales C. F. y Ruiz G. V. J. 2004. “Estimación del peso verde, peso seco y volúmenes de fuste, mediante densidad aparente de la madera en *Pinus cooperi* y *Pinus leiophylla* en la región de El Salto, Durango”. Tesis profesional de licenciatura. Instituto Tecnológico Forestal No. 1. El Salto Pueblo Nuevo, Durango. 92 p.
- [11] Montero G., Ruíz-Peinado R. y Muñoz M. 2005. “Producción de biomasa y fijación de CO<sub>2</sub> por los bosques españoles. Monografía No. 13, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentos”, INIA. España. 270 p.
- [12] Neter J., Kutner M.H., Nachtsheim C.J. and Wasserman W. 1996. “Applied linear statistical models”. 4th edition. McGraw-Hill, New York.
- [13] Ordoñez A. 1998. “Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para bosque templado: San Juan Nuevo, Michoacán”. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM, Ciudad de México.
- [14] SAS. 2002. “User’s guide: statistics”. Ver. 9.1. SAS. Institute Inc. 1050 p.
- [15] Schlegel B., Gayoso J. y Guerra J. 2000. “Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Manual de procedimientos muestreos de biomasa forestal”. Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- [16] UCOFEFO 6. 1997. “Memoria general de predios del programa de manejo forestal 1997-2007”. El Salto, Durango, México. 207 p.

## BIFURCATION ANALYSIS OF VOLTAGE-FED FIELD ORIENTED CONTROLLED INDUCTION MOTORS

R. Salas-Cabrera\*, C. A. Cañizares\*\*, E. N. Salas-Cabrera\*\*\*, G. Hernández Palmer\*\*\*,  
J. R. Rodríguez-Martínez\*\*\*, E. Castán-Rocha\*\*\*

\*Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica and División de Estudios de Posgrado e Investigación,  
Instituto Tecnológico de Cd. Madero, Av. Primero de Mayo S/N Cd. Madero, México.

\*\*University of Waterloo, Department of Electrical and Computer Engineering  
200 University Avenue West, Waterloo, ON, Canada, N2L-3G1

\*\*\* Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Instituto Tecnológico de Cd. Madero,  
Av. Primero de Mayo S/N Cd. Madero, México.  
salascabrera@aol.com

**ABSTRACT:** This paper presents an analysis of the equilibrium points of induction motor when field oriented voltage control is used. Thus, a study of the steady state of the motor and controller dynamics are carried out for the following cases: Rotor resistance known, rotor resistance as a function of the rotor frequency, and rotor resistance unknown. Under the assumption of the knowledge of the state vector, this paper demonstrates that the equilibrium point is unique for each one of these cases, thus showing that this control mechanism is robust, as the number of equilibrium points of the associated dynamical system are not affected by certain parametric changes in the system.

### 1. INTRODUCTION

The field oriented control is the most popular technique in applications where induction motor control is used [1]. For this reason, it is important to understand its behavior under different operating conditions. In particular, this paper presents a bifurcation analysis of the steady state conditions of the system composed by the motor and controller dynamics.

In this work, our main interest is to study the equilibria associated with the voltage-fed induction motor control operating with fixed control set points. Some parametric changes in the system are proposed, so that steady state stability and bifurcation studies can be performed. Three cases are studied. In the first one, all of the parameters are constant and known. In the second case, parameters are constant and known with the exception of the rotor resistance, which is expressed as a known function of the slip frequency; in other words, the influence of the skin effect on the rotor resistance is considered. In the third case, the rotor resistance is constant and unknown to represent cases such as temperature variations that affect its nominal value during normal operating conditions. In all these cases, the availability of the state vector of the induction motor is assumed.

Numerous experimental results about the *off-line* rotor resistance identification have been reported in the literature for several types of induction machines [2] [3] [4]. These works present the rotor resistance in terms of the rotor currents frequency (slip frequency), which may be modeled with a linear or nonlinear algebraic equation. The nonlinear

algebraic skin effect model presented in [4], which represents the rotor resistance as a rational function of the slip frequency, is used here.

In papers [5] and [6] issues related to the equilibrium points of the current-fed field oriented control are discussed. In these papers, inputs are the stator currents instead of the stator voltages. Therefore, a fourth-order model is considered, without using the stator equations.

In [5], the uniqueness of the equilibrium points of the composed system is guaranteed when there exists up to 200% of deviation in the rotor resistance estimate. In [6] it is assumed that the rotor time constant is unknown, therefore a degree of detuning may be considered when the equilibrium points of the composed system are calculated.

Some conditions were determined, in both [5] and [6], in order to guarantee the uniqueness (or multiplicity) of the equilibrium points. The present paper discusses similar issues, but for a voltage-fed field oriented control, which requires the use of an eighth-order model.

This paper is structured as follows: In Section 2 the induction motor model and the field oriented control are presented. Section 3 is dedicated to study the steady state of three different cases corresponding to different assumptions for the rotor resistance. Conclusions of this paper and future research directions are presented in Section 4.

### 2. FIELD ORIENTED CONTROL

Consider the following induction motor model expressed in the synchronously reference frame [7]:

$$\begin{aligned}
 \frac{d\omega_r}{dt} &= \frac{P}{2J}(T_e - T_L) \\
 \frac{di_{qs}}{dt} &= -\left(\frac{L_r^2 r_s + M^2 r_r}{L_r \sigma}\right) i_{qs} - \omega i_{ds} + \frac{Mr_r}{L_r \sigma} \lambda_{qr} \\
 &\quad - \frac{M}{\sigma} \omega_r \lambda_{dr} + \frac{L_r}{\sigma} v_{qs} \\
 \frac{di_{ds}}{dt} &= -\left(\frac{L_r^2 r_s + M^2 r_r}{L_r \sigma}\right) i_{ds} + \omega i_{qs} + \frac{Mr_r}{L_r \sigma} \lambda_{dr} \\
 &\quad + \frac{M}{\sigma} \omega_r \lambda_{qr} + \frac{L_r}{\sigma} v_{ds} \\
 \frac{d\lambda_{qr}}{dt} &= -(\omega - \omega_r) \lambda_{dr} - \frac{r_r}{L_r} \lambda_{qr} + \frac{r_r M}{L_r} i_{qs} \\
 \frac{d\lambda_{dr}}{dt} &= (\omega - \omega_r) \lambda_{qr} - \frac{r_r}{L_r} \lambda_{dr} + \frac{r_r M}{L_r} i_{ds}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Where  $\tilde{x} = [\omega_r \ i_{qs} \ i_{ds} \ \lambda_{qr} \ \lambda_{dr}]^T$  is the state vector,  $v_{qs}$  and  $v_{ds}$  are the inputs, and  $\sigma = L_s - L_r - M^2$ . The outputs to be controlled are the electric rotor speed  $\omega_r$  and the  $d$  component of the rotor flux  $\lambda_{dr}$ ; therefore,

$$y = [\omega_r \ \lambda_{dr}]^T \tag{2}$$

is the output vector. The electric torque is given by

$$T_e = \frac{3PM}{4L_r} (i_{qs} \lambda_{dr} - i_{ds} \lambda_{qr}) \tag{3}$$

The meaning of all the variables and parameters in these equations can be found in Table I.

For the field oriented control, a particular model of (1) is selected, i.e. a model where the  $d$  axis of the rotating frame is aligned with the rotor flux vector. In practice, this orientation is maintained by employing the following expression for the slip frequency [8] [9] [10] [11]:

$$\omega - \omega_r = \frac{r_r M}{L_r} \frac{i_{qs}}{\lambda_{dr}} \tag{4}$$

and locking the phase of the reference system such that the  $q$  component of the rotor flux  $\lambda_{qr}$  is equal to zero [1] [11]. The reference frame speed  $\omega$  follows from (4), i.e.

$$\omega = \omega_r + \frac{r_r M}{L_r} \frac{i_{qs}}{\lambda_{dr}} \tag{5}$$

Consider now the nonlinear feedback in [12],

$$\begin{aligned}
 v_{qs} &= u_{qs} + \frac{\sigma}{L_r} \omega_r i_{ds} + \frac{\sigma Mr_r}{L_r^2} \frac{i_{ds} i_{qs}}{\lambda_{dr}} \\
 v_{ds} &= u_{ds} - \frac{\sigma}{L_r} \omega_r i_{qs} - \frac{\sigma Mr_r}{L_r^2} \frac{i_{qs}^2}{\lambda_{dr}}
 \end{aligned} \tag{6}$$

Since  $\lambda_{qr} = 0$ , and substituting (5) and (6) into (1), the state equations for the induction motor are now

$$\begin{aligned}
 \frac{d\omega_r}{dt} &= \frac{P}{2J} \left( \frac{3PM}{4L_r} i_{qs} \lambda_{dr} - T_L \right) \\
 \frac{di_{qs}}{dt} &= -\left(\frac{L_r^2 r_s + M^2 r_r}{L_r \sigma}\right) i_{qs} - \frac{M}{\sigma} \lambda_{dr} \omega_r \\
 &\quad + \frac{L_r}{\sigma} u_{qs} \\
 \frac{di_{ds}}{dt} &= -\left(\frac{L_r^2 r_s + M^2 r_r}{L_r \sigma}\right) i_{ds} + \frac{Mr_r}{L_r \sigma} \lambda_{dr} \\
 &\quad + \frac{L_r}{\sigma} u_{ds} \\
 \frac{d\lambda_{dr}}{dt} &= -\frac{r_r}{L_r} \lambda_{dr} + \frac{r_r M}{L_r} i_{ds}
 \end{aligned} \tag{7}$$

Observe that the electric torque (3) is now defined by

$$T_e = \frac{3PM}{4L_r} i_{qs} \lambda_{dr} \tag{8}$$

$u_{qs}$  and  $u_{ds}$  are the new inputs [10], which are defined as

$$\begin{aligned}
 u_{qs} &= -k_{q1} (T_e - T_{ref}) \\
 &\quad - k_{q2} \int_0^t (T_e(\tau) - T_{ref}(\tau)) d\tau \\
 u_{ds} &= -k_{d1} (\lambda_{dr} - \lambda_{ref}) \\
 &\quad - k_{d2} \int_0^t (\lambda_{dr} - \lambda_{ref}(\tau)) d\tau \\
 T_{ref} &= -k_{q3} (\omega_r - \omega_{ref}) \\
 &\quad - k_{q4} \int_0^t (\omega_r(\tau) - \omega_{ref}(\tau)) d\tau
 \end{aligned} \tag{9}$$

These inputs depend on the reference value for the rotor speed  $\omega_{ref}$  and the reference value for the  $d$  component of rotor flux  $\lambda_{ref}$ . Differentiating (9) and

employing (7) and (8), the following state equations for the inputs are obtained

$$\begin{aligned} \frac{du_{qs}}{dt} = & \frac{3PMk_{q1}}{4L_r} \left[ \frac{r_r}{L_r} i_{qs} \lambda_{dr} - \frac{r_r M}{L_r} i_{qs} i_{ds} + \frac{M}{\sigma} \lambda_{dr}^2 \omega_r \right. \\ & \left. + \left( \frac{L_r^2 r_s + M^2 r_r}{L_r \sigma} \right) i_{qs} \lambda_{dr} - \frac{L_r}{\sigma} \lambda_{dr} u_{qs} \right] \\ & + k_{q1} k_{q3} \left( \frac{PT_L}{2J} - \frac{3P^2 M}{8JL_r} i_{qs} \lambda_{dr} \right) \\ & + k_{q2} \left( T_{ref} - \frac{3PM}{4L_r} i_{qs} \lambda_{dr} \right) \\ & + k_{q1} k_{q4} (\omega_{ref} - \omega_r) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\frac{du_{ds}}{dt} = k_{d1} \left( \frac{r_r}{L_r} \lambda_{dr} - \frac{Mr_r}{L_r} i_{ds} \right) + k_{d2} (\lambda_{ref} - \lambda_{dr}) \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \frac{dT_{ref}}{dt} = & k_{q3} \left( \frac{PT_L}{2J} - \frac{3P^2 M}{8JL_r} i_{qs} \lambda_{dr} \right) \\ & + k_{q4} (\omega_{ref} - \omega_r) \end{aligned} \quad (12)$$

Thus, if  $\bar{X} = [u_{qs} \ u_{ds} \ T_{ref}]^T$  is defined as the state vector of the controller,  $x = [\bar{x} \ \bar{X}]^T$  can be defined as the state vector of the composed motor-controller system.

Observations:

- It is important to point out that under ideal field oriented control, the dynamics of the  $q$  component of rotor flux are canceled [1] [11], which is the reason for the dimension of the state space of the induction motor to be reduced from five to four.
- The angle of the reference frame speed is defined as

$$\theta(t) = \int_0^t \omega(\tau) d\tau + \theta(0) \quad (13)$$

Notice that equations (7) and (10)-(12) do not depend on  $\theta$ . This angle is considered here as a basic coordinate of the controller [13]. In contrast, paper [10] interprets  $\theta$  as a state variable.

- Strictly speaking, the dynamical system of the motor, defined by (2) and (7), is nonlinear.

However, if one assumes that the  $d$  component of the rotor flux  $\lambda_{dr}$  is fixed at its reference value  $\lambda_{ref}$ , then this state variable becomes a constant parameter. Under this assumption, the motor equations become linear and input-output decoupled [10].

### 3. BIFURCATION ANALYSIS

The equilibrium points of a dynamical system are determined by setting the derivative of the state vector equal to zero and solving the resulting nonlinear equations

$$f(x, p) = 0 \quad (14)$$

for the equilibrium point  $x = x^e$  [14], where superscript  $e$  is used to denote steady state quantities in this paper. Since  $f(\cdot)$  is generally a nonlinear function, multiple solutions for  $x^e$  may be obtained. In (14),  $p$  represents a set of independent varying parameters used for bifurcation studies [15], which is used to represent the rotor resistance in this paper.

#### 3.1 Constant and known rotor resistance

In this section, the main goal is to study the equilibria of the composed system when one consider the availability of the state vector of the induction motor  $\bar{x}$ , and all of the parameters  $p$  are known and constant. Under these conditions, it is expected that the outputs to be controlled, i.e. the rotor speed and  $d$  component of the rotor flux, converge to their reference values at the equilibria.

*Proposition 1:* Consider the system (7) with the control defined by (10)-(12). Under the assumption of the exact knowledge of state vector of the induction motor  $\bar{x}$ , with all of the parameters  $p$  known and constant, and a given set of reference values  $\omega_{ref}$  and  $\lambda_{ref}$  ( $\lambda_{ref} > 0$ ), the equilibrium point of the composed motor-controller system is unique.

*Proof:* Since  $\bar{x}$  and  $p$  are known, then  $\lambda_{qr}^e = 0$ . The remaining components of  $x^e$  are obtained by finding the real solution of  $f(x, p) = 0$ , where  $f(\cdot)$  is the right side of the equations (7) and (10)-(12). A straightforward analysis yields the following

expressions for the components of the state vector  $x^e$ :

$$\begin{aligned} \omega_r^e &= \omega_{ref} \\ i_{qs}^e &= \frac{4L_r T_L}{3PM\lambda_{ref}} & \lambda_{dr}^e &= \lambda_{ref} \\ i_{ds}^e &= \frac{\lambda_{ref}}{M} & \lambda_{qr}^e &= 0 \\ u_{ds}^e &= \frac{r_s \lambda_{ref}}{M} & T_{ref}^e &= T_L \\ u_{qs}^e &= \frac{4T_L (L_r^2 r_s + M^2 r_r)}{3PML_r \lambda_{ref}} + \frac{M\omega_{ref}\lambda_{ref}}{L_r} \end{aligned} \quad (15)$$

Clearly, for each set of parameters and references, there is a unique equilibrium point. ■

In order to illustrate the above result, a branching diagram is presented in Fig. 1, where the branching parameter is the rotor resistance  $r_r$  and the 2-norm of  $x^e$  is used as a scalar measure. Components of  $x^e$  are calculated by employing expressions in (15) with the parameters of the 3 HP induction motor given in [7], which are shown in Table I. Local stability analysis can be carried out by linearizing (7) and (10)-(12) and calculating the eigenvalues of the resulting linear system at the equilibrium point for different values of  $r_r$ . In Fig. 2, the locus of the closest eigenvalues to the imaginary axis, with respect to the bifurcation parameter, are depicted; observe that each equilibrium point is asymptotically stable because all of the eigenvalues lie in the left half complex plane. However, it is clear from Fig. 2 that the probability of a Hopf bifurcation occurring in the system cannot be ruled out. This is clearly shown in the eigenvalue locus, obtained for the same motor but different controller gains ( $k_{d1} = -1$  and  $k_{d2} = 2300$ , which although do not correspond to realistic values, are used here to show the possibility of Hopf bifurcations), depicted in Fig. 3, where a Hopf bifurcation is observed as the parameter  $r_r$  is changed. These types of bifurcations have also been observed for current-fed field oriented control [16] [17].

It is important to point out that uniqueness of the equilibria is guaranteed for any set of practical parameters and references. Furthermore, this uniqueness can be guaranteed even when a different representation of the load torque is used, e.g.

$T_L = K\omega_r$ . These results contrast with those obtained for the open loop operation of the induction motor, where multiple equilibrium points can be found [18], which confirms that the motor control techniques discussed in this paper may lead to a more stable system, based on the definition of the stability boundaries for nonlinear systems [19], which are typically associated with stable manifolds of unstable equilibrium points.

