

**DESARROLLO MULTIDISCIPLINARIO
EN INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA
DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM
VALLE DE MÉXICO**



UAEM
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE MÉXICO



**DESARROLLO MULTIDISCIPLINARIO EN
INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA
DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM
VALLE DE MÉXICO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM VALLE DE MÉXICO**

2017

COMPILADORES

**José Guadalupe Miranda Hernández
Luisa Gabriela Morales Vega
Rigoberto Pérez Ramírez
Héctor Rafael Orozco Aguirre
Eduardo Rosas Rojas**



CENTRO UNIVERSITARIO UAEM VALLE DE MÉXICO

COMITÉ ORGANIZADOR

M. en C.A. DES. ED. María Laura González Santos

Lic. Patricia Rojas Reyes

Dr. Víctor Manuel Landassuri Moreno

Dra. Gabriela Gaviño Ortiz

COMITÉ EDITORIAL

Dr. en Ing. José Guadalupe Miranda Hernández

Dra. Luisa Gabriela Morales Vega

Dr. Rigoberto Pérez Ramírez

Dr. Héctor Rafael Orozco Aguirre

Dr. Eduardo Rosas Rojas

COMITÉ REVISOR

Dr. Abel García Nájera - Universidad Autónoma Metropolitana Cuajimalpa

Dr. Caleb Carreño Gallardo - Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV)

Dr. Carlos Omar González Moran - CU UAEM VM

Ing. Carmen Lucia Bustillo Hernández - Centro de Investigación en Computación (CIC-IPN)

M. en C. Dora María Martínez - CU UAEM VM

Dr. Enrique Rocha Rangel - Universidad Politécnica de Victoria

Dra. Gabriela Gaviño Ortiz - CU UAEM VM

Dr. Héctor Rafael Orozco Aguirre - CU UAEM VM

Dr. Javier Lapa Guzmán - CU UAEM VM

Dra. Jessica J. Osorio Ramos - Universidad Autónoma Metropolitana-Azc (UAM-AZC)

Dr. José de Jesús Agustín Flores Cuautle - Instituto Tecnológico de Orizaba

Dr. José Guadalupe Miranda Hernández - CU UAEM VM

Dr. José Ignacio Núñez Varela - Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Área de Computación e Informática de la Facultad de Ingeniería

Dr. Juan Carlos Baltazar Escalona - CU UAEM VM

Lic. Lidia Villalobos Paz - CU UAEM VM

Dra. María Sofía Villa Caballero - CU UAEM VM

Dra. Maricela Quintana López - CU UAEM VM

Dra. Mayahuel Ortega Avilés - Centro de Nanociencias y Micro y Nano Tecnología del IPN

Dr. Oscar Herrera Alcántara - Universidad Autónoma Metropolitana-Azc (UAM-AZC)

Lic. Patricia Rojas Reyes - CU UAEM VM

M. en C. Saturnino Job Morales Escobar - CU UAEM VM

Dr. Saúl Lazcano Salas - CU UAEM VM

Dra. Verónica E. Arriola Ríos - Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Dr. Víctor Manuel Landassuri Moreno - CU UAEM VM

DESARROLLO MULTIDISCIPLINARIO EN INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM VALLE DE MÉXICO

EDICIÓN ELECTRÓNICA, ABRIL, 2017

D.R. ©Universidad Autónoma del Estado de México
Centro Universitario UAEM Valle de México

D.R. ©José Guadalupe Miranda Hernández	(Compilador)
Gabriela Morales Vega	(Compilador)
Rigoberto Pérez Ramírez	(Compilador)
Héctor Rafael Orozco Aguirre	(Compilador)
Eduardo Rosas Rojas	(Compilador)

ISBN: 978-607-422-814-4

El contenido de cada uno de los apartados de este libro es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Hecho en México

Prólogo

La Universidad Autónoma del Estado de México ha evolucionado a través de sus 188 años de historia, dedicada a la educación, la investigación, la cultura y el deporte, como sus grandes ejes rectores, formadora de hombres y mujeres con un alto sentido humanista y ético, contribuyendo a lograr nuevas y mejores formas de existencia y convivencia social.

Durante el proceso de desconcentración de la UAEM, se crearon las Unidades Académicas y Centros Universitarios para brindar el servicio de educación a más jóvenes en todo el Estado de México, este Centro Universitario fue uno de los primeros y a sus veinte años de existencia se está consolidando como uno de los mejores. Es en los últimos años que se ha venido impulsando la investigación al contar con cuerpos académicos, en formación y en consolidación, con infraestructura de primera tanto en equipo como en laboratorios especializados, con profesores de tiempo completo que participan en congresos, seminarios y presentan publicaciones en revistas indexadas. Por ello para celebrar esos veinte años de existencia de esta honorable institución, se planeó la compilación de esta obra que es parte del quehacer multidisciplinario en investigación y docencia como parte del Plan de Desarrollo 2013-2017, de esta administración.

Esta obra reúne investigaciones tanto de profesores como de alumnos desde las diferentes ramas del saber en las que se inscriben sus siete licenciaturas, Actuaría, Administración, Contaduría, Derecho, Economía, Relaciones Económicas Internacionales e Informática Administrativa, tanto presencial como a distancia, así como sus tres ingenierías, Industrial, en Computación y Sistemas y Comunicaciones, así como gracias a la vinculación y colaboración académico – científica que se tiene con otras instituciones de educación superior a nivel nacional, como el Instituto Tecnológico de Orizaba, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Politécnica de Victoria, el Instituto Politécnico Nacional entre otras.

En el capítulo 1 se abordan seis temáticas diferentes de vanguardia en el área de las Ingenierías, en los capítulos 2 y 3 se incluyen temas de interés y gran relevancia en materia de ciencias sociales, política y economía.

Se hace extensivo un reconocimiento para todos los que participaron tanto en la revisión de los trabajos, como en la compilación del producto final de este Libro intitulado “Desarrollo Multidisciplinario en Investigación y Docencia del Centro Universitario UAEM Valle de México”.

PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

M. EN C. MARÍA LAURA GONZÁLEZ SANTOS

DIRECTORA

Contenido

CAPÍTULO 1	Investigación y Desarrollo Multidisciplinario en Ingeniería	1
1.1	Efecto del tiempo de sinterización en las propiedades de tenacidad y microestructurales de cermets Al_2O_3 -Ti, como posibles tejidos óseos. <i>Elizabeth Refugio García, Oscar F. Olea Mejía, José G. Miranda Hernández, Jessica J. Osorio Ramos, Enrique Rocha Rangel.</i>	2-7
1.2	Surface protection of metallic materials by a diffusion coating. <i>José Solís Romero, Armando Gómez, Rodolfo Velázquez, Víctor Castellanos, Sandra S. Roblero Aguilar.</i>	8-13
1.3	Robótica en la nube: actualidad y perspectivas <i>Marco Antonio Aguilar Tadeo, José Martín Flores Albino, Víctor Manuel Landassuri Moreno, Saúl Lazcano Salas.</i>	14-20
1.4	Generación de lenguaje corporal en agentes virtuales usados en realidad virtual Inmersiva. <i>Diana G. Gómez Martínez, Rafael Mercado Herrera, V. Muñoz Jiménez, Marco A. Ramos Corchado.</i>	21-26
1.5	Generación de una familia de esqueletos, basados en morfología matemática y transformada rápida de distancia. <i>Salvador Juárez-López, Roberto Valdés García, Brenda Jaimes Rico, Ana Ramírez Roja, Alejandra Favila Figueroa.</i>	27-34
1.6	Arquitectura de un sistema basado en conocimiento para el ecosistema de emprendimiento. <i>Diana Nayeli González Vieyra, Maricela Quintana López, Víctor Manuel Landassuri Moreno, José Rafael Molina López.</i>	35-41

Contenido

CAPÍTULO 2	Investigación y Desarrollo Multidisciplinario en Derecho	42
2.1	La niñez migrante como grupo vulnerable.	43-54
	<i>Luisa Gabriela Morales Vega, Roberto Sanromán Aranda.</i>	

CAPÍTULO 3	Investigación y Desarrollo Multidisciplinario en Economía	55
3.1	Significado y alcance del concepto de trabajo decente en un entorno de flexibilización laboral.	56-72
	<i>Juan Pablo Ávila Cruz, Mónica C. Mimbrera Delgado.</i>	

CAPÍTULO 1

Investigación y Desarrollo Multidisciplinario en Ingeniería

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- 1.1 Efecto del tiempo de sinterización en las propiedades de tenacidad y microestructurales de cermet $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ti}$, como posibles tejidos óseos.

Elizabeth Refugio García, Oscar F. Olea Mejía, José G. Miranda Hernández, Jessica J. Osorio Ramos, Enrique Rocha Rangel.

- 1.2 Surface protection of metallic materials by a diffusion coating.

José Solís Romero, Armando Gómez, Rodolfo Velázquez, Víctor Castellanos, Sandra S. Roblero Aguilar.

- 1.3 Robótica en la nube: actualidad y perspectivas

Marco Antonio Aguilar Tadeo, José Martín Flores Albino, Víctor Manuel Landassuri Moreno, Saúl Lazcano Salas.

- 1.4 Generación de lenguaje corporal en agentes virtuales usados en realidad virtual Inmersiva.

Diana G. Gómez Martínez, Rafael Mercado Herrera, V. Muñoz Jiménez, Marco A. Ramos Corchado.

- 1.5 Generación de una familia de esqueletos, basados en morfología matemática y transformada rápida de distancia.

Salvador Juárez-López, Roberto Valdés García, Brenda Jaimez Rico, Ana Ramírez Rojal, Alejandra Favila Figueroa.

- 1.6 Arquitectura de un sistema basado en conocimiento para el ecosistema de emprendimiento.

Diana Nayeli González Vieyra, Maricela Quintana López, Víctor Manuel Landassuri Moreno, José Rafael Molina López.

1.1 Efecto del tiempo de sinterización en las propiedades de tenacidad y microestructurales de cermet $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ti}$, como posibles tejidos óseos

Elizabeth Refugio García^{1,3}, Oscar F. Olea Mejía¹, José G. Miranda Hernández², Jessica J. Osorio Ramos³ y Enrique Rocha Rangel⁴

¹Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Estado de México, México.

²Universidad Autónoma del Estado de México (Valle de México-Atizapán).

³Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-AZCAPOTZALCO), Ciudad de México, México.

⁴Universidad Politécnica de Victoria (UPV), Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

e-mail: erefugiogarcia@gmail.com

RESUMEN

Muchas investigaciones han buscado nuevos materiales que puedan ser usados como biomateriales; la presente investigación propone al cermet $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ti}$ como un material alternativo que puede ser empleado como sustituto de hueso. Los resultados de densidad, porosidad, tenacidad a la fractura y microestructura del hueso compacto son similares a los valores obtenidos en los cermets $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-3 %Ti}$. Al usar dos materiales como la alúmina y el titanio, los cuales son considerados como biomateriales naturales. Se garantiza que el cermet resultante de esta investigación sea clasificado como biomaterial. Por lo cual, la presente investigación busca las condiciones de procesamiento para que el cermet tenga las propiedades similares a las del hueso humano. Los cermets se fabricaron empleando la técnica de metalurgia de polvos mediante compactación uniaxial a 300MPa y un tratamiento de sinterización a 1400°C durante 1, 2 y 3 horas en una atmósfera inerte; los resultados indican que los cermets presentan densidades de 2.6-3.2g/cm³, valores muy superiores a la densidad del hueso compacto de 1.8g/cm³, además de una buena densificación la porosidad resultante fue de hasta un 18%, finalmente los valores obtenidos de tenacidad a la fractura de estos cermets fueron de 3.3 hasta 8.76MPam^{1/2}, los cuales son superiores a los valores 4.05-4.32MPam^{1/2} correspondiente a la tenacidad a la fractura del hueso compacto. Finalmente, la microestructura fue observada por MEB, mostrando que tiempos de sinterización prolongados favorece la densificación de los cermets.

Palabras clave: hueso, cermet, Alúmina, Biomaterial.

ABSTRACT

Many investigations have sought new materials that can be used as biomaterials; this research proposes the cermet $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ti}$ as an alternative material that can be used as substitute of bone. Results of density, porosity, fracture toughness properties and microstructure of the compact bone similar to values obtained in the cermets $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-3% Ti}$. By using two materials such as alumina and titanium, which are considered natural biomaterials we ensure that the cermet resulting from this research is classified as a biomaterial. Therefore, this research seeks processing conditions for the cermet that could lead to similar properties to those of human bone. Cermets were manufactured using the powder metallurgy technique by uniaxial compaction at 300MPa followed by a sintering treatment 1400 ° C for 1, 2 and 3 hours in an inert atmosphere. Our results indicate that cermets have densities of 2.6-3.2g / cm³, higher than the bone density of 1.8g/cm³ values, plus a good densification with resulting porosity up to 18%; finally the obtained values of fracture toughness of cermet were 3.3-8.76MPam^{1/2}, which excel the 4.05-4.32MPam^{1/2} corresponding values to the tenacity of fracture toughness of the compact bone. Finally, the microstructure was observed by SEM, showing that prolonged sintering times favors the densification of the cermet.

Keywords: bone, cermet, alumina, Biomaterials.