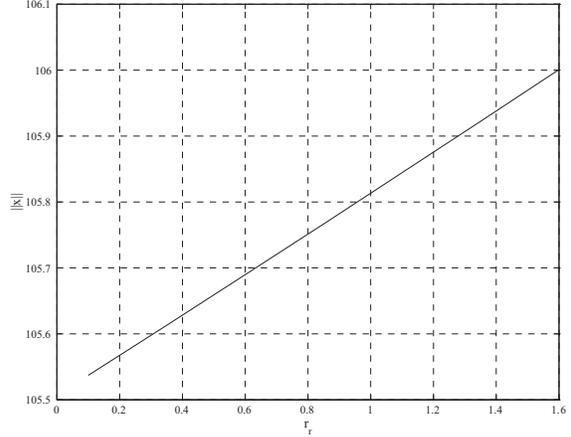


Fig.1 Branching diagram for case in subsection 3.1

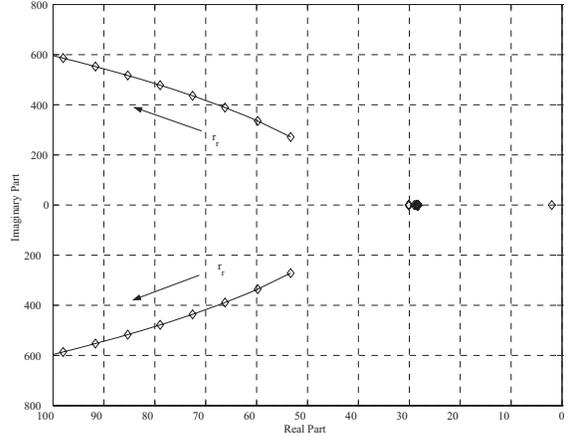


Fig. 2 Eigenvalue locus for case in subsection 3.1

### 3.2 Frequency dependent rotor resistance

A more realistic problem is considered in this case, as the rotor resistance is assumed to vary when the frequency of the induced rotor current changes. In other words, the equilibrium points of the composed system are analyzed when skin effect is considered. In this case, the reference frame speed in (5) and the feedback in (6) are expressed in terms of the rotor resistance  $r_r$ , which depends on the actual frequency of the induced rotor currents (slip

frequency). Using the experimental information presented in [4],  $r_r$  can be expressed as

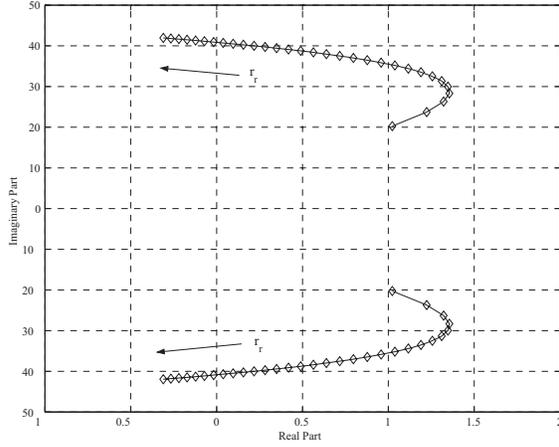


Fig. 3 Eigenvalue locus when a Hopf bifurcation occurs

$$\begin{aligned} r_r &= \frac{C_0(\omega - \omega_r)}{C_1 + (\omega - \omega_r)} + C_2 \\ &= \frac{(C_0 + C_2)(\omega - \omega_r) + C_1 C_2}{C_1 + (\omega - \omega_r)} \end{aligned} \quad (16)$$

where  $(\omega - \omega_r)$  is the slip frequency;  $C_0$ ,  $C_1$  and  $C_2$  are known positive real constants that depend on the particular motor to be studied. Since motor action of the induction machine, at equilibrium conditions, occurs when the slip frequency is positive, model (16) is valid only for  $(\omega - \omega_r) > 0$  (recall that  $\omega$  represents the stator electric frequency).

*Proposition 2:* Consider the system (7) with the control defined by (10)-(12). Under the assumption of the exact knowledge of state vector of the induction motor  $\tilde{x}$ , with all of the parameters known and constant, with the exception of the rotor resistance, which is modeled by a known function of the slip frequency as defined by (16) and for a given set of reference values  $\omega_{ref}$  and  $\lambda_{ref}$  ( $\lambda_{ref} > 0$ ) the equilibrium point of the composed motor-controller system is unique.

*Proof:* From a steady state analysis of (11)-(12) and the first equation in (7), one has that

$$\omega_r^e = \omega_{ref} \quad \lambda_{dr}^e = \lambda_{ref} \quad i_{qs}^e = \frac{4L_r T_L}{3PM\lambda_{ref}} \quad (17)$$

On the other hand, substituting (16) into (5) yields

$$\omega = \omega_r + \frac{M}{L_r} \frac{i_{qs}}{\lambda_{dr}} \left[ \frac{(C_0 + C_2)(\omega - \omega_r) + C_1 C_2}{C_1 + (\omega - \omega_r)} \right]$$

or equivalently

$$\begin{aligned} 0 &= \omega^2 + \left[ C_1 - 2\omega_r - \frac{M}{L_r} \frac{i_{qs}}{\lambda_{dr}} (C_0 + C_2) \right] \omega - C_1 \omega_r \\ &+ \omega_r^2 - \frac{M}{L_r} C_1 C_2 \frac{i_{qs}}{\lambda_{dr}} + \frac{M}{L_r} \frac{i_{qs}}{\lambda_{dr}} (C_0 + C_2) \omega_r \end{aligned}$$

This equation is a second degree nonlinear equation in  $\omega$ ; hence, there are two possible solutions

$$\omega_{(1,2)} = \frac{1}{2a} \left( -b \pm \sqrt{b^2 - 4ac} \right) \quad (18)$$

where

$$a = 1$$

$$b = C_1 - 2\omega_r - \frac{M}{L_r} \frac{i_{qs}}{\lambda_{dr}} (C_0 + C_2)$$

$$c = -C_1 \omega_r + \omega_r^2 - \frac{M}{L_r} C_1 C_2 \frac{i_{qs}}{\lambda_{dr}} + \frac{M}{L_r} \frac{i_{qs}}{\lambda_{dr}} (C_0 + C_2) \omega_r$$

In order to determine the number of valid solutions, an analysis of (18) follows: After some algebraic manipulation, the following expression can be obtained:

$$b^2 - 4ac = \left[ C_1 - \frac{M}{L_r} \frac{i_{qs}}{\lambda_{dr}} (C_0 + C_2) \right]^2 + 4C_1 C_2 \frac{M}{L_r} \frac{i_{qs}}{\lambda_{dr}}$$

Noting that  $T_L > 0$  for motor action and from (17), one has in steady state that

$$b^2 - 4ac = \left[ C_1 - \frac{4T_L}{3P\lambda_{ref}^2} (C_0 + C_2) \right]^2 + \frac{16}{3} \frac{C_1 C_2 T_L}{P \lambda_{ref}^2} > 0$$

Then,  $\sqrt{b^2 - 4ac}$  is real; hence, there are strictly two different real solutions for (18) at equilibrium conditions. The first steady state solution of (18) yields

$$\omega_1^e = -\frac{1}{2} \left[ C_1 - 2\omega_{ref} - \frac{4T_L}{3P\lambda_{ref}^2} (C_0 + C_2) \right] + \frac{1}{2} \sqrt{\left[ C_1 - \frac{4T_L}{3P\lambda_{ref}^2} (C_0 + C_2) \right]^2 + \frac{16}{3} \frac{C_1 C_2 T_L}{P\lambda_{ref}^2}}$$

Since  $T_L > 0$  for motor operation, then

$$\omega_1^e > -\frac{1}{2} \left[ C_1 - 2\omega_{ref} - \frac{4T_L}{3P\lambda_{ref}^2} (C_0 + C_2) \right] + \frac{1}{2} \left[ C_1 - \frac{4T_L}{3P\lambda_{ref}^2} (C_0 + C_2) \right] = \omega_{ref}$$

Therefore, using (17),

$$\omega_1^e - \omega_r^e > \omega_{ref} - \omega_{ref} = 0$$

Since  $r_r$  in (16) is defined for all  $(\omega - \omega_r) > 0$  then  $\omega_1^e$  is a valid solution of (18). However, the second steady state solution of (18) yields

$$\omega_2^e = -\frac{1}{2} \left[ C_1 - 2\omega_{ref} - \frac{4T_L}{3P\lambda_{ref}^2} (C_0 + C_2) \right] - \frac{1}{2} \sqrt{\left[ -C_1 - \frac{4T_L}{3P\lambda_{ref}^2} (C_0 + C_2) \right]^2 + \frac{16}{3} \frac{C_1 C_2 T_L}{P\lambda_{ref}^2}}$$

Since  $T_L > 0$  for motor operation, then

$$\omega_2^e < -\frac{1}{2} \left[ C_1 - 2\omega_{ref} - \frac{4T_L}{3P\lambda_{ref}^2} (C_0 + C_2) \right] - \frac{1}{2} \left[ -C_1 + \frac{4T_L}{3P\lambda_{ref}^2} (C_0 + C_2) \right] = \omega_{ref}$$

Thus, using (17),

$$\omega_2^e - \omega_r^e < \omega_{ref} - \omega_{ref} = 0$$

Hence, solution  $\omega_2^e$  is not valid, as (16) is valid only for  $\omega - \omega_r > 0$ . Therefore, the only valid equilibrium from (18) is  $\omega^e = \omega_1^e$ , where  $\omega_1^e$  is defined by (19).

The rest of the components in  $x^e$  can be obtained from a straightforward analysis of (7) and (10), i.e.

$$\begin{aligned} \lambda_{qr}^e &= 0 & i_{ds}^e &= \frac{\lambda_{ref}}{M} \\ T_{ref}^e &= T_L & u_{ds}^e &= \frac{r_s \lambda_{ref}}{M} \\ u_{qs}^e &= \frac{4T_L (L_r^2 r_s + M^2 r_r)}{3PML_r \lambda_{ref}} + \frac{M \omega_{ref} \lambda_{ref}}{L_r} \end{aligned} \quad (20)$$

Uniqueness of  $\omega^e = \omega_1^e$  guarantees uniqueness of  $r_r$  at steady state, which guarantees a unique equilibrium point  $x^e$ . ■

In this case, similar branching and eigenvalue locus as those depicted in Fig. 1 and Fig. 2 can be obtained for the 3 HP induction motor example.

It is important to observe that results in this subsection critically depend on the model used to represent the skin effect. If a linear model is used, it is easy to show that the equilibrium is unique. However, if other nonlinear algebraic models are employed, for example a second degree polynomial (see some of the experimental data in [3]), it may be possible to demonstrate similar results as those presented here, but this analysis has not been carried out by the authors.

### 3.3 Constant and unknown rotor resistance

In this case, the knowledge of the state vector  $\mathcal{X}$  and constant and known parameters are assumed, with the exception of the rotor resistance, which is considered constant and unknown. Thus, let

$$\omega = \omega_r + \frac{r_{rn} M}{L_r} \frac{i_{qs}}{\lambda_{dr}} \quad (21)$$

be the reference frame speed expressed in terms of the nominal rotor resistance  $r_{rn}$  ( $r_r$  denotes the actual rotor resistance). Feedback (6) can then be rewritten as

$$\begin{aligned} v_{qs} &= u_{qs} + \frac{\sigma}{L_r} \omega_r i_{ds} + \frac{\sigma M r_{rn}}{L_r^2} \frac{i_{ds} i_{qs}}{\lambda_{dr}} \\ v_{ds} &= u_{qs} - \frac{\sigma}{L_r} \omega_r i_{qs} - \frac{\sigma M r_{rn}}{L_r^2} \frac{i_{qs}^2}{\lambda_{dr}} \end{aligned} \quad (22)$$

Under the above assumptions, the field orientation is not achieved because of the incorrect estimation of the reference frame speed [1] [9]. Consequently, the  $q$  component of the rotor flux vector is not equal to zero.

Substituting (21) and (22) into the induction motor model (1) yields

$$\begin{aligned}
 \frac{d\omega_r}{dt} &= \frac{P}{2J} \left( \frac{3PM}{4L_r} (i_{qs}\lambda_{dr} - i_{ds}\lambda_{qr}) - T_L \right) \\
 \frac{di_{qs}}{dt} &= - \left( \frac{L_r^2 r_s + M^2 r_r}{L_r \sigma} \right) i_{qs} + \frac{Mr_r}{L_r \sigma} \lambda_{qr} \\
 &\quad - \frac{M}{\sigma} \lambda_{dr} \omega_r + \frac{L_r}{\sigma} u_{qs} \\
 \frac{di_{ds}}{dt} &= - \left( \frac{L_r^2 r_s + M^2 r_r}{L_r \sigma} \right) i_{ds} + \frac{Mr_r}{L_r \sigma} \lambda_{dr} \\
 &\quad + \frac{M}{\sigma} \lambda_{qr} \omega_r + \frac{L_r}{\sigma} u_{ds} \\
 \frac{d\lambda_{qr}}{dt} &= \frac{M}{L_r} i_{qs} (r_r - r_m) - \frac{r_r}{L_r} \lambda_{qr} \\
 \frac{d\lambda_{dr}}{dt} &= \frac{Mr_r}{L_r} \frac{i_{qs}\lambda_{qr}}{\lambda_{dr}} - \frac{r_r}{L_r} \lambda_{dr} + \frac{Mr_r}{L_r} i_{ds} \\
 &\quad - \frac{M}{L_r} \frac{i_{qs}\lambda_{qr}}{\lambda_{dr}} (r_r - r_m)
 \end{aligned} \tag{23}$$

From (3), (9) and (23), the state equations for the induction are

$$\begin{aligned}
 \frac{du_{qs}}{dt} &= \frac{3PMk_{q1}}{4L_r} \left[ \frac{r_r}{L_r} i_{qs}\lambda_{dr} - \frac{r_r M}{L_r} i_{qs}i_{ds} + \frac{M}{\sigma} \lambda_{dr}^2 \omega_r \right. \\
 &\quad + \left( \frac{L_r^2 r_s + M^2 r_r}{L_r \sigma} \right) i_{qs}\lambda_{dr} - \frac{L_r}{\sigma} \lambda_{dr} u_{qs} \\
 &\quad + \frac{M}{L_r} \frac{i_{qs}^2 \lambda_{qr}}{\lambda_{dr}} (r_r - r_m) - \frac{Mr_r}{L_r} \frac{i_{qs}^2 \lambda_{qr}}{\lambda_{dr}} + \frac{M}{\sigma} \lambda_{qr}^2 \omega_r \\
 &\quad + \frac{M}{L_r} i_{qs}i_{ds} (r_r - r_m) - \frac{r_r}{L_r} i_{ds}\lambda_{qr} - \frac{L_r}{\sigma} \lambda_{qr} u_{ds} \\
 &\quad \left. - \left( \frac{L_r^2 r_s + M^2 r_r}{L_r \sigma} \right) i_{ds}\lambda_{qr} \right] \\
 &\quad + k_{q1} k_{q3} \left[ \frac{PT_L}{2J} - \frac{3P^2 M}{8JL_r} (i_{qs}\lambda_{dr} - i_{ds}\lambda_{qr}) \right] \\
 &\quad + k_{q2} \left[ T_{ref} - \frac{3PM}{4L_r} (i_{qs}\lambda_{dr} - i_{ds}\lambda_{qr}) \right] \\
 &\quad + k_{q1} k_{q4} (\omega_{ref} - \omega_r)
 \end{aligned} \tag{24}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{du_{ds}}{dt} &= k_{d1} \left[ \frac{r_r}{L_r} \lambda_{dr} - \frac{Mr_r}{L_r} i_{ds} \right. \\
 &\quad \left. - \frac{Mr_r}{L_r} \frac{i_{qs}\lambda_{qr}}{\lambda_{dr}} + \frac{M}{L_r} \frac{i_{qs}\lambda_{qr}}{\lambda_{dr}} (r_r - r_m) \right] \\
 &\quad + k_{d2} (\lambda_{ref} - \lambda_{dr})
 \end{aligned} \tag{25}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{dT_{ref}}{dt} &= k_{q3} \left[ \frac{PT_L}{2J} - \frac{3P^2 M}{8JL_r} (i_{qs}\lambda_{dr} - i_{ds}\lambda_{qr}) \right] \\
 &\quad + k_{q4} (\omega_{ref} - \omega_r)
 \end{aligned} \tag{26}$$

*Proposition 3:* Consider the system (23) with the control defined by (24)-(26). Under the assumption of the exact knowledge of state vector of the induction motor  $\tilde{x}$ , with all of the parameters known and constant, except the rotor resistance ( $r_r \neq r_m$ ), and for a given set of reference values  $\omega_{ref}$  and  $\lambda_{ref}$  ( $\lambda_{ref} > 0$ ), the equilibrium point of the composed motor-controller system is unique.

*Proof:* From an analysis of the steady state of (24)-(26), the following expressions result:

$$\begin{aligned}
 \omega_r^e &= \omega_{ref} & \lambda_{dr}^e &= \lambda_{ref} \\
 T_{ref}^e &= T_e^e = \frac{3PM}{4L_r} (i_{qs}^e \lambda_{dr}^e - i_{ds}^e \lambda_{qr}^e)
 \end{aligned} \tag{27}$$

From the fourth equation in (23), it follows that

$$\lambda_{qr}^e = \frac{M}{r_r} i_{qs}^e (r_r - r_m) \tag{28}$$

Substituting (27)-(28) into the fifth equation in (23), one has that

$$i_{ds}^e = \frac{\lambda_{ref}}{M} - \frac{Mr_m}{r_r^2} \frac{(r_r - r_m)^2 i_{qs}^e}{\lambda_{ref}} \tag{29}$$

Using (27)-(28) in the first equation in (23), the following polynomial in  $i_{qs}^e$  can be obtained:

$$A i_{qs}^e{}^3 + i_{qs}^e{}^e - B = 0 \tag{30}$$

where

$$A = \frac{M^2(r_r - r_m)^2}{r_r^2 \lambda_{ref}^2} \quad \text{and} \quad B = \frac{4L_r T_L r_r}{3PM \lambda_{ref} r_{rn}} \quad (31)$$

Polynomial (30) has three roots,

$$i_{qs}^e = \begin{bmatrix} \frac{C}{6A} - \frac{2}{C} \\ -\frac{C}{12A} + \frac{1}{C} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \left( \frac{C}{6A} + \frac{2}{C} \right) \\ -\frac{C}{12A} + \frac{1}{C} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \left( \frac{C}{6A} + \frac{2}{C} \right) \end{bmatrix} \quad (32)$$

where

$$C = \sqrt[3]{108A^2B + 12\sqrt{3}\sqrt{4A^3 + 27A^4B\bar{a}^2}} \quad (33)$$

Only real solutions of (30) are important from the practical point of view. Therefore, an analysis of the parameters involved in the roots (32) follows: Since  $r_r \neq r_m$  and  $\lambda_{ref} > 0$ , then  $A > 0$  and  $B > 0$  hence,  $4A^3 + 27A^4B\bar{a}^2 > 0$ , and thus  $\sqrt{4A^3 + 27A^4B\bar{a}^2}$  is always a real number. On the other hand,

$$\begin{aligned} & \left( 108A^2B + 12\sqrt{3}\sqrt{4A^3 + 27A^4B\bar{a}^2} \right) \\ & > \left( 108A^2B + 12\sqrt{3}\sqrt{27A^4B\bar{a}^2} \right) > 0 \end{aligned}$$

Therefore,  $C$  is always real; then,  $j \frac{\sqrt{3}}{2} \left( \frac{C}{6A} + \frac{2}{C} \right)$  is always imaginary, and hence the second and third roots in (32) are always complex. Thus, the only real solution of (30) becomes

$$i_{qs}^e = \frac{C}{6A} - \frac{2}{C} \quad (34)$$

where  $A$ ,  $B$  and  $C$  are given by (31) and (33). Uniqueness of  $i_{qs}^e$  (34) guarantees the uniqueness of  $\lambda_{qr}^e$  (28),  $i_{ds}^e$  (29) and  $T_{ref}^e$  (27). The rest of the components of  $x^e$  can be obtained from a straightforward analysis of the second and third equations in (23), i.e.

$$\begin{aligned} u_{qs}^e &= \frac{1}{L_r^2} \left[ \left( L_r^2 r_s + M^2 r_r \right)_{qs}^e - M r_r \lambda_{qr}^e \right. \\ & \quad \left. + M L_r \lambda_{ref} \omega_{ref} \right] \\ u_{ds}^e &= \frac{1}{L_r^2} \left[ \left( L_r^2 r_s + M^2 r_r \right)_{ds}^e - M r_r \lambda_{ref} \right. \\ & \quad \left. - M L_r \lambda_{qr}^e \omega_{ref} \right] \end{aligned} \quad (35)$$

Hence, it is clear that the equilibrium point  $x^e$  is unique. ■

For the 3 HP motor example, one can obtain rather similar branching and eigenvalue locus diagrams to those depicted in Fig. 1 and Fig. 2.

Observations:

- It is important to point out that Proposition 3 is valid only when  $r_r \neq r_m$ , thus avoiding the singularity in (34). However, a connection between the ideal case ( $r_r = r_m$ ) and the case discussed here can be readily shown. Thus, if  $r_r = r_m$ ,  $A = 0$  and hence polynomial (30) becomes  $iqs - B = 0$ , i.e.  $i_{qs}^e = \frac{4L_r T_L}{3PM \lambda_{ref}}$ , which is equal to that shown in (15).
- When rotor resistance is constant and known (Subsection A), the field oriented achieves asymptotic input-output linearization and decoupling [10]. In the case presented here, this property is no longer valid because additional couplings appear (see (23)).
- It is interesting to note that the equilibrium point is unique for any set of practical parameters and references, including any value of the load torque; any value of the parameter mismatch ( $r_r - r_{rn}$ ); and even for a load torque model that depends on the rotor speed (e.g.  $T_L = K\omega_r$ ).

#### 4. CONCLUSIONS

In this work, a local bifurcation analysis of an induction motor with field oriented voltage control is presented, demonstrating the uniqueness of the

equilibria of the composed motor-controller system with respect to the rotor resistance variations. Additional work is necessary to understand the equilibrium conditions with respect to other system parameters.

TABLE I  
Variables and Data

|   |   |
|---|---|
| $r_s = 0.435$   | Stator resistance                             |
| $r_r$   | Actual rotor resistance                       |
| $r_m = 0.816$   | Nominal rotor resistance                      |
| $M = 0.0693$  | Mutual inductance                             |
| $L_s = 0.0713$  | Stator self inductance                        |
| $L_r = 0.0713$  | Rotor self inductance                         |
| $J = 0.089$   | Inertia                                       |
| $P = 4$   | Number of poles                               |
| $\omega_{ref} = 100$  | Reference of the rotor speed                  |
| $\lambda_{ref} = 0.3369$  | Reference of the $d$ -axis rotor flux linkage |
| $k_{d1} = 3230, k_{d2} = 90330,$<br>$k_{q1} = 30, k_{q2} = 60,$<br>$k_{q3} = 60, k_{q4} = 1765$ | Gains of the controllers                      |
| $T_L = 1$   | Load torque                                   |
| $T_e$   | Electric torque                               |
| $v_{qs}$  | $q$ -axis stator voltage                      |
| $v_{ds}$  | $d$ -axis stator voltage                      |
| $\omega$  | Reference frame speed                         |
| $i_{qs}$  | $q$ -axis stator current                      |
| $i_{ds}$  | $d$ -axis stator current                      |
| $\lambda_{qr}$  | $q$ -axis rotor flux linkage                  |
| $\lambda_{dr}$  | $d$ -axis rotor flux linkage                  |
| $\omega_r$  | Electric rotor speed                          |

## 5. REFERENCES

[1] Lorenz R. D., Lipo T. A. and D. W. Novotny. "Motion Control with Induction Motors", Proceedings of the IEEE, pp. 1215—1240, 1994.

[2] Karayaka H. B., Marwali M. N. and Keyhani A., "Induction machine parameter tracking from test data via PWM Inverters", IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, pp. 227-233, 1997.

[3] Grantham C., "Rapid parameter Determination of machines", Journal of Electrical and Electronics Engineering, Australia", pp. 33-39, 1991.

[4] Mendes E. and Razek A., "A simple model for core losses and magnetic saturation in induction machines

adapted for direct stator flux orientation control", Power Electronics and Variable Speed Drives Conference", pp. 192-197, 1994.

[5] de Wit P. A. S. and Ortega R. and Mareels I., "Indirect Field-oriented Control of Induction Motors is Robustly Globally Stable", Automatica, pp. 1393-1402, 1996.

[6] Bazanella A. S. and Reginatto R., "Robustness Margins for Indirect Field-oriented control of induction motors", IEEE Transactions on Automatic Control, pp. 1226-1231, 2000.

[7] Krause P. C., "Analysis of Electric Machinery", McGraw Hill, 1986.

[8] Lorenz R. D. and Novotny D. W., "Optimal utilization of induction machines in field oriented drives", Journal of Electrical and Electronics Engineering, Australia, pp. 95-100, 1990.

[9] Kazmierkowski M. P. and Tunia H., "Automatic Control of Converter-Fed Drives", Elsevier Science Publishers, 1994.

[10] Marino R. and Peresada S. and Valigi P., "Adaptive input-output linearizing control of induction motors", IEEE Transactions on Automatic Control, pp=208-221, 1993.

[11] Novotny D. W. and Lipo T. A., "Vector Control and Dynamics of AC Drives", Oxford University Press, 1996.

[12] Ong C. M., "Dynamic Simulation of Electric Machinery", Prentice Hall, 1998.

[13] Meisel J., "Principles of Electromechanical Energy Conversion", McGraw-Hill, 1966.

[14] Khalil H. K., "Nonlinear Systems", Macmillan Publishing Company, 1992.

[15] R. Seydel, "Practical Bifurcation and Stability Analysis", Springer-Verlag, 1994.

[16] Bazanella A. S. and Reginatto R. and Valiati R., "On hopf bifurcations in indirect field oriented control of induction motors: designing a robust PI controller", 38th IEEE Conference on Decision and Control", pp. 689-694, 1999.

[17] Bazanella A. S. and Reginatto R., "Robust tuning of the speed loop in indirect field oriented control of induction motors", Automatica, pp. 1811-1818, 2001.

[18] Rosehart W. D. and Canizares C. A., "Bifurcation analysis of various power system models", Electrical Power and Energy Systems, pp.171-182, 1999.

[19] Guckenheimer J. and Holmes P., "Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields", Springer-Verlag, 1986.

## SYSTEM IDENTIFICATION AND TEMPERATURE CONTROL OF A TUBE FURNACE

*Carlos A. Joers-Delgado\**, *Aaron Gonzalez-Rodriguez\*\**, *Reyna Medellin-Marsuez\*\*\**  
and *Ruben Salas-Cabrera\*\**

*\*Division de Estudios de Posgrado e Investigacion, Instituto Tecnologico de Cd. Madero,  
Av. Primero de Mayo S/N Cd. Madero, Mexico.*

*\*\*Departamento de Ingenieria Electrica y Electronica and the Division de Estudios de Posgrado e  
Investigacion, Instituto Tecnologico de Cd. Madero, Av. Primero de Mayo S/N Cd. Madero, Mexico.*

*\*\*\*Departamento de Ingenieria Quimica y Bioquimica,  
Instituto Tecnologico de Cd. Madero, Av. Primero de Mayo S/N Cd. Madero, Mexico.  
salascabrera@aol.com*

**ABSTRACT:** This work deals with the experimental temperature control of a tube furnace that is used for determining physical and chemical properties of different compounds. Several experimental tests are performed to identify the dynamic model, then pole placement technique and integral control by state augmentation are employed to design the control law. In other words discrete time control theory is utilized to implement this temperature microprocessor-based controller. Analog, digital and power electronics are the fundamental components of the custom-made instrumentation.

### 1. INTRODUCTION

In industrial settings and research laboratories is common to employ a furnace as an experimental tool for determining different physical and chemical properties of compounds. Temperature is one of those critical factors that define the conditions for the analysis of the compounds. That is why it is important to control the temperature in a reliable manner.

There are some contributions regarding the temperature control of different kind of furnaces, for example [1] [2] [3]. The ideas and results presented in those papers denote the creativity, engineering and the rigorous mathematical background necessary to address some of issues involved in the temperature control of furnaces. In [3], the authors present theoretical and experimental results when controlling a furnace that is used to manufacture glass for TV picture tubes. The dynamics of that type of furnace is clearly complex and obtaining a reliable model for designing a control law is not an easy task. A conventional PI controller is implemented in [3] for the linear part of the system and a fuzzy controller for the complex nonlinear dynamics. A PID tuning technique is employed in [2] for controlling the temperature of a diffusion furnace used in semiconductor manufacturing. The tuning procedure is presented as a convex optimization problem in the frequency domain. In [1], it is described an electronics scheme to control the temperature of a oven. In particular, an integer-cycle binary rate modulation is presented to define the AC cycles to be applied to the heating element. In terms of the experimental implementation, we use an electronics technique based on burst firing of an integer number of AC

half-cycles. As established in [1], this electronics-based scheme is similar to the Pulse Width Modulation PWM with discrete steps within the PWM cycle. This scheme is clearly easier to implement than that of using a standard AC-to-AC PWM converter for modifying the RMS value [4]. Since the well known power electronics phase control scheme is not used, no partial half-cycles are applied, therefore harmonics injection is significantly reduced [4]. Transfer functions are utilized in [1], [2] and [3]. In contrast, we employ a state space design involving the pole placement technique and the integral control by state augmentation.

### 2. MODELING

The furnace we use here has a heating element embedded in a refractory material [5]. The process tube, containing the compound to be investigated, is placed inside the chamber, which is insulated with ceramic fiber insulation. The basic element used to measure the temperature in the chamber is a thermocouple, which provides a voltage that represents the temperature. Before proceeding with the identification of this dynamic system it is appropriate to define the input in terms of a practical perspective [1].

#### 2.1 Input

The nominal characteristics of the power supply for this tube furnace are 127 volts 60 Hz single phase. On the other hand, in order to implement a closed loop control using a discrete-time state space representation, a sampling period has to be determined. Considering the hardware and software involved in this project, it was estimated that a 3 sec sampling period was feasible. It is clear that there

are 360 half-cycles occurring during the 3 sec sampling period when this 60 Hz supply is employed. In this work, the control law does not define the input of the system by modifying the RMS value (or the frequency) of the power supply. Instead, the control law defines the input by controlling the portion of the half-cycles of AC voltage to be applied within the 3 sec sampling period. The input can be positioned anywhere within the 0-1 range which corresponds to 0-360 half-cycles, respectively. For illustration purposes only, let us define a sampling period equal to 0.0833 sec and consequently having 10 half-cycles at 60 Hz. Considering that, a 0.6 input means that  $0.6(10)=6$  half-cycles are applied at its nominal instantaneous value and the next 4 half-cycles are removed. This input is illustrated in Fig. 1 for two sampling periods.

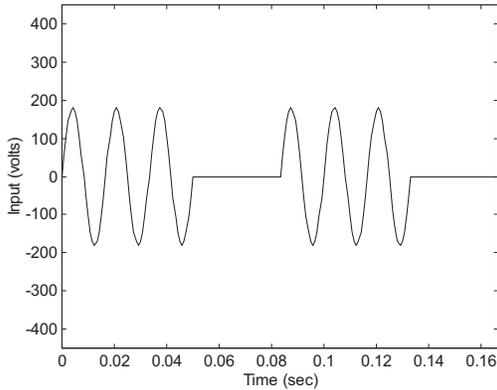


Fig. 1 Input with a 0.0833 sec. sampling period

As stated before this practical input has been described as burst firing of an integer number of AC half-cycles [1]. In this work we derive a theoretical input based on a standard state space representation. Then, we use an implicit transformation that maps that model-based theoretical input defined by the control law (and having a constant value during steady state conditions) into the practical input that is applied to the experimental system (and having, during a period of time at steady state conditions, a periodic sine function depending on the time).

### 2.2 State Space Representation

For the purpose of identifying the model of the system several step inputs were applied. Let us consider the experimental dynamic response for five different step inputs: 0.3, 0.35, 0.4, 0.45 and 0.5. These inputs correspond to  $0.3*360=108$ ,

$0.35*360=126$ ,  $0.4*360=144$ ,  $0.45*360=162$  and  $0.5*360=180$  nonzero half-cycles applied within every 3 sec sampling period. Each input was held constant for about 6000 sec. Measured transient traces are depicted in Fig. 2. It is evident that the system can be approximated by a first-order time invariant linear differential equation. Although tests were performed on the same experimental furnace, a straightforward analysis of the responses shows that different time constants are involved. Table I reflects that by showing the different parameters. Standard notation for linear state equations is used in Table I, this is  $dx(t)/dt=Ax(t)+Bu(t)$ .

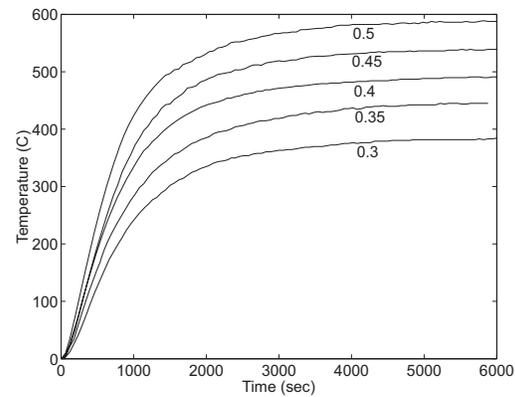


Fig. 2 Experimental response for five different step inputs

TABLE I  
Parameters of the State Equation

| $u(t)$ | $A$     | $B$    |
|--------|---------|--------|
| 0.3    | -0.001  | 1.2647 |
| 0.35   | -0.001  | 1.2843 |
| 0.4    | -0.0011 | 1.3639 |
| 0.45   | -0.0011 | 1.3309 |
| 0.5    | -0.0013 | 1.5103 |

In order to obtain a model useful for experimental work, we decided to employ what we called a nominal model [9]. It was calculated by averaging the different values for A and B in Table I. Then, the continuous nominal dynamic equation of the system now becomes

$$\frac{dx(t)}{dt} = -0.0011x(t) + 1.3508u(t) \tag{1}$$

$$y(t) = x(t)$$

where the state variable  $x$  is the temperature, the input  $u$  is the portion of half-cycles to be applied

within the sampling period and the output  $y$  to be controlled is the temperature. Utilizing the theory presented in [6] [7] or using the computer tools available in [8] the discrete representation of (1) can be calculated, i.e.

$$\begin{aligned} x(k+1) &= 0.9967x(k) + 4.0457u(k) \\ y(k) &= x(k) \end{aligned} \quad (2)$$

where a 3 sec. sampling period was used.

### 3. CONTROL LAW

In this section, the pole placement technique is employed for calculating the gains associated with the state vector. Also it is necessary to include a discrete integrator in order to eliminate any steady state error due to parametric related disturbances, this is

$$x_I(k+1) = x_I(k) + e(k) = x_I(k) + y(k) - r(k) \quad (3)$$

where  $r$  is the reference signal for the output  $y$  of the system. Using (2) and (3), the following discrete-time state equation of the augmented plant results

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x_I(k+1) \\ x(k+1) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0.9967 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_I(k) \\ x(k) \end{bmatrix} + \\ &+ \begin{bmatrix} 0 \\ 4.0457 \end{bmatrix} u(k) - \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} r(k) \end{aligned} \quad (4)$$

where  $x$  is the state variable of the original system and  $x_I$  is the integral state variable. The discrete-time state equation (4) is said to be controllable since the controllability matrix has rank two [6] [7] [9]. Then the closed-loop eigenvalues can be arbitrarily placed by using the following standard state feedback [6] [7] [9]

$$u(k) = -[K_I \quad K] \begin{bmatrix} x_I(k) \\ x(k) \end{bmatrix} \quad (5)$$

the closed loop augmented system may be expressed as

$$\begin{bmatrix} x_I(k+1) \\ x(k+1) \end{bmatrix} = G^* \begin{bmatrix} x_I(k) \\ x(k) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} r(k) \quad (6)$$

where

$$G^* = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -4.0457K_I & 0.9967 - 4.0457K \end{bmatrix}$$

In order to calculate the equilibrium point of (6), let us consider that at steady state conditions, the following expression holds

$$\begin{bmatrix} x_I(k+1) \\ x(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_I(k) \\ x(k) \end{bmatrix} \quad (7)$$

utilizing (6) and (7) the equilibrium state of the nominal closed loop system can be written as

$$\begin{bmatrix} x_I(\infty) \\ x(\infty) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-1 + 0.9967 - 4.0457K}{4.0457K_I} \\ 1 \end{bmatrix} r(k) \quad (8)$$

Simulated dynamic behavior shown in Fig. 4 and Fig. 5 illustrate the transient response of the state variables defined by the discrete representation in (4) when the state feedback in (5) is applied. The initial conditions are  $[x_I(0), x(0)] = [0, 33]$  and the reference is set equal to 172 C. In this particular case, gains in (5) were chosen such that the desired closed-loop poles become  $z_{1,2} = 0.97, 0.965$ , this is  $[K_I, K] = [0.0003, 0.0153]$ . Fig. 3 shows the simulated transient of  $u(k)$  for the mentioned conditions. It is important to point out that no saturation of the input occurs during this particular transient. It is clear that the overdamped response of the state variables corresponds to the location of the desired closed-loop poles [6] [7]. Fig. 4 and Fig. 5 also plot the state variables as they approach the equilibrium point, of the nominal closed loop system, predicted by (8). This is

$$\begin{bmatrix} x_I(\infty) \\ x(\infty) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -10.648 \times 10^3 \\ 172 \end{bmatrix}$$

Next section will discuss the practical implementation of this control law.