1. INTRODUCCIÓN

Recientemente algunas líneas de investigación se han estado dirigiendo al uso de partículas de refuerzo, se ha comprobado que la adición de partículas de cierta composición química, mejora las propiedades físicas, mecánicas y químicas de una gran variedad de materiales, por lo que los cerámicos no son la excepción. Para mejorar sus propiedades mecánicas, se han estado adicionando partículas de carburo de silicio (SiC), óxido de zirconio (ZrO₂), carburos de titanio (TiC), nanotubos de carbono, etc., en cerámicos de alúmina, obteniéndose resultados satisfactorios; de forma tal que se han fabricado materiales

Refugio-García Elizabeth, Olea-Mejía Oscar F, Miranda-Hernandez José G., Osorio-Ramos Jessica J., Rocha Rangel-Enrique.

Fecha de envío: 16 septiembre 2016; Fecha de aceptación: 14 octubre 2016; Fecha de publicación: 24 octubre 2016

avanzados a base de alúmina, carburo de silicio, nitruro de silicio, zirconia, entre otros. Sin embargo, al respecto de la propiedad mecánica de tenacidad a la fractura de los materiales cerámicos aún hoy en la actualidad se sigue haciendo ardua investigación en pro de mejorarla. Así se tiene que los materiales cerámicos en general presentan una gran fragilidad, en el caso particular de los materiales hechos de alúmina (Al_2O_3) no son la excepción, los materiales cerámicos de acuerdo a estudios muy recientes se pueden hacer más tenaces (mejorar su tenacidad a la fractura) mediante la incorporación en su matriz de partículas finas de metales. Este desarrollo ha sido exitosamente empleado en diferentes sistemas [7].

Un material interesante que es factible reforzar con la adición de estas partículas es la Alúmina, material cerámico considerado como candidato idóneo, el cual dada sus propiedades de alta resistencia al desgaste tanto a bajas como en altas temperaturas y una buena resistencia al desgaste en ambientes corrosivos, es considerado un cerámico que tiene buena biocompatibilidad con el organismo y puede ser factible emplearlo como sustituto de hueso en el cuerpo humano dada esta característica [1,7,8,9], claro de ser posible fabricarlo de forma que disminuya su fragilidad considerablemente, lo cual se podrá lograr al adicionar partículas de refuerzo y fabricar un cermet base alúmina. Así se tiene que los materiales cerámicos en general presentan una gran fragilidad, en el caso particular de los materiales hechos de alúmina (Al_2O_3) no son la excepción, los materiales cerámicos de acuerdo a estudios muy recientes se pueden hacer más tenaces (mejorar su tenacidad a la fractura) mediante la incorporación en su matriz de partículas finas de metales. Este desarrollo ha sido exitosamente empleado en diferentes sistemas [8,9]. En algunos de estos estudios se hace énfasis en los mecanismos de refuerzo, y estos indican que es muy importante el tamaño de la inclusión metálica y la homogénea distribución de la misma en la matriz cerámica para asegurar la obtención de un material compuesto con buenas propiedades de tenacidad [8].

Los biocompuestos con matriz cerámica generalmente son fabricados de ZrO_2 , Al_2O_3 o Hidroxiapatita (HAp) [9] que al ser reforzados con polímeros y metales se logra disminuir el módulo elástico del material compuesto haciéndolo más próximo al del hueso real lo que disminuye las tensiones que se generan en las uniones del implante con el hueso, sin embargo, los procesos por los cuales se fabrican estos cermets son mediante extrusión, generando que éstos cermets presenten bajos valores de tenacidad, fiabilidad y resistencia mecánica, ocasionando anomalías tribológicas, es decir, se origina desgaste superficial de dichos biocompuestos y en algunas ocasiones la ruptura definitiva del material, de forma tal que la tenacidad a la fractura, resistencia mecánica y desgaste son factores importantes que delimitan la durabilidad de un biomaterial como prótesis, por lo tanto se tiene que mirar a nuevos materiales compuestos o cermets cuyas rutas de procesamiento permitan mejorar dichas propiedades [6,7]. Los biocompuestos que se han investigado, han estado enfocados en obtener propiedades similares a los huesos, siendo la tenacidad a la fractura en los sistemas óseos [2-5] la propiedad más importante, pues esta delimita la resistencia que tienen los materiales a evitar la propagación de grietas.

2. DESARROLLO Y METODOLOGÍA

Los cermets fueron fabricados empleando como materia prima dos materiales clasificados como biomateriales naturales, Alúmina (Sigma Aldrich, 99% pureza, 100nm-100 μm) con adiciones de Titanio (Aldrich, Pureza: 99.99%, 5-10 μm). Estos materiales son utilizados en la preparación de mezclas binarias de composición Al_2O_3 -3%Ti, dichas mezclas fueron sometidas a molienda intensa a 300rpm durante 3h con medios de molienda esféricos de 13mm de ZrO_2 empleando una relación de molienda de 20:1. Posteriormente la mezcla de polvos es compactada por presión uniaxial en frío a 300MPa con el objetivo de conformar pastillas cilíndricas de 1cm de diámetro y 3mm de altura. Los compactos obtenidos fueron sinterizados en un horno eléctrico con elementos calefactores de MoSi_2 , a temperatura de 1400°C durante 1, 2 y 3 horas en una atmósfera protectora de nitrógeno. Se realizó la caracterización física determinando la densidad y porosidad por el método de Archimedes; las propiedades mecánicas de dureza y tenacidad a la fractura se determinaron empleando el método de indentación a partir de las mediciones de las longitudes de las grietas generadas en la indentación con un durómetro Vickers Emco Test. Finalmente, los cermets fueron preparados metalográficamente para observarse por Microscopía Electrónica de Barrido, los valores de densidad, dureza, tenacidad a la fractura serán comparados con las mismas propiedades de los huesos compactos humanos.

3. RESULTADOS

3.1 Densidad

La figura 1, muestra los resultados de la densidad de los cermets Al_2O_3 -3%Ti, la cual fue determinada después de realizar el tratamiento de sinterización a 1400°C a 1, 2 y 3 horas, los valores obtenidos se encuentran entre 2.6-3.2g/cm³ (Figura 1), los cuales se encuentran por debajo de los valores teóricos de densidad de 3.83-3.90g/cm³ determinadas por la regla de las mezclas, considerando a 3.95g/cm³ como la densidad de la alúmina y 4.51g/cm³ como la densidad del Titanio, éstos valores bajos son compensados de cierta forma por la porosidad existente en las muestras, la cual llega a ser de 18%₂, tal como se

muestra en la figura 2; los resultados de densidad de los cermetes base alúmina superan en más del 200% a la densidad del hueso compacto humano. La porosidad de los cermetes base alúmina se muestra en la figura no. 2, las gráficas indican que el porcentaje de porosidad en los cermetes dependen de la composición del cermet (contenido de titanio) y del tiempo de tratamiento de sinterización, es decir, la porosidad es menor cuando el contenido de titanio es mayor, y los productos con menor porosidad son obtenidos cuando el tratamiento de sinterización es más prolongado.