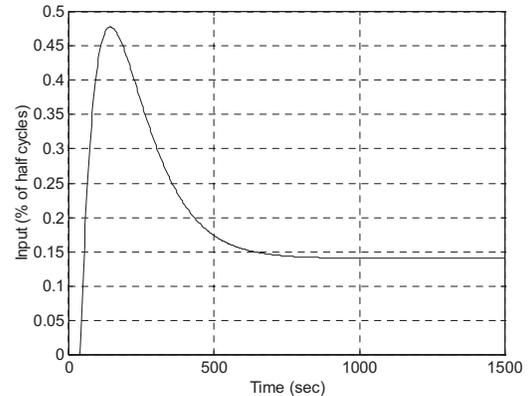


Fig. 3 Simulated response of input versus time

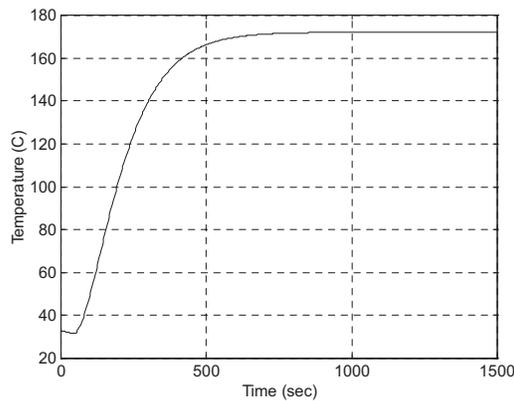


Fig. 4 Simulated response of temperature versus time

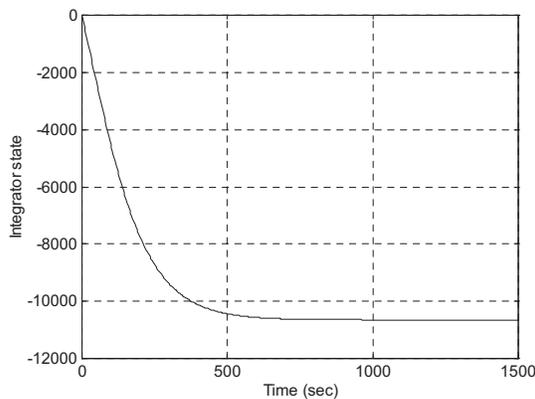


Fig. 5 Simulated response of integral error versus time

#### 4. EXPERIMENTAL SETUP

In this part of the paper we describe the custom-made instrumentation necessary for implementing this closed loop system. As established earlier a variety of analog, digital and power electronics Integrated Circuits (IC's) and components were interconnected to perform different tasks in this design [4] [10] [11]. A list of the most important IC's/components follows: 8 bit microcontroller AT89S8252, Zero crossing optoisolator triac driver MOC3031, Precision centigrade temperature sensor LM35, Precision operational amplifier OP-07, 10 Bit A/D Converter with input multiplexer and sample/hold ADC10062, Liquid crystal display LCD Lumex LCM S01602DTR, 40 Amp. power Triac NTE56026, Jfet-input operational amplifier TL081 and a type K chromel/alumel thermocouple. A brief description of the electronic design represented by the block diagram in Fig. 6, follows:

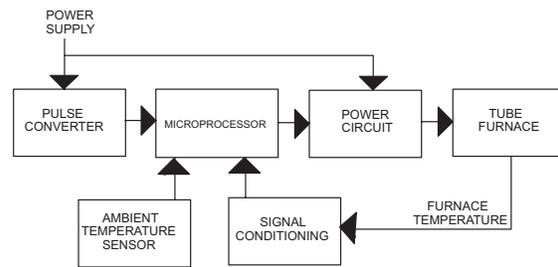


Fig. 6 Block diagram of the experimental setup

-Microprocessor. This is the central processing unit that calculates the input of the system for every sampled period.

Basically, it solves the state feedback in (5) based on the integral state variable and the measured temperature. In order to have the controller state variable, it is clear that difference equation in (3) has to be computed. Reference signal  $r$  is specified using the keyboard and is obtained by the microprocessor through a digital port. All the calculations that are performed by the microprocessor were done employing assembler language and the hexadecimal number system.

-Pulse converter circuit. As noted in Fig. 7, the input signal of this circuit is a low level AC voltage proportional to the voltage of the power supply. The output signal has a pulse every time the power voltage passes through zero. This output is connected to the microprocessor, which uses the signal for implementing the control law that defines the number of half-cycles to be applied.

-Signal Conditioning. Some of the purposes of this section of the electronic design are to amplify and filter the voltage measured at the thermocouple terminals. In this section that analog signal is also converted to its digital format in order to be interpreted by the microprocessor. This measurement of the original non-augmented state variable is clearly necessary for calculating the integral state variable in (3) and the state feedback in (5). A part of the signal conditioning circuit is illustrated in Fig. 8.

-Power circuit. Basically, this section consists of an isolator that optically turns on the power triac. The period of time that the power element is switched on is defined by the control law implemented in the microprocessor. During normal operation of the Triac, a trigger signal has to be applied to its gate terminal.

-Display and keyboard. These devices are included in this design for setting up the controller and

monitoring the steady state and transient behavior of the temperature.

It is perhaps important to say that more detailed diagrams of this work can be found in [12]. Additionally, all of the data sheets describing the typical use of each one of these IC's can be obtained through the web site of the manufacturer, for example [13].

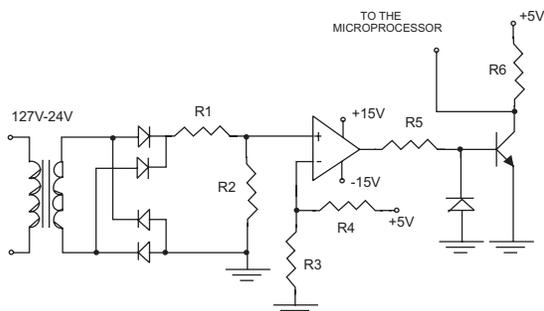


Fig. 7 Pulse converter circuit

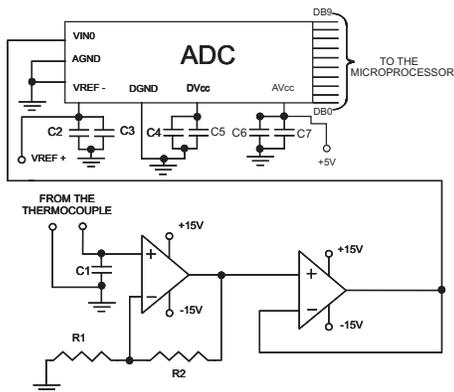


Fig. 8 Signal conditioning circuit

## 5. EXPERIMENTAL RESULTS

The experimental trace shown in Fig. 9 illustrates the dynamic characteristic of the furnace temperature following a 172 C reference command. We used here the same gains and closed-loop poles than those specified in Section 3. Initially, the furnace was at 33 C. The temperature begins to increase immediately until the temperature error is close to zero, which occurs approximately at 750 sec. Test shown in Fig. 9 was performed with a load inside the furnace chamber, therefore major

parametric variations, other than those represented by Table I, were involved.

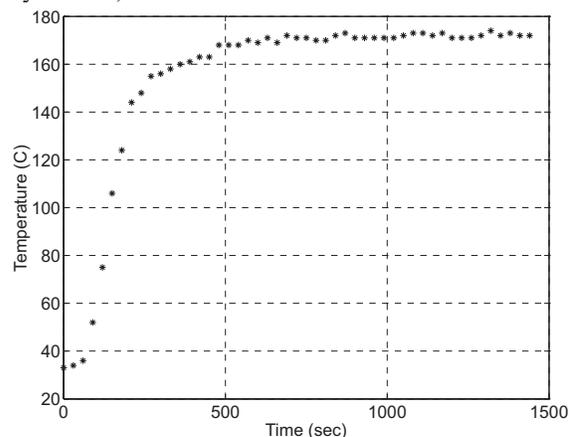


Fig. 9 Measured temperature during a test with load in the chamber

Test was used to determine one physical property of an organic compound [14]. In particular, it was employed to obtain the melting point of the saccharose. For this purpose 156 gr. of that compound were placed into a 250 mL tube at the beginning of the test. Comparing Fig. 4 and Fig. 9 we conclude that the dynamics of the augmented system is slightly modified by the added mass of the tube-compound set. However, it is evident that the experimental overall system is still working well since the discrete integrator was able to compensate the parameter mismatch. It is important to note that the settling time of the temperature has been reduced by the action of the state feedback. It is clearly related to the closed loop poles which are defined by the adequate selection of the feedback gains. In open loop operation the settling time was about 4000 sec., see Fig. 2. In most of the cases, decreasing the settling time is a desired feature that reduces significantly the total time of the experiment. In industrial settings, that might be important since it diminishes the non productive time of the chemical plant. In other cases, for example the anaerobic conversion of sugar to carbon dioxide and alcohol, this reduction of the settling time is just a small period of time compared to the total reaction time. This particular hardware/software design does not considerer to make the integral error available for measurement, therefore no experimental transient is shown.

## 6. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

In this work we have presented the implementation of a temperature controller of a tube furnace. The

plant is modeled and identified as a nominal linear time invariant dynamic system. Discrete-time theory and Integral control by state augmentation has provided the theoretic framework necessary to control this experimental system. Several analog, digital and power electronics components have composed the fundamental platform useful in implementing this controller. Since there are experiments that require different settling times, different sets of gains will be programmed in the microprocessor. Selecting a particular settling time is a feature that will be available through the use of the keyboard and LCD. Additionally, we have planned to test the experimental controller under more challenged conditions. For example applying different reference signals  $r$  during the time the experiment is taking place. The bonding of two or more monomers to form a polymer is a chemical process that requires this type of feature [15].

## 7. REFERENCES

- [1] Barry N. and McQuade E., "*Temperature control using integer-cycle binary rate modulation of the AC mains*", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 31, No. 5, 1995.
- [2] Grassi E. and Tsakalis K., "*PID controller tuning by frequency loop-shaping: application to diffusion furnace temperature control*", IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 8, No. 5, 2000.
- [3] Moon U.C. and Lee K. Y., "*Hybrid algorithm with fuzzy system and conventional Pi control for the temperature control of TV glass furnace*", IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 11, No. 4, 2003.
- [4] Rashid Muhammad H., "*Power electronics: circuits, devices and applications*", Prentice Hall, 2004.
- [5] Barnstead Thermolyne Corporation, "*Tube Furnace. Operation Manual and Parts List*", Madison, WI, 1997.
- [6] Ogata K., "*Discrete-Time Control Systems*", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ; 1995.
- [7] Franklin G. F., Powell J. D. and Workman M., "*Digital Control of Dynamic Systems*", Addison Wesley, Menlo Park, CA; 1998.
- [8] Mathworks, Inc. Matlab 6.1, 2001.
- [9] Chen C.-T., "*Linear System Theory and Design*", Oxford University Press, New York; 1999.
- [10] Coughlin R.F. and Driscoll F.F., "*Operational amplifiers and linear integrated circuits*", Prentice Hall, 2001.
- [11] Boylestad R.L. and Nashelsky L., "*Electronic devices and circuit theory*", Prentice Hall, 2006.
- [12] Joers-Delgado C. A., "*Temperature control of a tube furnace*", MSc. thesis, in spanish. Instituto Tecnológico de Cd. Madero. Cd. Madero, Mexico; 2007.
- [13] Atmel Corporation, "*AT89S8252 Microcontroller Data Sheet*", www.atmel.com , San Jose; 2007
- [14] Kirk R.S., Sawyer R. and Egan H., "*Person's Composition and Analysis of Foods*", Addison Wesley, Menlo Park, CA; 1991.
- [15] Rudin A., "*The Elements of Polymer Science and Engineering*", Academic Press, San Diego; 1999.

# SISTEMA LÁSER PARA LA DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS MEDIANTE MÉTODO ESTADÍSTICO Y REDES NEURONALES

<sup>1</sup>L. E. Gómez Aguilera, <sup>2</sup>A. Mocholí Salcedo, <sup>1</sup>A. D. Trujillo Hernández,  
<sup>1</sup>R. G. Morales Chanona

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Chiapas, México, <sup>2</sup>Universidad Politécnica de Valencia, España  
[luis.gomez@upchiapas.edu.mx](mailto:luis.gomez@upchiapas.edu.mx), [amocholi@upvnet.es](mailto:amocholi@upvnet.es), [atrujillo@hotmail.com](mailto:atrujillo@hotmail.com), [rocio@hotmail.com](mailto:rocio@hotmail.com)

**RESUMEN:** Se desarrolló un sistema láser que detecta vehículos en vías de hasta 4 carriles, ofreciendo una clasificación hasta en 11 clases. El detector tiene la ventaja de no necesitar una estructura especial para su colocación, puede instalarse en semáforos ya instalados y el programa puede corregir en el procesamiento posibles malas colocaciones del equipo. Se desarrolló un método que combina las redes neuronales y el método estadístico, la discriminación tipo árbol ha sido fundamental para la obtención de los buenos resultados. Con una precisión del 100% en detección y 85.95% en clasificación.

**PALABRAS CLAVE:** Clasificación de vehículos, Detector de vehículos, sistemas inteligentes de tráfico.

**ABSTRACT:** A system laser able to detect vehicles on roads of up to 4 lanes offering a classification of 11 types has been developed in this paper. The detector does not need a special structure for its assembly since it is installed on the traffic light pole already installed; therefore, the system can correct possible defective installations. A Method was developed to combine neural network and statistics method, the dissertation type tree has been basic to obtain good results. The system has exactitude in the detection of the 100% rate and 85.95% in classification.

## 1. INTRODUCCIÓN

El control de tráfico en las grandes ciudades, se realiza mediante organismos que regulan el tiempo de los verdes en cada intersección dentro de toda una urbanización, ayudando a disminuir las congestiones que causan stress en la población y ruido ambiental, entre otros factores. Para que estos organismos lleven a cabo tal tarea, necesitan conocer en tiempo real el flujo vehicular en cada una de las intersecciones, para eso se apoyan de sistemas detectores de vehículos que ofrecen esta información. Desgraciadamente, la fiabilidad de la información de los dispositivos detectores de vehículos suelen ser directamente proporcional a su coste [1][2], es por eso que solo las grandes ciudades con alto capital en inversión, evitan eficazmente congestiones en las avenidas que controlan. En la mayoría de las ciudades se utilizan los lazos inductivos por su bajo costo de mantenimiento y durabilidad, pero proporcionan escasa información a los centros de control de tráfico [3].

Continuamente salen al mercado nuevos detectores de vehículos de diversas tecnologías y complejos algoritmos, pero la mayoría de ellos con un campo de detección muy reducido, cubriendo solo un carril, esto hace que se utilicen más de un detector en vías de varios carriles [4]. Los detectores de visión llegan a cubrir varios carriles pero ofrecen mayor error en la detección por ser más sensible a las inclemencias climatológicas, así como las variaciones bruscas de luz [5][6][7]. En cuanto a la clasificación, la mayoría de los detectores que encontramos comercialmente, ofrecen hasta 3 categorías de vehículos y pocos

llegan hasta 8 categorías, que los hace inaccesibles por su alto costo [1].

En este trabajo se ha realizado un sistema láser con amplio campo de detección, llegando a clasificar hasta 11 tipos en vías de hasta 4 carriles, lo que abarata su costo.

## 2. METODOLOGÍA

### Sensor

El sistema usa un sensor láser de área que mide el tiempo de vuelo del haz láser, el tiempo transcurrido entre la emisión y recepción del pulso es directamente proporcional a la distancia entre el escáner y el objeto. La información ya tratada, obtenida por este dispositivo, se ha complementado con un análisis riguroso de las señales, logrando generar formas tridimensionales de los vehículos que atraviesan la zona de detección. En la Figura 1 se muestra la colocación del radar láser sobre una vía de 4 carriles, en donde se puede observar que no necesita de una estructura especial, ya que está instalado sobre el báculo de un semáforo.

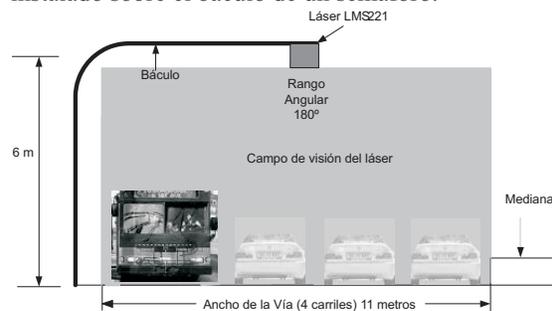




Figura 1.- Instalación del sensor láser y su campo de visión

### Procesamiento de la Señal

El equipo láser envía tramas a través de un puerto serie y las señales son tratadas para eliminar objetos estáticos en la zona de detección. La sucesión temporal de tramas, da lugar a una imagen tridimensional de los vehículos que han pasado bajo el sensor láser como se muestra en la figura 2.

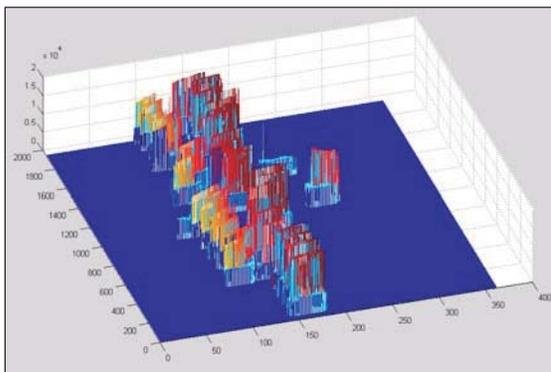
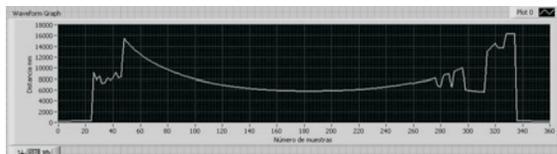
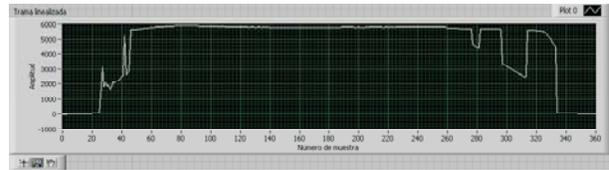


Figura 2.- Imagen tridimensional de los vehículos que han pasado bajo el láser.

La vía sobre la que se han hecho las pruebas, tiene 4 carriles, teniendo un ancho de 11 metros, aproximadamente. Al calibrar el equipo, se colocan postes sobre los bordillos de la vía para conocer el ancho de la misma, la primera trama de medición se obtiene (con ausencia de vehículos), y se linealiza la trama para buscar los bordillos de la vía en la trama como se muestra en la figura 3.



a)



b)

Figura 3.- a)Trama obtenida del láser con ausencia de vehículos, b)trama linealizada

Aplicando la derivada a la primera trama obtenida, encontramos los bordillos, que son los primeros picos cercanos al centro de la gráfica. Por simple trigonometría se obtiene el campo de detección total del sistema sobre la vía (Figura 4).

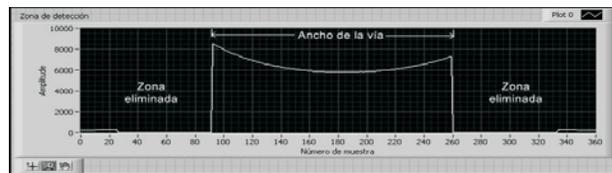


Figura 4.- Zona de detección del equipo láser

Restando la primera trama a las sucesivas, garantizamos que cualquier objeto que se encuentre en la vía en forma permanente, pueda eliminarse sin que éste se detecte como un vehículo. En la Figura 5 se muestra una trama cuando un vehículo es detectado.

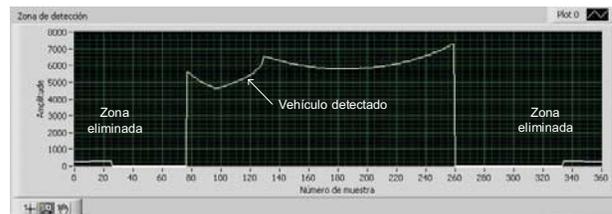


Figura 5.- Trama que se obtiene del sensor láser cuando un vehículo es detectado

Teniendo eliminada toda señal indeseada, se obtiene los planos a través de la sucesión de tramas como se muestra en la Figura 2.

## 3. DETECCION DE LOS VEHICULOS

### Recorte de Vehículos

Para el recorte de los vehículos se utiliza la técnica de string contour para el seguimiento de contornos en imágenes binarias que son muy simples y fáciles de implementar [8]. La función básica del algoritmo es buscar vehículos, recortarlos y guardarlos en archivos independientes.

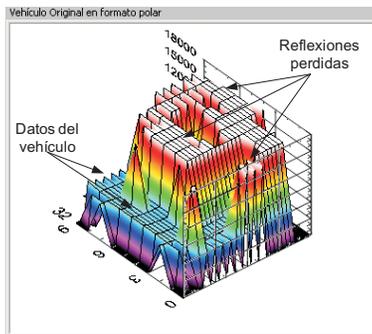


Figura 6.- Matriz con datos de un vehículo que contiene reflexiones perdidas.

En la figura 6 se muestra una matriz que contiene un vehículo donde aparecen reflexiones perdidas. Para estimar los datos en los puntos donde aparecen reflexiones perdidas, se supone que la mayoría de las siluetas de los vehículos al ser cortados transversalmente (a lo ancho) son lineales. Teniendo en cuenta la suposición anterior, se proponen reglas para la reconstrucción del vehículo, las cuales se aplican a cada fila que forman la matriz. El resultado de esta operación se puede observar en la Figura 7.

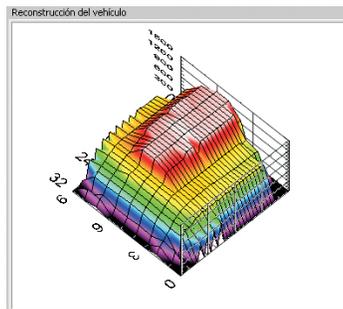


Figura 7.- Reconstrucción de un vehículo que contenía reflexiones perdidas.

### Clasificación

La extracción de características para la clasificación, se obtuvieron de la silueta generada por la matriz que contiene cada vehículo, como se puede observar en la Figura 8.



Figura 8.- Perfil de un vehículo tipo sedán

De la silueta se obtienen 54 parámetros que a continuación se describen brevemente: Ancho.- Una de las características más importantes, teóricamente, solo mediante este parámetro, puede discriminarse la clase de bicicletas y motocicletas. Altura Máxima.- Es el valor máximo que obtenemos de cada vehículo. Altura Sumatoria.- Este parámetro es parecido al anterior, ya que se obtiene la altura del vehículo pero en este caso, se calcula el promedio de cada fila de la matriz, para obtener una única silueta. Ancho por Altura Máxima, Ancho por Altura Sumatoria.- La multiplicación de 2 parámetros genera otro dato con el cual se podría obtener la discriminación entre clases. Sumatorio de la Silueta.- Se obtiene como el sumatorio de la silueta del vehículo proporcionada por Altura Sumatoria o bien, el área que contiene la silueta. Número de muestras.- Es el número de muestras que toma el equipo láser al vehículo. RMS.- the root mean square, si se aplica a la silueta de los vehículos, se obtiene un valor característico que permite discriminar entre clases. Rango.- Se obtiene calculando el número de puntos de la silueta sumatoria que se encuentren dentro de un rango de altura del vehículo. Se calcularon diversos rangos para un mejor estudio de este parámetro. Ratio.- Este parámetro se obtiene calculando el número de valores que superen un porcentaje del valor máximo de la silueta, dividido por el número de datos de la Silueta Sumatoria total. Se probaron 4 valores con este parámetro. Ratio con punto central.- Al igual que el parámetro anterior, se calcula el número de datos que superen un porcentaje del valor máximo de la silueta sumatoria y que se encuentren después del centro de la silueta o antes del centro de la silueta. Se probaron 8 valores para este parámetro. Ratiopromedio y Ratiopromediofiltrado.- El ratio promedio, tiene cierta similitud con el parámetro ratio, pero en vez de contar los datos que superen un porcentaje del valor máximo, se toman en cuenta los datos que superen el promedio de toda la señal (silueta sumatoria). Si aplicamos un filtro pasa bajo a la silueta del vehículo, podemos suavizar algún dato erróneo debido a una mala detección por el dispositivo láser, y aplicando lo anterior, obtenemos el parámetro Ratiopromediofiltrado. Derivada.- Este parámetro proporciona información sobre cuántos cambios bruscos sufre la Silueta Sumatoria. Para la obtención de este parámetro obtenemos la curva de la derivada de la silueta, y seguidamente se eleva al cuadrado. Se probaron 4 valores para este parámetro. Ratio reordenando.- Este parámetro indica la relación del tamaño del techo del vehículo con respecto a su tamaño total. Se obtiene reordenando los datos de la silueta sumatoria de menor a mayor, a continuación se realiza la derivada y se localizan

“n” valores consecutivos menores que un umbral. Se probaron 8 valores para este parámetro. Relación.- Este parámetro indica la relación existente entre puntos de la silueta sumatoria. Para obtener este parámetro, se toman los valores en 3 puntos de la silueta (1,2,3), con la condición que 1 sea cercano al inicio, 2 se localice en el centro y 3 se localice próximo al final de la silueta. Se probaron 6 valores para este parámetro.

A partir de la extracción de características, se realiza una clasificación de vehículos utilizando el Reconocimiento estadístico de patrones y las Redes Neuronales. Los buenos resultados que se han obtenido para la clasificación de vehículos, han sido debidos a la forma en cómo se realiza la discriminación tipo árbol como se muestra en la figura 9.

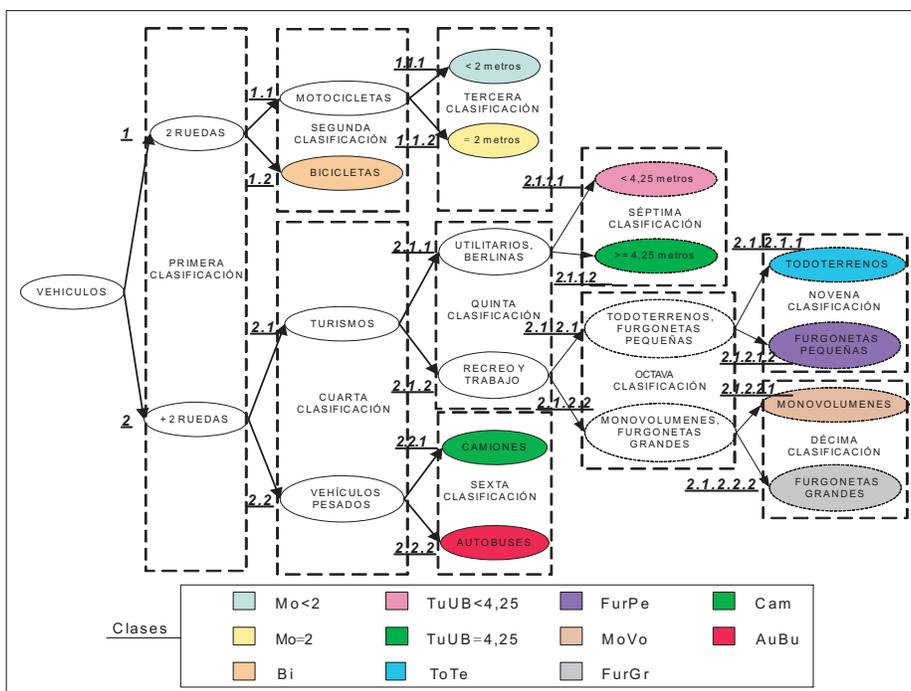


Figura 9.- Clasificación de los vehículos en 11 tipos

Para la eliminación de parámetros que aportaron información adicional, se realizó un estudio de correlación con los parámetros escogidos en las pruebas paramétricas y no paramétricas, para, finalmente, obtener la ecuación que permite discriminar por medio de la Regresión Logística. La utilización de las redes neuronales, fue necesaria para discriminar aquellos grupos en los que el método estadístico ofreció malos resultados. Se usó la red backpropagation, ya que es una de las más comunes para la clasificación de patrones y la estimación de funciones, además permite amoldarse a nuestro propósito. Se probaron diferentes combinaciones de capas en los entrenamientos (una y dos capas ocultas), con varias semillas de inicialización de pesos y múltiples formatos en los datos de entrada. parámetros que se describieron anteriormente, se extrajeron de la figura tridimensional obtenida de los vehículos. Se hizo un

análisis riguroso sobre esta estructura, y se introdujeron en la red neuronal esos datos, para que encontrara parámetros para la clasificación. Los parámetros introducidos fueron: Datos obtenidos del método estadístico.- Se entrenó la red neuronal con los datos obtenidos de la correlación para cada clase. Matriz completa.- Se entrenó la red neuronal aplicandole la matriz completa (previamente escalada) como experimento básico a partir del cual observar si el resto de pruebas son correctas o incorrectas. Silueta con Máximo.- Se obtuvo la silueta de los vehículos tomando el valor máximo de cada fila, resultando un vector con los “n” elementos que forman la silueta del vehículo. El escalado con el que se hicieron las pruebas fueron el promedio de todas las muestras. Silueta con Máximo y Ancho.- Al igual que lo anterior, se tomó el valor máximo de cada fila, y al vector resultante se le agregó el dato del ancho del vehículo, quedando un vector de n+1 elementos. Silueta con Máximo, Ancho y Número

de muestras.- Repitiendo el procedimiento anterior, además de agregarle el ancho, se le agregaron 2 valores más asociados con el vehículo: su número de muestras por fila y columna de la matriz original, resultando un vector de  $n+1+2$  elementos. Silueta con sumatoria.- Se obtuvo la silueta del vehículo como el promedio de cada fila, así se elimina ruido generado por fallos en la detección. Silueta con Sumatoria y Ancho.- Al vector que contiene la silueta obtenida con la sumatoria de las filas, se le agregó al final el valor del ancho del vehículo. Silueta con Sumatoria, Ancho y Número de muestras.- Al vector conteniendo la silueta con sumatoria y el ancho del vehículo, se le agregaron sus valores de fila y columna, obteniendo un vector de  $n+1+2$  elementos. Silueta con sumatoria y línea transversal.- Se obtuvo esta matriz por la unión de 2 vectores, un vector "n" que contiene la silueta del vehículo, y un vector "k", que contiene uno o varios cortes transversales del vehículo. El proceso para encontrar estos "k" vectores es simple, se divide la matriz del vehículo, a lo largo, en  $k+1$  partes iguales y se obtienen las filas que están distanciadas cada  $filas/(k+1)$ .

Para el desarrollo de este proyecto, se tomaron registros en 2 importantes avenidas de la ciudad de Valencia, España, la avenida del Puerto (4 carriles en cada sentido) y Avenida Blazco Ibáñez (3 carriles en cada sentido). El total de los vehículos almacenados, debidamente comprobados con grabaciones de vídeo, y contabilizados en el momento de las mediciones, son de 5175 (268 modelos de vehículos diferentes, incluidas motocicletas y bicicletas).

Se detectaron 5192 vehículos al pasar la base de datos por el algoritmo de detección. De los vehículos solapados, el 100% de ellos pudieron ser detectados y separados correctamente. Al analizar los vehículos erróneos, se encontró que los 17 objetos detectados, son ocasionados por el cambio drástico de la luz solar sobre la vía, presentando características específicas (valores menores que 1m), con lo que se puede suprimir automáticamente al poner un umbral para objetos mayores de 1m sin perder un solo vehículo, puesto que el vehículo de menor altura, supera el umbral. Por lo tanto, obtenemos 5175 vehículos recortados, presentando el 0% de error.

El modelo general de la clasificación lo muestra la Figura 10.

#### 4. RESULTADOS

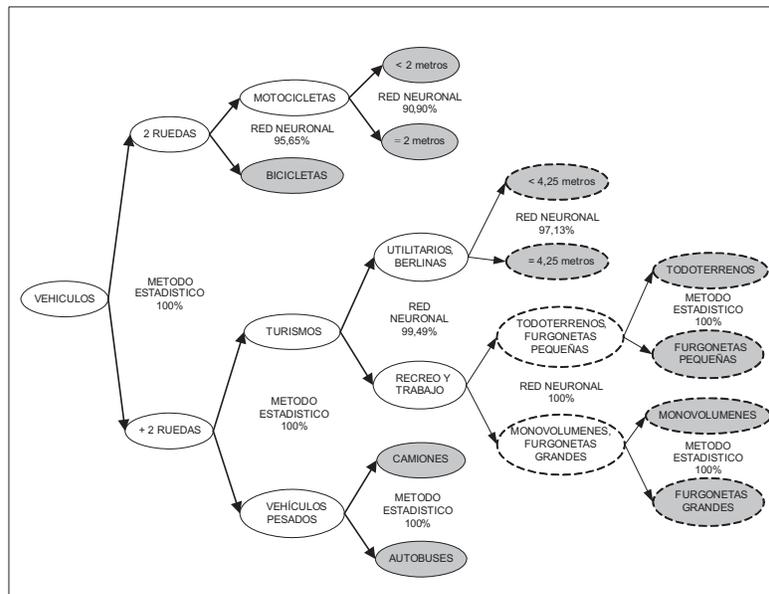


Figura 10.- Modelo general de la clasificación

La robustez del modelo se ha comprobado, clasificando todos los vehículos que forman la base de datos, incluyendo los que no han sido utilizados

para la generación del algoritmo, debido a la compensación de los tamaños muestrales.

Obteniendo la matriz global de confusión que muestra la Figura 11

| Clase donde han sido Clasificados/Clase real de Vehículos | Clase 1      | Clase 2     | Clase 3      | Clase 4      | Clase 5      | Clase 6      | Clase 7     | Clase 8      | Clase 9    | Clase 10     | Clase 11   | TOTAL         |
|---|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|------------|--------------|------------|---------------|
| Clase 1   | <b>93,42</b> | 6,58        |              |              |              |              |             |              |            |              |            |               |
| Clase 2   | 10,1         | <b>81,6</b> | 8,3          |              |              |              |             |              |            |              |            |               |
| Clase 3   | 4,17         | 9,72        | <b>86,11</b> |              |              |              |             |              |            |              |            |               |
| Clase 4   |              |             |              | <b>82,42</b> | 14,92        |              | 2,66        |              |            |              |            |               |
| Clase 5   |              |             |              | 5,04         | <b>81,72</b> | 0,38         | 12,86       |              |            |              |            |               |
| Clase 6   |              |             |              |              | 6,74         | <b>93,26</b> |             |              |            |              |            |               |
| Clase 7   |              |             |              |              | 3,1          |              | <b>96,9</b> |              |            |              |            |               |
| Clase 8   |              |             |              |              |              | 1,67         |             | <b>98,33</b> |            |              |            |               |
| Clase 9   |              |             |              |              |              |              |             |              | <b>100</b> |              |            |               |
| Clase 10  |              |             |              |              |              |              |             |              | 5,23       | <b>94,77</b> |            |               |
| Clase 11  |              |             |              |              |              |              |             |              |            |              | <b>100</b> |               |
| TOTAL   |              |             |              |              |              |              |             |              |            |              |            | <b>85,95%</b> |

Figura 11.- Matriz global de confusión

De la Figura 11 se observa, que el sistema propuesto presenta una precisión global del 85,95%.

### 5. DISCUSIONES

Actualmente se pueden encontrar en el mercado sistemas de detección de vehículos que hacen uso de diversas tecnologías como nuevos sensores con tecnología magnética [9] o investigaciones que intentan mejorar las prestaciones de los actuales sistemas de visión [10], [11].

Encontramos diversos sistemas de detección de vehículos, como el presentado por Trafx [9], que ofrece un sistema detector de vehículos con sensores magnéticos, teniendo una precisión del 100% para un carril y 90% para 2 carriles ofreciendo solo 2 clasificaciones. Nuestro sistema ha tenido una precisión del 100% en la detección en vías de 4 carriles con una clasificación de 4 tipos, superando al sistema Trafx.

Publicaciones como los presentados por Achler [10] y Kwon [11], ofrecen detecciones de vehículos de manera específica, como detección de las ruedas y de camiones respectivamente, presentando 78% y 94,3% de precisión en la detección. Kwon presenta una clasificación de 2 tipos. Obviamente nuestro sistema mejora a los anteriores.

Un sistema parecido al nuestro, es el presentado por Cheng [4], su sistema detecta vehículos con tecnología láser para un carril con un 100% de precisión. La diferencia es que nuestro sistema reduce el costo al utilizar solo un sistema sensor para la detección en 4 carriles, lo que Cheng usa 2 sistemas sensores para un solo carril.

La publicación presentada por Prati [5], trata del análisis de las señales de video generadas por sistemas de detección de vehículos, en los que elimina las sombras para obtener una mayor precisión en la detección, llegando a tener en avenidas de 4 vías hasta un 93,10% de precisión sobre una base de datos de 2274 vehículos. Nuestro sistema sigue dando mejores resultados que el descrito por Prati en cuanto a detección al tener

100% de precisión sobre una base de datos de 5174 vehículos, además que nuestro sistema no se ve afectado por los cambios de luz en la detección de vehículos.

Así podemos encontrar publicaciones de detección de vehículos de diferentes tecnologías, que ofrecen características inferiores a nuestro sistema, como el propuesto por Hyungjin [12], con un 96,6% de precisión en la detección en un carril, y logrando un 99,5% usando 2 sensores por carril.

### 6. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un sistema de detección de vehículos, con un campo de detección capaz de cubrir vías de hasta 4 carriles con un 100% de eficacia, mejorando ampliamente los existentes en el mercado.

Se ha desarrollado una metodología propia para el tratamiento del problema presentado, con rigor estadístico, desde la confección de la base de datos de vehículos, hasta la obtención de las funciones de clasificación, pasando por la normalización de las señales, el diseño de los parámetros, el estudio de la significación de los parámetros, colinealidad y dependencia entre los mismos.

La metodología de combinar los métodos estadísticos con las redes neuronales ha sido apropiada por los resultados vistos, y esto puede aplicarse a otros estudios en el campo de tráfico, e incluso a cualquier campo en el que haya que pronunciarse sobre un diagnóstico a partir de un conjunto de observaciones, en donde el mayor objetivo sea la discriminación.

El algoritmo basado en los métodos estadísticos y Redes neuronales, presenta un buen comportamiento para la distinción de hasta 11 clases, superando ampliamente a los equipos existentes actualmente en el mercado.

Se ha logrado realizar una clasificación en varios grupos con buenos resultados, gracias al método de separación tipo árbol que facilitó la implementación de los algoritmos de discriminación.