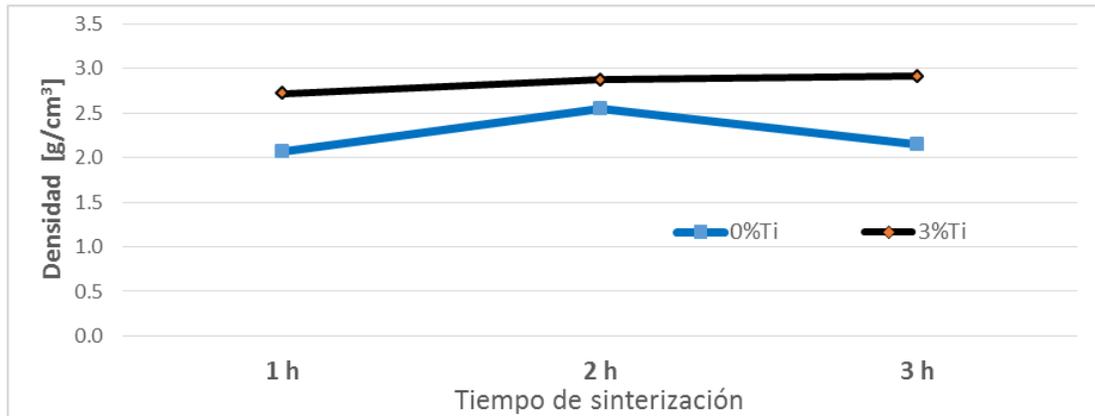


Figura 1: Densidad experimental de los cermetes $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ti}$, densidad del hueso compacto es de 1.8g/cm^3 .

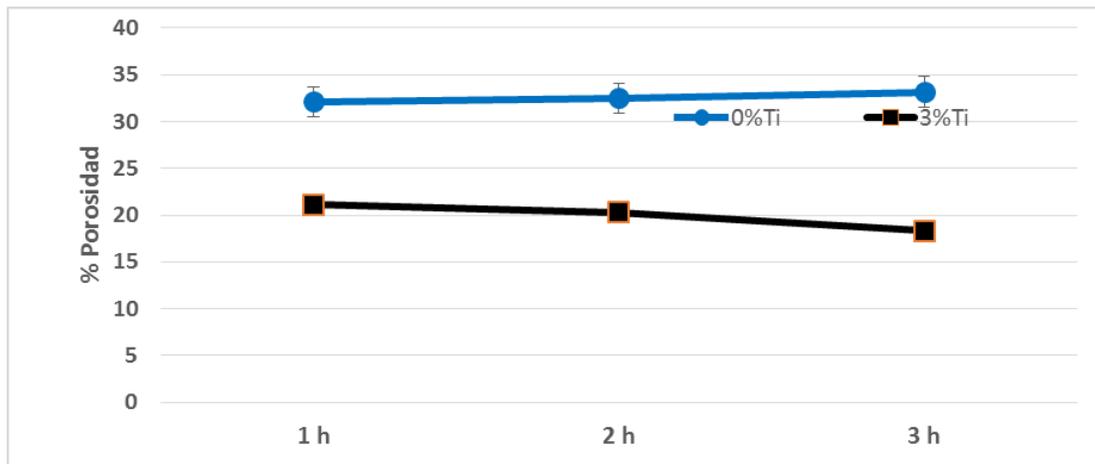


Figura 2: Porosidad de los cermetes $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-3%Ti}$.

3.2 Tenacidad a la fractura

Los valores de tenacidad a la fractura en función a la temperatura de sinterización de los cermetes base Alúmina, se muestran en la figura 3. Comparando la tenacidad a la fractura del hueso compacto ($K_{IC} = 4.32\text{MPam}^{1/2}$), los cermetes $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-3%Ti}$ (que contienen 3% de Titanio) y que fueron sinterizados a 1400°C durante 2 horas exhiben valores de $8.8\text{MPam}^{1/2}$ los que superan en un 200% a la tenacidad a la fractura de un hueso humano compacto. Por otro lado, es factible decir que los cermetes que no contienen titanio (0%Ti) no muestran una mejora significativa en los valores de tenacidad obtenidos pues se mantienen en valores de 1.5 a $3.2\text{MPam}^{1/2}$, no siendo así con las muestras que contienen 3% de Titanio, donde los valores son desde $3.9\text{MPam}^{1/2}$ (muy cercano a la tenacidad del hueso) hasta valores de $8.8\text{MPam}^{1/2}$, lo que indica que la adición de titanio en la matriz de Al_2O_3 favorece la densificación de las muestras al mejorar la tenacidad a la fractura hasta en un 200%.

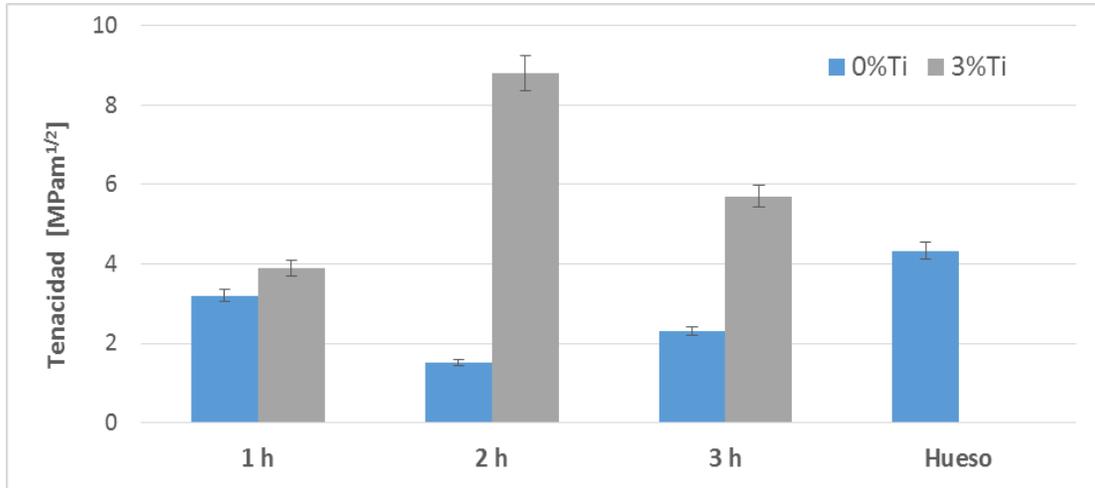


Figura 3: Tenacidad a la fractura de los cermetos $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-3\%Ti}$ y tenacidad₁ del hueso compacto [2-5].

3.3 Microestructura.

La figura 4 muestra las micrografías obtenidas por microscopía electrónica de barrido, éstas micrografías corresponden a las muestras sinterizadas a 1400°C a 1, 2, y 3 horas para los cermetos $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-0\%Ti}$ y $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-3\%Ti}$. En las microestructuras de las muestras $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-0\%Ti}$ se observa una microestructura distribución homogénea sin conglomerados presentes o diferencia alguna entre las diferentes muestras que han sido sinterizadas a diferentes tiempos, lo cual indica que a esta temperatura, el tiempo de sinterización no es factor que afecte o favorezca la sinterización. Por otro lado, en las micrografías de las muestras $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-3\%Ti}$ se observa que a tiempos de 1 hora inicia la formación de conglomeración correspondiente a zonas mejor sinterizadas, y estas zonas mejoran cuando el tiempo de sinterización es mayor.

Para lograr una microestructura similar a la que exhibe el hueso, convendría modificar variables como mayor tiempo de sinterización, o en su defecto aumentar la temperatura de sinterización, factor que favorece la unión entre las partículas que componen el cermet.

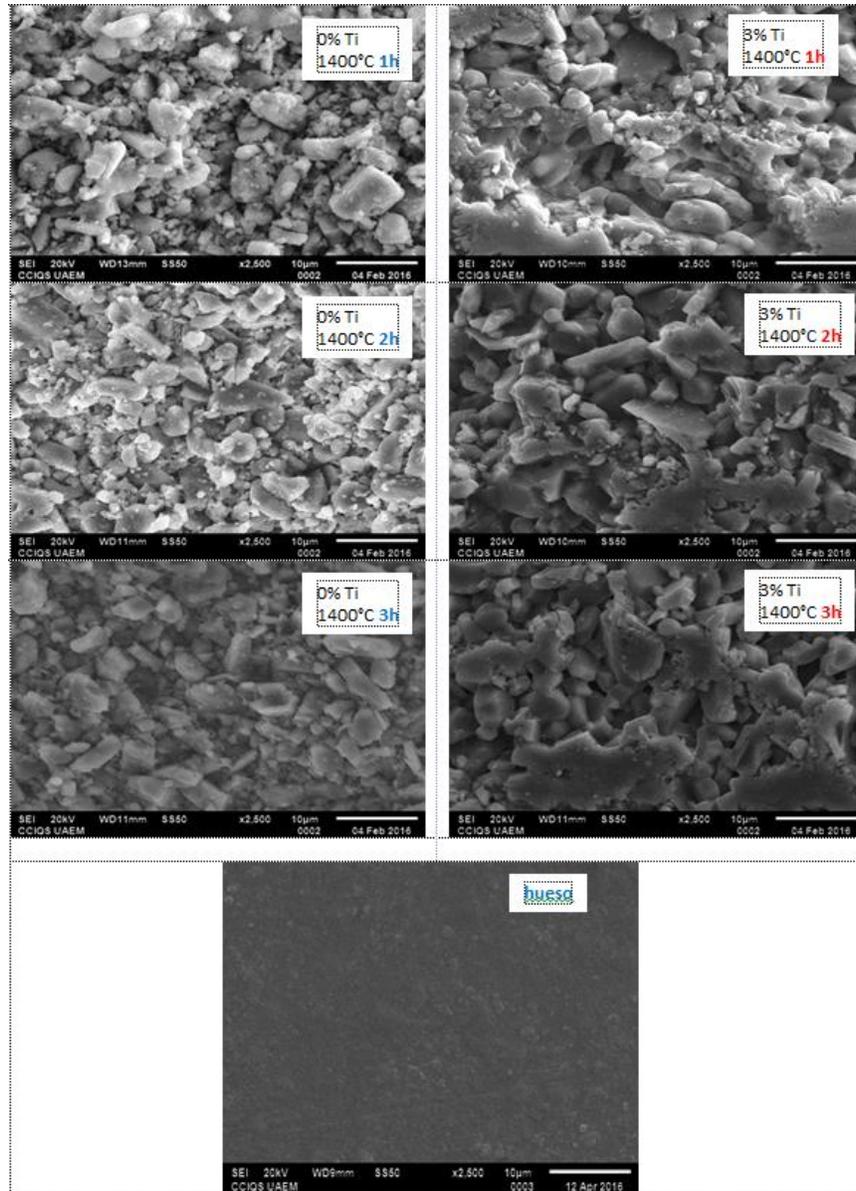


Figura 4: Micrográficas por MEB de los cermetes Al₂O₃-3%Ti a diferentes tiempos de sinterización; y del hueso compacto.

4. CONCLUSIONES

- El cermet Al₂O₃-3%Ti puede ser clasificado como un biomaterial, debido a que la materia prima con la que se fabrican dichos cermetes son considerados como biomateriales naturales.
- El contenido de Titanio y el tiempo de sinterización son factores que afectan directamente a la sinterización del cermet Al₂O₃-Ti, es decir, la adición de Titanio se favorece la conglomeración de los componentes del cermet formando mayores zonas de sinterización; de igual forma ocurre con la los tiempos de permanencia de sinterización, entre mayor sea el tiempo de sinterización, mayores serán las zonas conglomeradas en las microestructuras asemejándose a la microestructura del hueso.
- La tenacidad a la fractura de los cermetes Al₂O₃-3%Ti fue superada en un 200% a la tenacidad a la fractura del hueso; lo cual fue posible lograr al sinterizar los cermetes a 1400°C durante 2 horas, es decir, es posible reforzar el cermet con la adición de partículas de titanio.
- Es posible utilizar la técnica de metalurgia de polvos para obtener cermetes base alúmina con elevados valores de tenacidad a la fractura, haciendo factible su aplicación como tejido óseo.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al CONACYT por financiamiento otorgado como beca para estudios de Posgrado, apoyo con el cual es posible el desarrollo de estas investigaciones.

6. REFERENCIAS

- [1] M^a TERESA ANGULO CARRERE, CARMEN DOBAO ÁLVAREZ. "Biomecánica clínica-Biomecánica del hueso" *Reduca (Enfermería, Fisioterapia y Podología) Serie Biomecánica clínica*. 2 (3) pp. 32-48, 2010 ISSN: 1989-5305.
- [2] T.L. NORMAN, D. VASHISTH, D. N. BURR, "Fracture Toughness of human bone under tensión". *Journal of Biomechanics*. Vol. 28, Issue 3, pp. 309-311, 313-320, 1995.
- [3] JULIAHU YAN, KARI B. CLIFTON, JOHN J. MECHOLSKY JR., LAURIE A. GROWER. "Effect of the temperature on the fracture toughness of compact bone". *Journal of Biomechanics*. Vol. 40, Issue 7, pp. 1641-1645. 2006.
- [4] JIAHAU YAN. AMIT DAGA, RAJENDRA KUMAR, JOHN J. MELCHOSKY. "Fracture toughness and work of fracture of hydrated, dehydrated, and ashed bovine bone". *Journal of Biomechanics*. Vol. 41, Issue 9, pp. 1929-1936. 2008. ISSN: 0021 9290.
- [5] R. B. COOK, P. ZIOUPOS. "The fracture toughness of cancellous bone". *Journal of Biomechanics*. Vol. 42 Issue 13, pp. 2054-2060. 2009.
- [6] Y. MIYAMOTO, W. A. KAYSSER, B. H. RABIN, A. KAWASAKI AND R. G. FORD, "Functionally Graded Materials; Design, Processing and Applications", *Kluwer Academic*, USA, 1999.
- [7] OSAYANDE L. IGHODARO, OKENWA I. OKOLI. "Fracture Toughness Enhancement for Alumina Systems: A review". *International Journal of Applied Ceramic Thecnology*. Vol. 5. Numer 3, 2008.
- [8] L. MAS GUTIÉRREZ, A. ALTAMIRANO TORRES, F. SANDOVAL PÉREZ AND E. ROCHA RANGEL, "Alumina Matriz Composites With Aluminide Phases", *Proceedings 5th International Conference on High-Temperature Ceramic Matrix Composites – HTCMC5*, Sept. 12-16, 2004, Seattle, USA.
- [9] ROMMY HERNÁNDEZ T., ROBERTO PALMA C. Y MA. CRISTINA PIÑA B. "Hidroxiapatita y sus aplicaciones". *Revista Mexicana de Física*, No. 45 Suplemento 1, pp. 144-147. Junio 1999.