Por último, se ha desarrollado un método que representa una opción válida, sencilla, con un gasto computacional reducido, que ofrece la posibilidad de usarlo con diferentes sensores que tengan el principio de detección de área de vehículos, con un alto grado de exactitud en la detección y clasificación.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ 1 ] D. Middleton, R. Parker, "Initial Evaluation of Selected Detectors to Replace Inductive Loops on Freeways", Research Project FHWA/TX-00/1439-9, Research Report 1439-9, Texas Transportation Institute, 2000.
- [ 2 ] L. A. Klein, "Vehicle Detector Technologies for Traffic Management Applications", Part 1 and Part 2, ITS Online, The Independent Forum for Intelligent Transportation Systems, June 1997.
- [ 3 ] Jaimyoung Kwon, Pravin Varaiya, Alexander Skabardonis, "Estimation of Truck Traffic Volume from Single Loop Detector Using Lane-toLane Speed Correlation", Presentation and Publication 82nd Annual Meeting Transportation Research Board, 2003.
- [ 4 ] Cheng H. H., Shaw B. D., Palen J. E., Xudong Hu, Van Katwyk K., "A real-time laser-based detection system for measurement of delineations of moving vehicles", Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on, Volume:6 Issue:2, June 2001, Page(s): 170-187.
- [ 5 ] A. Prati, I. Mikic, Constantino Grana and Mohan M. Trivedi, "Shadow Detection Algorithms for Traffic Flow Analysis: a Comparative Study", IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, Oakland California, August 2001.
- [ 6 ] Shirmila Mohottala, Masataka Kagesawa, Katsushi Ikeuchi, "Vehicle Class Recognition Using 3D CG Models", ITS World Congress, 2003.
- [ 7 ] Tatsuya Yoshida, Shirmila Mohottala, Masataka Kagesawa, Katsushi Ikeuchi, "Vehicle Classification System with Local-Feature Based Algorithm Using CG Model Images", IEICE Trans. On Information and Systems, vol. E85-D, No. 11, pp. 1745-1752, 2002.
- [ 8 ] Mingwu Ren, Jingyu Yang, Han Sun Elsevier, "Tracing boundary contours in a binary image", Image and Vision Computing, Volume 20, number 2, 2002.
- [ 9 ] Bertrand G. Steinbach, "Non-Intrusive Traffic Detectors", ASIM Technologies, Ltd.
- [ 10 ] TrafX Vehicle Counter, www.trafx.net 2006.
- [ 11 ] Ofer Achler, Mohan M. Trivedi, "Vehicle Wheel Detector using 2D Filter Banks", IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Parma, Italy, June 2004.
- [ 12 ] Hyungjin Kim, Joo-Hyune Lee, Sung-Wook Kim, Jae-In Ko, Dongil Cho, "Ultrasonic vehicle detector for side-fire implementation and extensive results including harsh conditions", Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, Volume: 2 Issue: 3, Sept. 2001, Page(s): 127-134.

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL: EMULACIÓN DE MECANISMOS

*A. D. Trujillo Hernández, L. E. Gómez Aguilera*

*Universidad Politécnica de Chiapas*

*angeltrhz@hotmail.com, luigoaga@hotmail.com*

**RESUMEN:** En este trabajo se describirán algunas técnicas de inteligencia artificial (IA), las cuales se basan en emular mecanismos de aprendizaje y razonamiento, como también mecanismos inspirados en la naturaleza con el objetivo principal de resolver algún problema en un tiempo de cómputo considerable. Se expondrán desde los tres principales paradigmas de IA hasta los más actuales, de tal manera que este trabajo será de gran apoyo para cualquier persona interesada en comenzar a trabajar en este campo; desde estudiantes hasta investigadores que estén interesados en aplicar estas técnicas en sus líneas de investigación. Se describirán algunas aplicaciones realizadas con estas técnicas en diversas áreas y algunas futuras aplicaciones de las mismas.

**PALABRAS CLAVE:** Inteligencia Artificial, Redes Neuronales, Lógica Difusa, Algoritmos Genéticos, Computación Evolutiva.

**ABSTRACT:** In this Work some artificial intelligence techniques are described, which are based on emulating mechanisms of learning and reasoning, also mechanisms inspired by the nature, this to find the best solution in a specific problem with a considerable compute time. From the three main paradigms to present, such that, this work will be of great support for any interested in beginning to work in this field; from students to researches interested in applying these techniques in their research lines. Some current and future applications of these techniques in diverse areas are described.

### 1. INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Actualmente la utilización de las computadoras para resolver un problema en específico ha sido una de las mayores tendencias mundiales, desde un problema sencillo en un aula de clase hasta un problema complejo en un centro de investigación.

De años recientes ha crecido el interés en emplear técnicas de inteligencia artificial para resolver diferentes problemas, debido a que ofrecen buenos resultados en un tiempo de respuesta considerable.

La inteligencia artificial (IA) es un área de la investigación donde se combinan las computadoras, la fisiología y filosofía, reuniendo varios campos como la robótica y los sistemas expertos, los cuales tienen en común la creación de máquinas que puedan "pensar" por medio de algoritmos para realizar tareas específicas (control, selección) [1-3]. Recurriendo al diccionario se puede observar que se define a la inteligencia artificial como el conjunto de técnicas que se aplican al ordenador con objeto de desarrollar su capacidad para realizar funciones de aprendizaje y auto-corrección. Inteligente se refiere a dotado de inteligencia, capaz de comprender. "Dícese de máquinas, sistemas, edificios, etc., que mediante el control de ordenador y redes de conexión pueden actuar automáticamente, adaptándose a cada situación" [4].

### 2. LOS TRES PRINCIPALES PARADIGMAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los tres principales paradigmas de la inteligencia artificial, con los que comenzó esta gran tendencia son: Redes Neuronales Artificiales, Lógica Difusa, y Algoritmos Genéticos [4-7].

#### Redes Neuronales Artificiales

Las redes neuronales intentan imitar el sistema nervioso con la intención de construir sistemas de procesamiento paralelo de datos que puedan presentar un cierto comportamiento inteligente. Un sistema neuronal artificial está conformado por elementos de cálculo, llamadas neuronas, en donde se procesa la información. Las neuronas se encuentran interconectadas entre sí [6].

Biológicamente se suele aceptar que la información memorizada en el cerebro está más relacionada con los valores sinápticos de las conexiones entre las neuronas que con las neuronas mismas. El conocimiento se encuentra en las sinapsis y todo proceso de aprendizaje consiste en la creación, modificación y destrucción de estas conexiones entre las neuronas. De forma similar, el aprendizaje en las redes neuronales artificiales consiste en determinar un conjunto de pesos sinápticos que permita a la red realizar correctamente la tarea deseada, lo cual se logra a través del entrenamiento de la red.

Los tipos de entrenamiento existentes son supervisados y no supervisado. El aprendizaje supervisado consiste en presentar a la red un

conjunto de patrones característicos de entrada junto con la salida que se desea obtener. La red ajusta sus pesos hasta que su salida tiende a ser la salida deseada; para realizar esta tarea la red utiliza información acerca del error que comete en cada paso de entrenamiento. En el aprendizaje competitivo o no supervisado, las neuronas de salida compiten entre ellas para alcanzar el estado de activación. Como resultado solo una unidad salida estará activa en algún momento dado [8].

### Lógica Difusa

Es la segunda herramienta que permite emular el razonamiento humano [9]. Los seres humanos pensamos y razonamos por medio de palabras y en grados entre dos estados por ejemplo blanco y negro ó frío y caliente, etc. Estos sistemas de lógica difusa son una mejora a los sistemas expertos tradicionales, en el sentido de que permiten utilizar lenguaje humano como nosotros razonamos [10-12].

Los sistemas expertos tradicionales, intentan reproducir el razonamiento humano de forma simbólica. Es un tipo de programa de aplicación informática que adopta decisiones o resuelve problemas de un determinado campo, como los sistemas de producción, las finanzas o la medicina, utilizando los conocimientos y las reglas analíticas definidas por los expertos en dicho campo. Los expertos solucionan los problemas utilizando una combinación de conocimientos basados en hechos y en su capacidad de razonamiento. Los sistemas expertos comenzaron a aparecer en la década de 1960.

### Algoritmos Genéticos

Los algoritmos genéticos son parte de la familia de los algoritmos evolutivos, los cuales son modelos inspirados en la naturaleza [7,13]. Los algoritmos genéticos son usualmente considerados funciones optimizadoras [7,14].

Los algoritmos genéticos pueden describirse como procedimientos iterativos que mantienen una población  $P$  de  $n$  candidatos (individuos)- soluciones codificadas- para una función objetivo  $f$ .

$$P(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)\}$$

La población  $P$  es capaz de desarrollarse en un medio a través de la aplicación de los procesos de la selección, reproducción, cruzamiento y mutación. Los individuos más fuertes (soluciones) sobreviven durante el ciclo evolutivo.

A continuación se describen los cinco componentes básicos de un algoritmo genético [9,15]:

1. Es primer paso primordial para emplear un algoritmo genético en cualquier problema, es que este se pueda codificar, es decir, que se pueda representar el problema en forma de cadenas (cromosomas).
2. Crear una población inicial ( $P_0$ ), en donde cada individuo  $x_i(t)$  de la población representará una posible solución.
3. Tener una función de ajuste, mejor conocida como función de adaptación o evaluación  $f$ , mediante la se asignará un número real a cada posible solución codificada.
4. Durante la ejecución del algoritmo los padres- dos individuos pertenecientes a la población inicial,  $\{x_i(t), x_j(t)\} \in P_0$  - son seleccionados para la reproducción, posteriormente dichos padres se cruzan generando dos hijos que formarán parte de la nueva población. En dichos hijos actuará un operador de mutación de acuerdo a una probabilidad.
5. Valores de los parámetros del algoritmo: tamaño de la población, probabilidad de los operadores genéticos, criterio de terminación.

### 3. APLICACIONES DE LOS TRES PRINCIPALES PARADIGMAS

La aplicación de estas técnicas ha sido variada, teniendo diferente calidad en los resultados para diferentes campos, a continuación se mencionan algunas:

#### Redes Neuronales Artificiales

Para las redes neuronales artificiales el campo en donde mejor sea desempeñado es en clasificación, como por ejemplo en [16] donde se emplea un laser para la clasificación de automóviles mediante una red neuronal, obteniendo muy buenos resultados.

Algunas otras aplicaciones de las redes neuronales artificiales: control de calidad (evalúa si un producto cumple o no con las especificaciones establecidas), control de procesos químicos, autómatas programables (optimización de sistemas de producción). En [8] se presenta un algoritmo de segmentación para clasificar granos de café. Se implementó una red neuronal multicapa para

clasificar la imagen en base a su color (considerando su madurez). En [17] se describe el uso de las redes neuronales para clasificar colores de café provenientes de una nariz electrónica. Se han empleado también con algoritmos genéticos para identificar defectos de tomates en relación al área que ocupan y a su forma [18]. Empleándolas con hardware especializado se pueden alcanzar velocidades de procesamiento elevadas [19]. La topología que ha demostrado ser la más adecuada en tareas de clasificación ha sido la de retropropagación [20].

### Lógica Difusa

Conocida también como conjuntos difusos, es una herramienta matemática que suele usarse en problemas en donde existe un alto grado de incertidumbre, su mayor aplicación ha sido en el área control [6, 21-23]. En la referencia [24], la lógica difusa es utilizada para analizar imágenes de marcos de puertas para extraer las características de éstas. La lógica difusa también puede ser utilizada para la clasificación de imágenes satelitales [25] o como herramienta para establecer criterios objetivos en el desarrollo de un esquema de asignación de pesos para las observaciones de las distintas estaciones de seguimiento de satélites por telemetría láser [26]. En [27] se presenta el desarrollo de un algoritmo de segmentación de imágenes para clasificar granos de café mediante lógica difusa. Se implementó el sistema difuso de tipo Mamdani para clasificar la imagen en base a su color.

Referente a los sistemas expertos sus campos de aplicación han sido la química, geología, medicina, banca e inversiones y seguros [9, 28,29].

### Algoritmos Genéticos

Los algoritmos genéticos han demostrado muy buenos resultados ha sido en la optimización numérica [7, 30, 31]. Tienen una muy amplia gama de aplicaciones en diversos campos y cada vez esta crece. Una en la cual ha demostrado buenos resultados ha sido en los sistemas eléctricos de potencia [32-34]. En [15, 35, 36] los trabajos se han enfocado en sistemas de distribución de tipo radial, mejorando la confiabilidad del sistema y considerando métodos de evaluación económica.

## 4. OTROS PARADIGMAS

Han surgido otros paradigmas que han venido a reforzar el campo de la inteligencia artificial, unos más actuales que otros, algunos de ellos son:

Recocido Simulado, Optimización por Cúmulos de Partículas, Optimización por Colonias de Hormigas, Programación Genética, Algoritmos Culturales, Estrategias Evolutivas, Algoritmos de Estimación de Distribuciones, Evolución Diferencial, Algoritmos Meméticos, Algoritmos Transgénicos, Evolución Diferencial, Optimización Multiobjetivo, Optimización por avispas, por citar algunos [37-51].

Estos desarrollos acortan bastante el proceso de decisiones y optimizan las mismas. Además que permiten ampliar la gama de herramientas para solucionar un tipo de problema en específico.

## 5. CONCLUSIONES

En este artículo se expusieron de manera introductoria los tres principales paradigmas de la inteligencia artificial: Redes Neuronales Artificiales, Lógica Difusa y Algoritmos Genéticos. Se observaron sus fundamentos, algunas de las tantas aplicaciones en diversas áreas, además de otros paradigmas que diversifican este campo de investigación. Permitiendo de esta manera a clarificar y ampliar el panorama a cualquier persona, con o sin conocimientos del tema, y que esté interesada en alguna de estas técnicas para una futura aplicación.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Elaine Rich y Knight Kevin., *"Inteligencia Artificial"*, Segunda Edición. Mc Graw Hill, 1994
- [2] Stuart Rusell y Norving Peter., *"Inteligencia Artificial un Enfoque Moderno"*, Prentice Hall, 1996.
- [3] Stuart Russell y Norving Peter. *"Artificial Intelligence: A Modern Approach"*, Prentice Hall Series in Artificial Intelligence, 2002.
- [4] Alejos Palomares R., y Vázquez González J. L., *"Sistemas Inteligentes de la Ciencia Ficción al Aula"*, Cociente computo científico y técnico, págs. 32- 33, Marzo-Mayo 2007.
- [6] Martin del Brío, Bonifacio y Sanz Molina, Alfredo., *"Redes Neuronales y Sistemas Difusos"*, Alfaomega, 2005.
- [7] Goldberg D. E., *"Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning"*, Addison-Wesley, 1989.
- [8] Ochoa Gordillo A., Pérez Patricio M., Trujillo Hernández A. D., Voisin Y., y Gómez Aguilera L. E., *"Algoritmo de segmentación de imágenes para la clasificación de granos de café a la cadencia de video basado en redes neuronales"*, 5º Congreso Internacional sobre Innovación y desarrollo tecnológico, Octubre 2007, Cuernavaca, Morelos, México.

- [9] Delgado A., *"Inteligencia Artificial y Mini robots"*, Ecoe Ediciones, Segunda Edición, Julio 1998.
- [10] Mendel J. M., *"Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial"*, Proceedings of the IEEE, Vol. 83, no. 3. March 1995.
- [11] D'Negri C. E., y De Vito E. L., *"Introducción al razonamiento aproximado: Lógica Difusa"*, Revista Argentina de Medicina Respiratoria, no 4; 126-136, 2006.
- [12] Mendel J. M., *"Type-2 Fuzzy Sets: Some Questions and Answers"*, IEEE Neural Networks Society, August 2003
- [13] John H. Holland, *"Adaptation in Natural and Artificial Systems"*, London MIT Press, 1992.
- [14] Painto L. y Campbell J., *"Genetic Algorithms in Optimization of System Reliability"*, IEEE Trans. on Reliability, vol. 44, no. 2, June 1995.
- [15] Trujillo Hernández A. D., Trujillo Hernández R. A., Gómez Hernández J. A., Fernández Ramírez F., y Olea Rogel A., *"Implementación de la selección por ruleta, sobrante estocástico con y sin reemplazo en un algoritmo genético para la optimización de sistemas de distribución"*, RVP-AI 2007, Gro., Acapulco, México.
- [16] Gómez Aguilera L. E., Fernández Ramírez F., y Trujillo Hernández A. D., *"A System for Vehicle Classification by means of Laser Scanner Technology"*, XIX Congreso Nacional y V Congreso Internacional de Informática y Computación ANIEI 2006, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- [17] Rosales Hernández C. T., Reyes Galaviz O. F., *"Clasificación de Datos de Olor de Café provenientes de una Nariz Electrónica Utilizando Redes Neuronales"*, XVIII Congreso Nacional y IV Congreso Internacional de Informática y Computación ANIEI 2005, Torreón, Coahuila, México.
- [18] Fang J., Wang S., y Zhang C., *"Application of Genetic Algorithm (GA) Trained Artificial Network to Identify Tomatoes with Physiological Diseases"*, Nature and Science, 3(2), 2005.
- [19] Guarnizo J., y López J. C., *"Simulación de Identificadores a través de redes neuronales y control inverso generalizado, usando Simulink y Matlab"*.
- [20] Unay D., y Gosselin B., *"Apple Defect Segmentation by Artificial Neural Networks"*. TCTS Lab., Faculty Polytechnique de Mons, Belgium.
- [21] Benson Eric R., Qin Zhan y Reid John F., *"Fuzzy Quality Evaluation for Agricultural Applications"*, SAE Transactions 2000, vol. 109, no. 2, pp. 377-384.
- [22] Chahuarra Quispe J. C., *"Control neurodifuso aplicado a una grúa torre"*, Tesis Licenciatura, Lima Perú, 2005.
- [23] Eugenio A., García Silvente M., González A., y Muñoz R., *"Door-detection using computer vision and fuzzy logic"*, Autonomous Robots, Volumen 21, no. 2, Agosto 2006.
- [24] Ramírez Alonso G., Chacón M., *"Reconocimiento de defectos en maderas utilizando una red neurodifusa"*, Ra Ximhai, Septiembre-Diciembre, año/vol.1, no. 003.
- [25] Gutiérrez J., *"Uso de la teoría de lógica difusa en la clasificación de imágenes satelitales con coberturas mixtas: el caso urbano de Mérida"*, Interciencia, Mayo, año/vol. 30, no. 005, Venezuela.
- [26] Soto J. A., Vigo Aguilar M. I., Flores S., *"Optimización mediante clasificación difusa en la órbita de LAGEOS"*, 27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa del 8 al 11 de abril de 2003, Lerida, España.
- [27] Santiago Tovilla A., Pérez Patricio M., Chanona Soto J., Fernández Ramírez F., y Voisin Y., *"Evaluación de un algoritmo basado en lógica difusa para la clasificación de granos de café a la cadencia de video"*, 5º Congreso Internacional sobre Innovación y desarrollo tecnológico, Octubre 2007, Cuernavaca, Morelos, México.
- [28] Nebendah D., *"Sistemas Expertos"*, Editores Marcombo, Ingeniería y Comunicación. Barcelona, 1988.
- [29] Rolston W. D., *"Principios de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos"*, Mc Graw Hill. México, 1992.
- [30] Davis L., *"Handbook of Genetic Algorithms"*, Van Nostrand Reinhold, 1991.
- [31] Whiteley D., *"A Genetic Algorithm Tutorial"*, Computer Science Department, Colorado State University, Fort Collins, Co., 1993.
- [32] Vladimiro Miranda, Ranito, J. V. and Proenca, L. M., *"Genetics Algorithms In Optimal Multistage Distribution Network Planning"*, IEE Trans. on Power Systems, Vol. 9, No. 4, November 1994, pp. 1927-1933.
- [33] Yeh, E. C. et al., *"Improved Distribution System Planning Using Computational Evolution"*, IEEE Trans. On Power Systems, Vol. 1, No. 2, August 1996, pp. 668-674.
- [34] Ramirez-Rosado, I. J., and José Bernal-Agustín, *"Optimization of the Power Distribution Network Design by Applications of Genetic Algorithms,"* International Journal of Power and Energy Systems, Vol. 15, No. 3, 1995, pp. 104-110.
- [35] Trujillo Hernández A. D., Trujillo Hernández R. A., Gómez Aguilera L. E., e Osuna Galán I., *"Optimización Combinatoria utilizando Algoritmos Genéticos en Sistemas Eléctricos de Distribución"*, Congreso Internacional de Computación Evolutiva COMCEV'07, Octubre 2007, Aguascalientes, Ags., México.