1.2 Surface protection of metallic materials by a diffusion coating

José Solís Romero¹, Armando Gómez¹, Rodolfo Velázquez¹, Víctor Castellanos¹ y Sandra S. Roblero Aguilar^{1,2}

¹SEP/SES/TecNM, IT de Tlalnepantla, (DEPI), Av. Mario Colin, S/N, Col. La Comunidad, Tlalnepantla Edo. de Méx. 54070. México.

²Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Valle de México, Atizapán de Zaragoza, Estado de México, México.

Corresponding author email: jsolis@ittla.edu.mx

RESUMEN

En el presente trabajo se reportan los resultados microestructurales y respuestas mecánicas que exhibe el proceso de borurado de aleaciones metálicas. El tratamiento termoquímico se realizó por el método de borurado por empaquetamiento de polvo a una temperatura de 950 °C durante 6 horas. La microestructura en la interface se observó mediante la microscopía óptica y de barrido, exhibiendo una morfología tipo diente de sierra; la microdureza se determinó por la sección transversal desde la superficie y hacia adentro. Las fases que se presentaron en el recubrimiento de boro (FeB and Fe₂B) dependen del material sustrato. Las pruebas de desgaste se llevaron a cabo con apego al procedimiento de la norma ASTM G99 bajo condiciones secas. Los resultados revelaron que el proceso de borurado mejora en forma significativa la resistencia al desgaste, y se determinó que el borurado puede ser susceptible de combinarse con el proceso de nitrurado para mejorar las dificultades de descascarillamiento y agrietamiento de la capa borurada sobre la superficie metálica cuando esta capa está bajo carga normal con movimiento deslizando en condiciones secas.

Palabras clave: Borurado, Tribología, Perno sobre disco, empaquetamiento de polvo.

ABSTRACT

In this study, the microstructural and mechanical characterisation of boronized metallic alloys were investigated. Thermochemical treatment was performed by powder pack boronizing process at temperature 950 °C for 6 h. Saw-tooth morphology and smooth interface microstructures were observed with an optical microscope and also with scanning electron microscopy; microhardness was measured across the coating depth. The phases present (FeB and Fe₂B) in the boron coatings depend on the substrate material. Wear testing under dry condition was conducted by following the procedure of ASTM G99. The obtained experimental results revealed that boronizing significantly improves the wear-resistance, and it may susceptible to be combined with a nitriding process to alleviate broken off flakes and crack difficulties exhibited by a borided metallic surface when is subjected to a normal sliding load under dry conditions.

Keywords: Boriding, Tribology, pin-on-disc, powder-pack.

1. 1. INTRODUCTION

The surface of materials plays a very important role in determining the service life of construction elements that are used in engineering components, being the most important factor the surface's wear resistance. From a number of coatings used for surface protection, diffusion coatings with carbides, borides and nitrides have been successfully utilised for engineering applications where specific properties at particular locations are required without compromising the bulk (substrate) material strengths for which they were design at the first place. These coatings are produced by the surface diffusion of a metal or a non-metal into the substrate material at high temperatures. Boron atoms are introduced into the surfaces of metallic material forming borides. Boron has very small atomic size that allows its diffusion in a variety of metals and alloys, e.g., steel, nickel based alloys, titanium alloys, transition metals, etc. Typically, the thermochemical treatment is carried out at 850-1050 °C by solid-state diffusion, liquids, or gaseous atmosphere As a result of the thermochemical treatment, the surface chemical composition of the material substrate is modified and new phases are formed [1, 2]. In ferrous materials, boron atoms react with the iron atoms to produce iron borides FeB and Fe₂B depending upon the potential of the medium, substrate material, its chemical composition and diffusion parameters. The hardness of the iron boride layers ranges between 17000 and 2300 Hv. For industrial applications, the formation of monophase layers of Fe₂B is desirable than polyphase layers of FeB at the surface and Fe₂B beneath it. Because the FeB is very brittle with a hardness oscillating 2300 Hv as compared to 1500–1700 Hv for Fe₂B [3, 4]. Mostly, the boride layers form a columnar structure in plain carbon steels and low alloy steels resulting in monophase or polyphase iron borides. However, the occurrence of polyphase iron borides tends to make the components very hard and brittle due to those phases exhibit different coefficients of thermal

Solis-Romero José, Gómez Armando, Velázquez Rodolfo, Castellanos Víctor, Roblero Sandra.

Fecha de envió: 16 septiembre 2016; Fecha de aceptación: 14 octubre 2016; Fecha de publicación: 24 octubre 2016

expansion, it can cause spallation leading to the separation of the duplex layer, or else crack formation can appear under mechanical strain or thermal and mechanical shocks [2, 5], which prohibits their use under impact and fatigue service conditions. Despite of that, in the boriding process, very hard layers are produced, allowing a better wear strength and abrasion than other thermochemical processes such as carburizing and nitriding [6]. The significant feature of boronizing as a surface hardening treatment is to produce multifunctional coating with high hardness and low surface coefficient of friction, among others. The aim of this work was to investigate the above mentioned properties and analyse whether boriding can be used as a multicomponent surface treatment such as boro-nitriding. Aspects of the film formation and the characteristics of their mechanical response to static and dynamic loads under dry conditions were the focus of the study.

2. EXPERIMENTAL

Cylindrical specimens (25.4 mm in diameter x 7 mm thickness) were cut from an ARMCO iron bar with composition: Mn, 800 ppm; C and P, 200 ppm; and S, 150 ppm [7]. Due to the fact that the formation kinetics and structure of diffusion layers formed in boriding is influenced by the chemical composition of the steels [8], the substrate pure iron used in this work was selected to curb the effect of alloying elements in order to solely analyse the characteristic boride layers and some of their mechanical effects. Powder-pack boriding procedure was preferred in this study for its cost-effectiveness, and simplicity of the required equipment [9, 10]. The samples were embedded in a closed cylindrical case (AISI 304L stainless steel as shown in Fig.1) having a boron powder mixture inside with an average particle size of 30 μm . The boriding agent contained an active source of boron (B_4C), an inert filler (SiC), and an activator (KBF_4). The pack-boriding treatment was done by using a conventional furnace without inert atmosphere at 950 $^\circ\text{C}$ for 6 h. These treatment parameters were chosen as the optimum values from an experimental range of three temperatures and two times of exposure for each of those temperatures. Once the boriding was completed, the container was removed from the furnace and slowly cooled to room temperature.

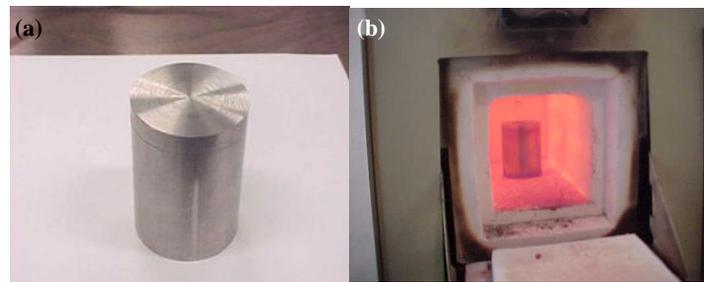


Figure 1: (a) Cylindrical stainless steel container for embedding the samples and (b) the whole set placed into a conventional furnace.

The depth of the surface coatings and morphology were analysed by SEM and EDS (JEOL JSM-6360 LV at 20 kV). The distribution of alloying elements across the boride coating was measured using the GDOES technique utilising a Horiba Jobin Yvon RF GD. Microhardness measurements were collected (10 repeats) using a Shimadzu Vickers hardness tester under the loads of 25 g. X-Ray Diffraction (XRD) analyses of the layers were carried out with 2θ varying 20 $^\circ$ to 90 $^\circ$, using $\text{CuK}\alpha$ radiation and $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$.

The friction tests of the coating were carried out using a CSM ball-on-disk tribometer (see Fig. 2) in an ambient environment (20-25 $^\circ\text{C}$, 45 – 60% RH). Dry sliding against AISI 52100 steel balls (6 mm in diameter) was performed. The experimental setup was carried out according to the ASTM G99 standard [11]. The applied normal load was selected to be 10 N, creating a maximum Hertzian stress of 1.5 GPa. This configuration and the applied pressure was intended to emulate the stress conditions for various automotive applications such as pump shafts [12] or tubing systems in oil production [13]. The frictional plot against sliding distance could be recorded continuously at a sliding velocity of 0.02 m s^{-1} .

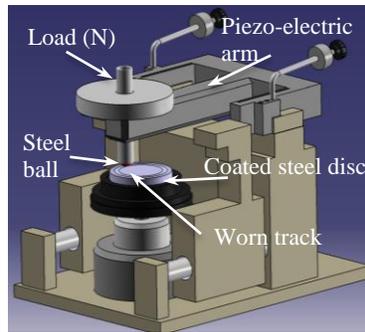


Figure 2: Schematic representation of the tribometer apparatus for the friction tests.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 MICROSTRUCTURAL CHARACTERISATION

The morphology of a borided iron depicted the typical saw-toothed structure with the FeB/Fe₂B and Fe₂B/substrate interfaces, as shown in Fig. 3. From the same Fig. 3, it can be noticed that the iron boride FeB developed from the surface to the interior. The chemical composition of the Fe₂B was verified by Energy Dispersive Spectroscopy as can be seen in Fig. 4.

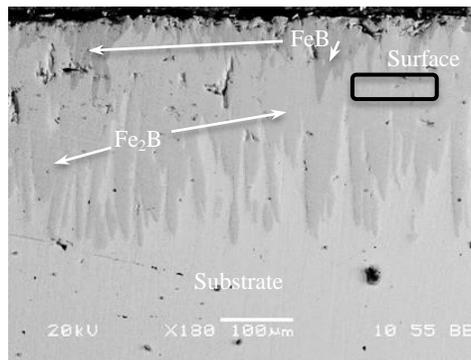


Figure 3: Cross-sectional view of the borided iron showing the produced layers.

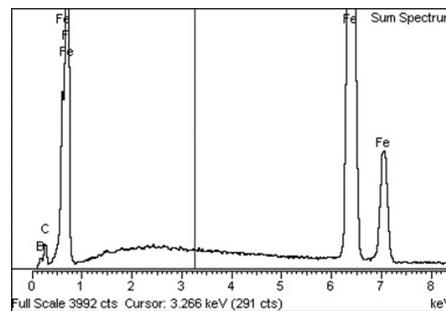


Figure 4: EDS of the squared region from Fig. 3, showing the chemical composition of the Fe₂B layer.

On the whole, diffusion of the produced boriding coating reached ~ 120-150 µm average depth, although columnar depths (saw-tooths), extended up to ~ 240 µm. Microhardness (H_v) behaviour of the boriding coating on iron is shown in Fig. 5. The hardness of the FeB layer was much higher than that of the Fe₂B layer. However, this very hard layer is just a few microns thick since there is an immediate decrease as the Fe₂B layer is reached. A very narrow transition zone of ~ 5-15 µm width at the surface/FeB interface is observed, where a rapid hardness increase takes place because of the distributed boron. This action is postulated to result in surface weakness between the metallic surface and boride layers because of the depletion of the crystallographically disordered outermost boride layer after the boriding treatment. In Fig. 5, microhardness evolution of the borided iron evidences the latter fact, i.e. the lower hardness that is displayed in the outer part of the boride (~ 13 µm depth) indicates a nonhomogeneous formation of the boron element into the iron lattice. By reason of a friable region, it was not possible to acquire microhardness measurements from 5 to 13 µm.

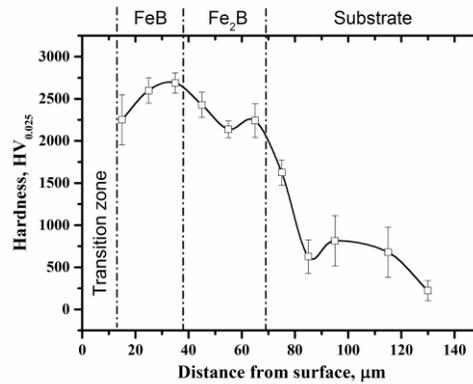


Figure 5: Microhardness behaviour of the borided coating applied on the surface of an ARMCO iron.