- [36] Trujillo Hernández A. D., Trujillo Hernández R. A., Olea Rogel A., y Valenzuela Mondaca E., “*Optimización y selección de proyectos en sistemas de distribución radiales utilizando algoritmos genéticos*”, 5º Congreso Internacional sobre Innovación y desarrollo tecnológico, Octubre 2007, Cuernavaca, Morelos, México.
- [37] Kirkpatrick S., C. D. Gelatt Jr., and M. P. Vecchi, “*Optimization by simulated annealing*”, *Science* **220**:671-680, 1983.
- [38] Kennedy, J., and R. C. Eberhart, “*Particle Swarm Optimization*”, Proc. IEEE Int. Conf. on Neural Networks, IV. Piscataway, NJ: IEEE Service Center, pp. 1942-1948, 1995.
- [39] Dorigo, M., and G. Maria, “*Ant Colony System: a cooperative learning approach to the traveling salesman problem*”, *IEEE Trans. Evol. Comput.* **1**:53-66, 1997.
- [40] Koza, J. R., “*Genetic programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*”, Cambridge: MIT Press, 1992.
- [41] Koza, J. R., “*Genetic programming II: Automatic Discovery of Reusable Programs*”, Cambridge: MIT Press, 1994.
- [42] Koza, J. R., “*Genetic programming III: Darwinian Invention and Problem Solving*”, San Francisco: Morgan Kaufmann, 1999.
- [43] Koza, J. R., “*Genetic programming IV: Routine Human-Competitive Machine Intelligence*”, Hingham, MA: Kluwer Academic, 2003.
- [44] Reynolds, R. G., “*An Introduction to Cultural Algorithms*”, Proc. 3<sup>rd</sup> An. Conf. on Evolutionary Programming. River Edge, NJ: World Scientific, pp. 131-139, 1994.
- [45] Larrañaga, P., and Lozano J. A., “*Estimation of Distribution Algorithms: A New Tool for Evolutionary Computation*”, Genetic Algorithms and Evolutionary Computation, kluwer Academic. Oct. 2001.
- [46] Casillas J., y Benítez A. D., “*Optimización Continua Multimodal mediante Evolución de Funciones de Densidad de Probabilidad*”, Congreso Internacional de Computación Evolutiva COMCEV „05, Mayo 2005, Aguascalientes, Ags., México.
- [47] Olariu, S., and Zomaya, A. Y., “*Handbook of Bioinspired Algorithms and Applications*”, Chapman & Hall, Crc. Computer & Information Science. Sep. 29, 2005.
- [48] Gonzalez, T. F., “*Handbook of Approximation Algorithms and Metaheuristics*”, Chapman & Hall, Crc. Computer & Information Science. May. 15, 2005.
- [49] Glover, F. W., and Kochenberger, G. A., “*Handbook of Metaheuristics*”, International Series in Operations Research & Management Science, Kluwer’s International Series, Jan 1, 2003.
- [50] Bäck, T., “*Evolutionary computation: comments on the history and current state*”, *IEEE Trans. Evol. Comput.*, **1**:3-17, 1997.
- [51] Schwefel, H., “*Evolution and Optimum Seeking*”, New York: Wiley, 1995.

## VALORES Y CULTURA DE CALIDAD, UN MODELO DIDÁCTICO PARA SU PROMOCIÓN

B. Landeros Arenas

Instituto Tecnológico de la Laguna  
beniland13@gmail.com

**RESUMEN:** “Los niños aprenden lo que viven”. Este trabajo fue desarrollado con el propósito de aportar un modelo para promover valores éticos y cultura de calidad en los niños de segundo grado de preescolar, considerando que conforman la población de menor edad en el sistema de educación pública en México. En los países en vías de desarrollo es casi imposible esperar que formemos nuevas generaciones con valores, si la gran mayoría de los adultos no los practicamos. Ante este problema, se planteó la necesidad de romper la “cadena de escasez”, incidiendo en el sector preescolar, con el objeto de propiciar un cambio de comportamiento de mayor arraigo que intentándolo en adultos. Para tal efecto se seleccionaron cuatro valores considerados importantes en la formación de los futuros ciudadanos: **Orden/limpieza, honestidad, respeto/tolerancia y trabajo en equipo/solidaridad**. Fueron elegidos 6 planteles, cinco del área urbana y uno rural, cada institución aportó dos grupos de 35 alumnos, el “muestra” que utilizó los materiales diseñados y el “de control” para la comparación. El estudio vinculó la enorme capacidad de aprendizaje de los infantes con recursos didácticos típicos como materiales audiovisuales, juegos tradicionales, actividades teatrales, melodías y un personaje de ciencia ficción. Se presentó como un paquete, acompañado de un programa de exposición de cuatro semanas, con el objetivo de reforzar la promoción de valores en la práctica docente. Se diseñó un instrumento de evaluación que fue aplicado por las educadoras antes, durante y 30 días después de concluir el proceso, con el propósito de medir los cambios de comportamiento. El instrumento se basó en cuatro bloques de variables complejas (valores), de las cuales se enunciaron algunas afirmaciones a medir o variables simples. El rango de calificación fue de 0 a 5. El análisis de resultados mostró un incremento en la calificación global promedio para el grupo “muestra” de **55.87%**, mientras que para el de “control” solo un **19.14%**, una diferencia de **36.73%**. Podemos concluir que la elaboración de material didáctico/audiovisual y juegos, aplicando teorías básicas de comunicación y mercadotecnia utilizadas con la mediación pedagógica de la educadora, provoca mensajes efectivos que modifican la conducta del niño dentro y fuera de la escuela.

**ABSTRACT:** “The children learn what they live”. This work was developed in order to contribute a model to promote ethical values and culture of quality in the children of second degree of elementary school, considering people who conforms the population of smaller age in the system of public education in Mexico. In the developing countries it is almost impossible to hope that we form new generations with values, if the great majority of adults did not practice them. Before this problem, the necessity considered to break the “chain of shortage”, affecting the preschool sector, with the intention of causing a change of behavior of greater root than trying it with adults. For such effect four values considered important in the formation of the citizen futures were selected: Order/cleaning, honesty, respect/tolerance and work in equipment/solidarity. 6 establishments, five of urban the area and one rural were chosen, each institution contributed two groups of 35 students, the “sample” that used the designed materials and the one “of control” for the comparison. The study tied the enormous capacity of learning of the infants with typical didactic resources like audio-visual materials, traditional games, theater activities, melodies and a of science fiction character. One appeared like a package, accompanied of a program of exhibition of four weeks, with the objective to reinforce the actually educational promotion of values. An evaluation instrument was designed that was applied by the educators before, during and 30 days after concluding the process, in order to measure the changes of behavior. The instrument was based on four blocks of complex variables (values), of which some affirmations measure or simple variables were enunciated. The qualification rank went from 0 to 5. The analysis of results showed an increase in the global qualification average for the group shows of **55, 87%**, whereas for the one of single control **19, 14%**, a difference of **36, 73%**. We can conclude that the elaboration of audio-visual didactic material/and games, applying basic theories of used communication and marketing research with the pedagogical mediation of the educator, causes effective messages that modify the conduct of the boy inside and outside the school.

### 1. INTRODUCCIÓN

Aunque la palabra **Calidad** está de moda, no la hemos aplicado al desarrollo de los propios seres humanos. La formación de profesionistas en las distintas Universidades, va enfocada a la solución de los problemas típicos de las empresas modernas que buscan aumentar la calidad y productividad, con el objetivo de minimizar costos e incrementar sus beneficios. Esto de ninguna manera es malo, sin

embargo, la Ingeniería industrial debe ir más allá puesto que es el producto de la confluencia de dos corrientes del conocimiento; *humanidades e ingeniería*, y está obligada a buscar la mejora continua de los procesos productivos propiciando un ambiente agradable, cómodo, justo y equitativo. “La calidad-productividad es un tema humano antes

que tecnológico”<sup>1</sup>, esto significa que las raíces culturales de un pueblo son claves para entender el comportamiento de su gente, tanto en las fuentes de empleo como en las distintas actividades humanas. Cuando nos preguntamos ¿Por qué los Japoneses han logrado avances tan significativos en los sistemas productivos?, ¿por qué ha mejorado tanto su economía?, ¿por qué hay más orden, limpieza, honestidad, amor al trabajo, responsabilidad?, ¿por qué los índices de delincuencia son menores?, nos respondemos “*es otra cultura*” y a pesar de saber que para adquirir estos valores lo más efectivo es promoverlos desde la *cuna*, no hay al menos intentos serios para llevarlo cabo.

Por otro lado, se habla mucho sobre todo en el ambiente de la Mercadotecnia del término “**Calidad de vida**”, pero lo manejan como una consecuencia del consumo de productos y servicios y no como una necesidad de aplicar los avances tecnológicos para garantizar mejores condiciones de vida de las generaciones futuras. Algo así como desarrollo de nuevos métodos, modelos, técnicas y procesos educativos con el objetivo de inculcar valores y hábitos de calidad para cambiar el paradigma actual de “*educar para lucrar*”, por el de “**educar para vivir**”.

La palabra *educar* (del Latín *educare*) significa *dirigir, encaminar*, entonces aplicando este concepto debemos dirigir y encaminar a las nuevas generaciones hacia un *cambio cultural* que los conduzca al logro de una mejor “calidad de vida” en los aspectos; social, material, medio ambiental y de seguridad, que daría como resultado personas auto realizadas y por ende más creativas. En ese momento empezamos a ser preventivos (formación de menores) en lugar de correctivos (capacitación de adultos) y creo que daría inicio la verdadera aplicación de “**la mejora continua para la vida**”

Si en esta búsqueda de la “*mejora continua para la vida*”, aplicamos el “Análisis de Causa Raíz” (herramienta utilizada en Ingeniería Industrial para la solución de problemas), encontraríamos la causa principal; tenemos “*visión de corto plazo*”, esto es, pensamos solo en la época que nos toca vivir y creemos que el factor económico garantiza la supervivencia de nuestros descendientes y que los crecientes problemas del mundo actual, desaparecerán como por arte de magia.

<sup>1</sup> Mauro Rodríguez E., Patricia Ramírez B. (1992). La Psicología del Mexicano en el trabajo. México. Mc Graw-Hill

No es cosa fácil buscar equidad, ya que los países no desarrollados seguirán dependiendo tecnológicamente de los demás, mientras sus habitantes no cuenten una educación que los aliente a la superación y a la autorrealización. Como producto de estas reflexiones, surgió la idea de convocar expertos en áreas de comunicación, docencia en preescolar, e Ingeniería Industrial para la realización de un proyecto que para muchos era utópico.

Actualmente la educación pública preescolar en México, tiene como obligación brindar 2º y 3º grado en todas sus escuelas y precisamente, para los propósitos de nuestro estudio el nivel 2º fue ideal ya que incluye edades de 4 a 5 años. “Se puede sostener que existe una perspectiva más optimista sobre lo que típicamente los niños saben y sobre lo que pueden aprender entre los cuatro y cinco años y aún en edades más tempranas, siempre y cuando participen en experiencias educativas interesantes que representen retos a sus concepciones y a sus capacidades de acción en situaciones diversas”<sup>2</sup>.

“El período considerado como “*pre operacional*” por Piaget comprende de los 2 a los 7 años, y este a su vez se divide en dos etapas, *conceptual* (de 2 a 4 años) la cual se caracteriza por el creciente empleo de símbolos, juego simbólico y lenguaje e *intuitiva o transicional* (a partir de los 5 años) en la que empieza a distinguir la realidad física y la mental, entendiendo además la causalidad mecánica como independiente de las normas sociales. De acuerdo con Bruner y Haste (1987), el niño resuelve la manera de interpretar sus experiencias mediante la interacción con gente más experimentada como padres, maestros y niños mayores. En el transcurso de la interacción diaria, los adultos les transmiten las reglas y expectativas de su cultura particular. Debido a que el proceso de conocimientos del niño está basado en eventos de la vida real, la comprensión infantil del mundo está circunscrita en un conocimiento social o cultural”<sup>3</sup>.

“Durante el período preescolar los niños aprenden las normas, las reglas y los significados culturales de su sociedad, y desarrollan un concepto de sí mismos que puede persistir a lo largo de toda su vida. Hay un crecimiento drástico en el autocontrol y la competencia social de los niños durante los cuatro años importantes que van de los 2 a los 6”<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> SEP, programa de educación preescolar 2004, primera impresión, impreso en México. Pág.11

<sup>3</sup> Grace J. Craig. (1994). Desarrollo Psicológico. México. Mc Graw-Hill

<sup>4</sup> Grace J. Craig. (1994). Desarrollo Psicológico. México. Mc Graw-Hill

“El juego satisface muchas necesidades en la vida de un niño; la necesidad de ser estimulado y de divertirse, de expresar su exuberancia natural, de ensayar el cambio por el valor intrínseco de éste, de satisfacer su curiosidad, de explorar y de experimentar en condiciones exentas de riesgo. Además de favorecer el crecimiento de las capacidades sensoriales y físicas, el juego favorece el desarrollo cognoscitivo en muchas áreas. Por ejemplo, en su juego con otros, el niño practica los conceptos y roles sociales, aprendiendo además algunos aspectos de su cultura. Cuando el niño participa en un *juego constructivo*, adquiere información que luego le servirá para formar conocimientos. El *juego dirigido* implica que un adulto enseñe al niño nuevas formas de jugar. La participación sensible de los adultos en el juego infantil puede ser muy benéfica para los niños, pues ellos disfrutan con esta participación y aprenden mucho de los ejemplos y de las ideas, así como del apoyo de personas mayores”<sup>5</sup>.

"La comunicación debe ser sencilla, coherente y dirigida hacia un mismo objetivo. No se debe divagar o establecer la comunicación ambiguamente. La comunicación se dirige a influir en los demás para provocar una respuesta. Al comunicarnos, tratamos de alcanzar objetivos relacionados con nuestra intención básica de influir en nuestro medio ambiente y en nosotros mismos; sin embargo, la comunicación puede ser invariablemente reducida al cumplimiento de un conjunto de conductas, a la transmisión o recepción de mensajes. El proceso de comunicación es bidireccional, es decir, hay dos partes que están involucradas, un emisor y un receptor. Se requieren ocho pasos, sin importar si las dos partes hablan, usan señales manuales o se sirven de otro medio de comunicación; tres de esos pasos corresponden al emisor y los restantes al receptor. Un emisor inicia el proceso de comunicación construyendo un mensaje y enviándolo a un receptor, éste a su vez analiza la información y reconstruye el mensaje a la luz de sus propios antecedentes y experiencias, los cuales le servirán para sintetizar la información recibida. El receptor analiza y reconstruye los significados del mensaje, sintetiza y construye significados y se convierte en un emisor al responder al mensaje que le fue enviado”<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Grace J. Craig. (1994). Desarrollo Psicológico. México. Mc Graw-Hill

<sup>6</sup><http://www.monografias.com/trabajos10/mediosdec/mediosdec.shtml#DAVID> marzo de 2007

Existen diferentes tipos y niveles de educación, y cada uno se especializa en una etapa diferente de la vida. La educación preescolar es la que se encarga de darle al hombre las primeras pautas y las más importantes por el nivel de recepción que se tiene. A final de cuentas la educación es la que va marcando el ritmo de modernización de la sociedad a través de su enseñanza. Toda esta estructura se toma y fundamenta del funcionalismo. Según el principio funcionalista del comienzo de la “Sociología de la Educación”, el sistema educativo es el encargado de la modernización de la sociedad adecuando el cambio tecnológico. Una magnífica herramienta para que dicha modernización ocurra podría ser la *comunicación educativa didáctica/audiovisual* ya que debido a sus características, permite que la modernización de la sociedad se realice de manera efectiva. Comunicación audiovisual es la información que llega a los receptores por medio de sonidos e imágenes, lo que exige una codificación adecuada a los signos que se utilizan y un canal capaz de cursarlos. Lo peculiar de la información audiovisual es la intencionalidad con la que se emiten imágenes y sonidos condicionando así nuestra interpretación de la realidad.

“En contraste con otros *miembros de la familia*, la televisión no es interactiva. Se caracteriza por una estimulación visual y auditiva de gran velocidad, por técnicas visuales como los acercamientos y alejamientos rápidos, los cortes y los efectos especiales. Estas técnicas pueden aplicarse en forma creativa para captar la atención del niño y estructurar el mensaje educativo; también es posible “*bombardear*” sus sentidos, lo cual requiere poca interacción reflexiva por parte del espectador. En ciertos aspectos la televisión debe en realidad ayudar al desarrollo cognoscitivo del niño. El niño que ve más televisión tiende a ser de familias de bajos ingresos o de grupos minoritarios. Para estos niños, la televisión puede servir como fuente de información que, de otra manera, no podrían obtener”<sup>7</sup>.

“En su dimensión antropológica el teatro es una manifestación ritual que plasma la necesidad del ser humano de contemplarse y de reflejarse e, igualmente, su anhelo de metamorfosis, de encarnar otros papeles distintos al propio. Constituye una herramienta exploratoria que nos proporciona conocimiento sobre nuestra realidad y reflexión sobre nosotros mismos. Mediante su ceremonial la

---

<sup>7</sup> Grace J. Craig. (1994). Desarrollo Psicológico. México. Mc Graw-Hill

persona se compone una imagen de sí y satisface la necesidad de mirarse. Es un espejo en el que nos vemos representados. Al contemplar en él determinadas conductas analizamos las propias por similitud, contraste o diferencia de manera nueva. Y en muchos casos, motiva un cambio de perspectiva, porque al vernos proyectados observamos la realidad desde otros ángulos. Personajes y situaciones nos describen nuestra propia realidad de forma no conocida o nos revelan la visión de los otros, cómo nos ven los demás”<sup>8</sup>.

“La Mediación Pedagógica surge como una respuesta a las inquietudes y preocupaciones en relación al aprendizaje de los docentes e investigadores. Se define como el énfasis que se hace desde el que aprende y desde las estrategias de aprendizaje que están más en función del que aprende que del que enseña. La Mediación Pedagógica es el eje transversal de los cursos del área profesional tanto desde la investigación teórica como desde la práctica”<sup>9</sup>.

“No hay texto posible sin contexto, y el contexto en educación se llama proceso. Por más que hagamos un texto alternativo, transformador, si al mismo no se añaden cambios en la manera de estudiar, de relacionarse con el contexto inmediato, de aplicar en la vida cotidiana lo aprendido, no llegaremos nunca a una educación diferente de la tradicional”<sup>10</sup>.

“Primeramente es necesario que consideremos a los valores como: un concepto que, por un lado, expresa las necesidades cambiantes del hombre y, por otro, fija la significación positiva de los fenómenos naturales y sociales para la existencia y desarrollo de la sociedad. Es decir, un valor sería todo aquello que expresa la significación social positiva de un fenómeno/hecho, acto de conducta, en forma de principio, norma o representación del bien, lo justo, el deber, con un carácter valorativo y normativo, al nivel de la conciencia, que regula y orienta la actitud de los individuos hacia la reafirmación del progreso moral, el crecimiento del humanismo y el perfeccionamiento humano”<sup>11</sup>.

<sup>8</sup> Tejerina Lobo Isabel. (2006). La educación en valores y el teatro. Universidad de Cantabria, Santander, España.

<sup>9</sup> <http://www.chifladura.com/curso/curso5.htm> 2 de enero de 2007

<sup>10</sup> Prieto Castillo, Daniel. (2001). “La mediación pedagógica en el espacio de la educación universitaria”, Onteanqui, revista de la Universidad La Salle, México.

<sup>11</sup> Chacón Arteaga, Nancy. (2003). “Dimensión ética de la Educación Cubana”. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.

El objetivo que se planteó fue el diseñar y aplicar un modelo didáctico para la promoción de valores y cultura de calidad en el 2º grado de preescolar, que complementara la enseñanza de los valores que marca la Secretaría de Educación Pública en su plan y programa de estudios. Se solicitó y obtuvo la autorización de la Secretaría de Educación y Cultura del Estado de Coahuila y se firmaron Acuerdos de Colaboración Científica y Tecnológica entre las distintas dependencias participantes.

Supusimos básicamente que: la elaboración de material didáctico/audiovisual y juegos, aplicando teorías básicas de comunicación y mercadotecnia utilizadas con la mediación pedagógica de la educadora, provoca mensajes efectivos que modifican la conducta del niño dentro y fuera de la escuela. Se consideraron las siguientes variables independientes: 1).- Material didáctico/audiovisual, 2).- Teorías básicas de comunicación y mercadotecnia, y 3).- Mediación pedagógica de la educadora. Las variables dependientes fueron: 1).- Mensajes efectivos y 2).- Modificación de conducta del niño dentro y fuera de la escuela.

## 2. MÉTODOS

La investigación dio inicio en Agosto del 2006 incluyendo las siguientes 6 etapas: 1.- Antecedentes de la formación en valores, 2.- Conocimiento de la intervención docente actual, 3.- Diseño de estrategias didácticas, 4.- Aplicación de las estrategias, 5.- Evaluación y presentación de resultados.

En la 1ª etapa procedimos a la búsqueda de información acerca de los programas dedicados a promover valores, llegando a la conclusión de que existen muchas recomendaciones acerca de la importancia de su promoción y también que existen en el mercado infinidad de materiales de diversos tipos. Sin embargo no se indica “*el cómo*” efectuar la promoción, se venden los materiales de forma aislada pues solo pretenden vender, no están al alcance de todos los planteles y además, no encontramos un paquete intencionalmente desarrollado para “*bombardear*” al niño con mensajes, que además estimule sus diferentes sentidos.

Para la 2ª etapa, se realizó una encuesta con las docentes participantes en el proyecto con preguntas como: ¿Qué valores han inculcado en los niños?, ¿Cómo los aplican?, ¿Los han evaluado?, ¿Cómo los han evaluado?, ¿con qué material didáctico cuentan?, ¿Se trabajan los valores de acuerdo al programa SEP o de alguna otra fuente?, llegando a

las conclusiones siguientes: En la mayoría de las escuelas se han inculcado al menos cuatro de los valores que consideramos en las planeación del proyecto y son aplicados principalmente a través de cuentos, conversaciones y pláticas; Se han evaluado por medio de observación y el comportamiento de los alumnos sin criterio de calificación; Las educadoras en su mayoría mencionan que utilizan un programa educativo proporcionado por la SEP, sin embargo no llevan ningún libro o cuaderno de trabajo lo cual es una contradicción; utilizan muy poco el material audiovisual, guiñoles y juegos; Se evalúa la participación de los padres de familia por medio de la asistencia a reuniones, tareas de los niños, presentación personal del niño y comunicación con la educadora.

En la 3ª etapa, se procedió a seleccionar cuatro valores importantes en la formación de los niños, llegando al acuerdo de trabajar con **Orden/limpieza, honestidad, respeto/tolerancia y trabajo en equipo/solidaridad**, tratando de ser prácticos y no caer en el exceso de trabajo ni abrumar de conceptos a los niños. Se decidió elaborar un juego de “lotería” y un “memorama”, que incluyeran imágenes de los cuatro valores y que pudiesen jugar tanto con la interacción de la educadora como con sus padres (estimulan de manera visual y auditiva al “cantar” la lotería); Cuatro rompe cabezas de seis piezas, uno para cada valor (estimulación psicomotora y visual); Cuatro canciones y cuatro radio cuentos (auditiva e imaginativa); un cortometraje para cada valor (audiovisual); Un juego denominado el camino a los

valores, consistente en una lona de vinyl de 3x4 metros, con imágenes a color de los 4 valores, acompañado de un dado gigante del mismo material con números del 1 al 6, el niño camina sobre la lona las casillas que le marca el dado, después de lanzarlo. Se asemeja al tradicional juego de serpientes y escaleras; Un dado gigante de vinyl con imágenes a color de los 4 valores; Una rutina de pantomima adecuada a cada valor, aprovechando las bondades educativas de una obra de teatro; Un personaje central inédito creado para el proyecto llamado “Súper Valorín“, que fue representado por 2 jóvenes, un hombre y una mujer encargados de motivar a los niños a la práctica de los valores; En todos los diseños de las imágenes participó Súper Valorín, acompañado de su maestra, su hermana, sus padres, sus abuelos y 5 amiguitos que fueron creados para el proyecto por un diseñador gráfico.

Fue diseñado un instrumento para evaluar los cambios de comportamiento observados por la educadora, el formato contiene además de los datos generales del plantel y del niño, las 4 variables complejas o valores y derivados de éstas, 5 afirmaciones a calificar de acuerdo con los siguientes criterios: Lo hace cotidianamente y con gusto (5), lo hace algunas veces, pero en “automático” (4), confundido, no sabe cómo reaccionar en algunas situaciones (3), enojado, le molesta hacerlo (2), indiferente, no le interesa (1). El Cuadro T1 muestra la parte del valor “honestidad” y sus afirmaciones:

Cuadro T1

| <u>Honestidad</u>   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Dice la verdad, aún en situaciones que impliquen una reprimenda, por alguna acción negativa que haya realizado  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |
| Entrega a la Educadora los objetos que encuentra tirados y que no le pertenecen   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |
| No toma objetos que no le pertenecen, a menos que alguien se los haya prestado  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |
| Comprende los juegos de reglas, participa en ellos, acepta y reconoce cuando gana o pierde, sin necesidad de la presencia de un adulto.   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |
| Expresa satisfacción al darse cuenta de sus logros cuando realiza una actividad. Reconoce cuándo es necesario un esfuerzo mayor para lograr lo que se propone, atiende sugerencias y muestra perseverancia en las acciones que lo requieren |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |

Podemos destacar que un total de veinte postulados por niño fueron calificados por la educadora en cada día evaluado. Lo anterior nos condujo a la decisión de evaluar solo 10 niños de cada grupo, tanto del “muestra” como del “control” y la elección la realizó la educadora de manera aleatoria. Se llevó a cabo la evaluación “previa” del 12 al 23 de Febrero, se calificaron también durante las 4 semanas de la

aplicación y finalmente del 30 de Abril al 11 de Mayo.

Para la aplicación (5 al 30 de Marzo) se elaboró un programa de 4 semanas especificando las actividades diarias sugeridas, ejemplo: el lunes 5 fueron expuestos el radio cuento de honestidad, la canción de orden y limpieza y la elaboración de un banderín alusivo a valores. Se fueron alternando día

a día todas las actividades y todos los valores, cerrando el viernes 30 con “el camino a los valores”. Obviamente todos los planteles llevaron a cabo el mismo programa.

### 3. RESULTADOS

El primer paso para presentar los resultados fue obtener los promedios por niño para cada enunciado de cada “valor”, en seguida elaborar un tabulador semejante al instrumento de evaluación con diez columnas (una por alumno) acomodando sus promedios, posteriormente fueron desarrollados los cálculos hasta obtener los promedios generales por “valor”. Aunque los niños fueron evaluados “antes”, “durante” y “después”, con el objeto de observar el avance gradual, para el análisis de resultados solo se obtuvieron las diferencias en calificación de el último menos el primero y se dividieron entre el primero para definir el porcentaje de *incremento*. La tabla T2 muestra los porcentos por “valor y por plantel”, la 1ª cifra corresponde al grupo muestra y la 2ª al de control. Se pueden observar los promedios globales por “valor”, tanto para el grupo muestra como el de control, así como su diferencial. Igualmente se pueden ver por plantel (incluyendo los 4 valores) y finalmente el diferencial general.

### 4. DISCUSIÓN

Además de lo expuesto en cifras, existen bastantes evidencias presentadas por las educadoras y padres de familia en cuanto a los cambios de

comportamiento presentados por los niños. A manera de ejemplo destacamos el título de la nota publicada por el diario “La Opinión Milenio” de la Cd. de Torreón Coahuila, en su edición del día 30 de Octubre del 2007, página 13 que textualmente dice: “los niños ahora son protectores de la limpieza”, “Valorín sí da resultados entre los preescolares”, (un día después de entrevistar a niños y padres)

“No se inventó el hilo negro”, únicamente se imitaron algunas estrategias típicas utilizadas por la mercadotecnia moderna para la promoción de productos y servicios, con el objetivo de inducir un cambio cultural que nos permita forjar mejores hombres y mujeres, en la búsqueda de una convivencia más agradable, justa y equilibrada. Es decir, aprovechar los avances tecnológicos con propósitos educativos; “educar para vivir”. Otro objetivo del estudio es, despertar el interés de diferentes ramas de las ciencias afines a la educación infantil como pedagogía, comunicación, psicología, sociología, ingeniería industrial, etc. con propósitos de desarrollar nuevos esquemas que coadyuven en la mejora continua del ser humano.

Podemos concluir que se diseñó y probó un paquete didáctico intencionalmente integrado para intensificar la transmisión de mensajes referentes a valores, con el propósito de lograr un cambio de comportamiento en los niños, lo podemos llamar **3itmv** o paquete “**Super Valorín**”, siendo este último el título con el que se registró ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

CUADRO T2  
% DE INCREMENTOS MUESTRA-CONTROL

| PLANTEL                   | Orden/limpieza       | Honestidad           | Respeto/tolerancia   | Trabajo en equipo    | Promedios por plantel |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| "A. López Mateos"         | 57.66%-23.23%        | 55.80%-21.58%        | 55.70%-15.02%        | 55.08%-15.10%        | 56.06%-18.73%         |
| "Juventino Rosas"         | 56.44%-19.35%        | 55.33%-19.40%        | 53.77%-18.92%        | 55.78%-19.13%        | 55.33%-19.20%         |
| "Niños Héroe"             | 56.87%-19.54%        | 55.05%-19.39%        | 53.21%-18.44%        | 55.87%-20.03%        | 55.25%-19.35%         |
| "Ethel Sutton"            | 58.37%-19.26%        | 56.88%-18.99%        | 56.24%-18.15%        | 57.07%-19.88%        | 57.14%-19.07%         |
| "Vicente Guerrero"        | 55.98%-20.93%        | 55.01%-19.77%        | 54.98%-19.85%        | 55.11%-20.05%        | 55.27%-20.15%         |
| "José Vasconcelos"        | 56.37%-18.03%        | 56.24%-17.99%        | 55.95%-19.01%        | 56.12%-18.33%        | 56.17%-18.34%         |
| <b>PROMEDIOS GLOBALES</b> | <b>56.95%-20.06%</b> | <b>55.72%-19.52%</b> | <b>54.98%-18.23%</b> | <b>55.84%-18.75%</b> | <b>55.87%-19.14%</b>  |
| <b>DIFERENCIAL</b>        | <b>36.89%</b>        | <b>36.20%</b>        | <b>36.75%</b>        | <b>37.09%</b>        | <b>36.73%</b>         |

### 5. AGRADECIMIENTOS

Un reconocimiento muy especial al equipo que participó en el desarrollo de este trabajo. Empezar por el Personal Docente, Jefas de Sector, Supervisoras, y Directoras de Preescolar de los planteles participantes, Profesoras Patricia López Frausto y Bertha Patricia Romero R., Lic. Fanny E.

Ramos Sanvicente, Ingenieros Mayra Muñoz Martínez y Víctor Vázquez Saenzpardo, Maestros en Ciencias María A. Rivera Leal y Eduardo Poblano Ojinaga, Maestra Martha Sanvicente Curiel, Directivos y Funcionarios de la Secretaría de Educación y Cultura, Universidad Lasalle Laguna e Instituto Tecnológico de la Laguna. Y el mayor agradecimiento para la fundación ALCOA,

pues sin su apoyo no hubiese sido posible nuestro estudio.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Rodríguez Estrada M., Ramírez Bueno P., *“La Psicología del Mexicano en el trabajo”*, Mc Graw-Hill, (1992), México.
- [2] Secretaría de Educación Pública, *“Programa de Renovación Curricular y Pedagógica de la Educación Preescolar”*, (2004), México.
- [3] Craig.G. J., *“Desarrollo Psicológico”*, Mc Graw-Hill, (1994), México.
- [4] <http://www.monografias.com/trabajos10/mediosdec/mediosdec.shtml#DAVID> marzo de 2007.
- [5] Tejerina Lobo I., *“La educación en valores y el teatro”*, Universidad de Cantabria, (2006), Santander, España.
- [6] <http://www.chifladura.com/curso/curso5.htm> 2 de enero de 2007
- [7] Prieto Castillo, D., *“La mediación pedagógica en el espacio de la educación universitaria”*, Onteanqui, revista de la Universidad La Salle, (2001), México.
- [8] Singh Soin S., *“Control de Calidad Total”*, Mc. Graw Hill, (1997), México.
- [9] Hirano H., *“5 Pillars of the Visual Workplace”*, Productivity Press. (1996), Portland Oregon, USA.
- [10] James Paul L., *“Gestión de la Calidad Total”*. Prentice Hall Iberia, (1997), Madrid, España.
- [11] Tejerina Lobo I., *“Estudio de los textos teatrales para niños”*, (1993), Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria, Santander, España.
- [12] Chacón Arteaga, N. *“Dimensión ética de la Educación Cubana”*, Editorial Pueblo y Educación, (2003), La Habana, Cuba.
- [13] Mavila Medina O., *“Decálogo del desarrollo”*, (1997), San Isidro, Lima, Perú.

**CONVOCATORIA PARA PUBLICAR EN TecnoINTELECTO: TÍTULO CON MAYÚSCULAS  
DEBIDAMENTE ACENTUADAS EN NEGRITAS, CENTRADO, 10, TIMES NEW ROMAN  
INTERLINEADO SENCILLO**

*Autor(es) 10 puntos, itálica, centrado, interlineado sencillo; principia con iniciales del nombre y apellidos completos, sin grado académico, más de un autor separados con comas e indicadores para los datos siguientes.  
Institución en 10 puntos times new roman en itálico y centrado, interlineado sencillo  
Correo Electrónico de los autores centrado, interlineado sencillo*

**RESUMEN:** Deberá ser lo más general y significativo posible de tal forma que de una idea clara del contenido del artículo en pocas palabras. El formato a seguir con letra times new roman a 9 puntos, interlineado sencillo y espaciado anterior de 8 puntos y posterior de 6, iniciando con la palabra RESUMEN en negritas. Texto con alineación ajustada en todo el artículo. Si el artículo está en español, adjuntar el resumen en inglés.

**PALABRAS CLAVE :** Aquí colocar las palabras más significativas dentro del artículo font de 8 puntos, dejando un espacio entre el párrafo anterior 6 puntos en formato de párrafo antes y después ( esta sección es opcional).

**ABSTRACT:** The abstract shall be as general and substantial as possible, in such a way that provides in a few words a clear idea of the paper's content. Please use letter Times New Roman 9 points, single space, space above 8 points and below 6 points, begin text with the word ABSTRACT in bold face. All text through the paper must be aligned to fit page. If paper is in Spanish abstract shall be in English.

**1. INTRODUCCIÓN**

Los criterios para la revisión técnica son contribución importante a la divulgación científica, métodos empleados adecuados, presentación de datos correcta, soporte del manuscrito en literatura relevante, discusión suficiente o necesaria. Además, figuras y tablas adecuadas. El manuscrito pasará al comité editorial quien dictaminará si contiene el mínimo indispensable para ser publicado, lo cual se notificará vía electrónica en formato PDF.

**2. CARACTERÍSTICAS**

El cuerpo del artículo en dos columnas con 0.6 cm entre ellas y todos sus márgenes de 3 cm. Cada sección deberá contener un título numerado con formato de párrafo espaciado anterior de 12 y posterior de 6 puntos. La fuente de todo el manuscrito es times new roman. En el cuerpo de 10 puntos, interlineado sencillo, con secciones numeradas con números arábigos.

**Idioma**

Español o Inglés.

**Subsecciones**

Las subsecciones en formato tipo título, negritas, interlineado sencillo y espaciado anterior y posterior de 6 puntos.

**Las Fotografías y las Tablas**

Las fotografías serán en la *escala de grises* y se ajustarán de acuerdo a las características de ellas y al gusto del investigador. Deberán ser posicionadas de

acuerdo a la necesidad del investigador y bajo su responsabilidad.

**3. LINEAMIENTOS**

Los artículos deberán ser inéditos. Cada trabajo deberá presentarse en un mínimo de 3 y un máximo de 10 páginas. De 1 y 2 páginas se considerarán artículos cortos y se publicarán a recomendación del comité editorial.

**4. RESPONSABILIDADES**

El investigador es el responsable del contenido, la sintaxis y de enviar su artículo en word al responsable a y correo público tecnointelecto@hotmail.com.

El Instituto Tecnológico de Cd. Victoria será el responsable de la compaginación, el índice, la impresión y distribución, apoyándose en otras instituciones que así considere.

**5. FECHAS IMPORTANTES**

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Recepción                 | Noviembre a enero y junio a agosto.                            |
| Respuesta y observaciones | Desde su recepción hasta marzo o septiembre según corresponda. |
| Publicación               | Abril y octubre  |
| Distribución              | Julio y enero  |

**6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[ 1 ] Autor1 N. y Autor2 N., "El autor deberá iniciar con su apellidos seguida de la inicial del nombre, el título entre apóstrofes e itálica numerándolos entre corchetes", Editorial y año. con tipo times new roman a 9 puntos, interlineado sencillo y espaciado posterior de 6 puntos. Anotando editorial y año.