Precisely, the observed narrow transition zone from the surface to $\sim 13 \mu\text{m}$ depth (the outermost iron and the nonhomogeneous formation of the boron into the iron lattice), compromises the performance against wear and corrosion of the coated surface. The aforementioned observation leads to the rationale that there is a need to somehow elude such detrimental region. In this regard, an iron nitride layer deposited on the boride layer would benefit since it could carry off the disordered boride layer. Although this experimental initiative is still under investigation, there are a few reports where boro-nitride layers have been successfully deposited on metallic surfaces [14, 15]. According to Gómez V. *et.al*, the iron nitride layer deposited on the borided layer was homogeneous and flat, with $\sim 15 \mu\text{m}$ thickness. The corresponding profile composition revealed maximum nitrogen content on the surface of 40% at. N, indicating the development of a nitride layer Fe_3N . Beneath the nitride layer, nitrogen content decreased from the surface with a smooth gradient until $\sim 13 \mu\text{m}$ depth and then the nitrogen content rapidly decreased in parallel to the boron content increasing ($\sim 15 \mu\text{m}$). It also was alleged that the formation and growth of the nitride layer, nitrogen hardly managed to diffuse towards the boride layer, because of the extremely compact and hard FeB boride layer. Despite of this latter difficulty, the iron nitride layer along with the spread of boron achieved to penetrate in the micro-holes and cavities of the irregular boride layer strengthening the adherence of the $\text{Fe}_3\text{N}/\text{FeB}$.

3.2 TRIBOLOGICAL CHARACTERIZATION

Tribological response of the surface treated samples was focused on the coefficient of friction (COF) evolution. The COF trends with standard deviation of 12% obtained from the non-borided and borided iron under dry conditions are shown in Fig. 6.

Both the iron and borided surfaces did not show the typical running-in period. Such a transient state corresponds to the contact of the highest asperities of the disk and ball surfaces. In the course of the initial sliding process, it was observed a large COF fluctuations for the non-borided and borided surfaces.

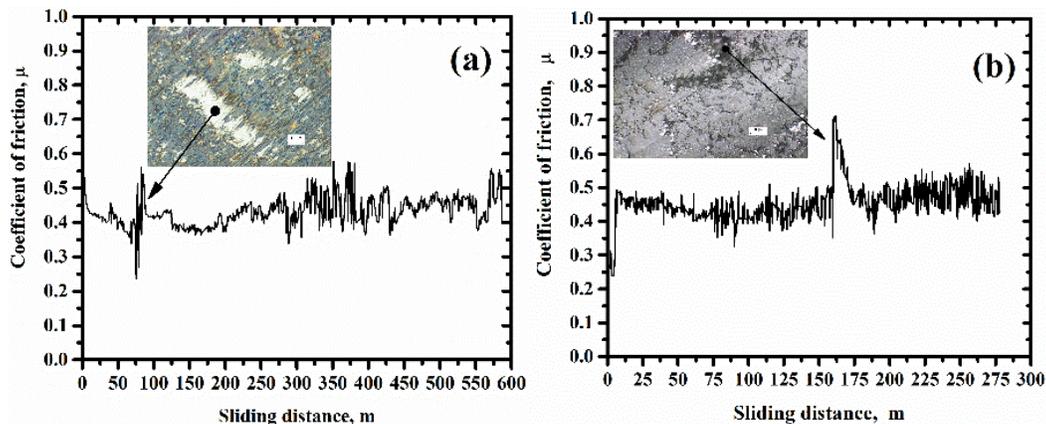


Figure 6: Selected images of the evolution of the frictional behaviour for (a) iron/steel and (b) borided iron/steel tribopairs at 1.5 GPa max. pressure and 0.02 m s^{-1} , in dry sliding.

The initial period of fluctuations may be related to the ploughing by the asperities of the harder material at the interface of the contact (Fig. 6 a,b). As the sliding continues, there appears to be a large jumps in the COF (approximately 75 m for the untreated iron and 160 m for the borided iron), which they could be associated to some surface wear out at localised surface areas, as seen in the inset pictures in Figs. 6 a,b. After these initial micro-failures, there is a surface polishing period resulting in a slow increase in the friction values due to the augmented adhesion. However, by the continuing high pressure between the steel ball and the surface, the smooth and rough debris coming from the obvious worn grooves-spallation and transferred material from the steel ball, provoke the COF fluctuations to rise more. For instance, in case of the nude iron and as the tests progressed, a gradual increase of surface defects eventually led to a seizure condition (end of the test at ~ 600 m from Fig. 6 a). In case of the borided iron, several worn out regions appeared and seizure took place at ~ 280 m (Fig. 6 b). The resistance of the borided surface is evidently higher than the bare iron surface by virtue of lesser fluctuations of the observed COF. The COF values were $\mu \sim 0.45$ both the borided and bare iron surfaces. Nevertheless, the coating integrity is weak as seizure turn out earlier than the bare iron surface. This fact confirms the drawback of the boriding process, i.e. that transition zone where boron is not regular.

4. CONCLUSIONS

Pure iron was successfully borided comprising a polyphaser boride, constituted by an inner layer of Fe_2B and an outer layer of FeB and an outer layer of FeB with typical saw-toothed structure with a diffusion depth ranging 120-150 μm , without accounting the columnar depth. The formed boride layer exhibited a narrow transition zone between the FeB layer and the outermost surface of the iron material, which could be considered as a detrimental result because it did not favour the coating integrity since several regions were spalled after the sliding testing. The presented drawback could be overcome by carrying out a nitriding process over the boronised surface, due to the fact that it may favour the cohesion of the interface and also mitigate those variations in microhardness.

5. ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the Secretary of Public Education of Mexico/TecNM for the financial support as well as the CEM-ITESM for offering facilities to implement the project.

6. REFERENCES

- [1] R. Chatterjee-Fischer, *Boriding and Diffusion Metallizing. Surface Modification Technologies*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1989.
- [2] J. R. Davis, *Boriding. Surface Hardening of Steels - Understanding the Basics*. Ohio: ASM International, 2002.
- [3] O. Ozdemir, M. Usta, C. Bindal, and A. H. Ucisik, "Hard iron boride (Fe_2B) on 99.97 wt% pure iron", *Vacuum*, vol. 80, pp. 1391-1395, 2006.
- [4] I. Uslu, H. Comert, M. Ipek, F. G. Celebi, O. Ozdemir, and C. Bindal, "A comparison of borides formed on AISI 1040 and AISI P20 steels", *Materials & Design*, vol. 28, pp. 1819-1826, 2007.
- [5] B. Selçuk, R. Ipek, and M. B. Karamış, "A study on friction and wear behaviour of carburized, carbonitrided and borided AISI 1020 and 5115 steels", *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 141, pp. 189-196, 2003.
- [6] C. Martini, G. Palombarini, G. Poli, and D. Prandstraller, "Sliding and abrasive wear behaviour of boride coatings", *Wear*, vol. 256, pp. 608-613, 2004.
- [7] I. Campos, R. Torres, O. Bautista, G. Ramírez, and L. Zuñiga, "Evaluation of the diffusion coefficient of nitrogen in $\text{Fe}_4\text{N}_{1-x}$ nitride layers during microwave post-discharge nitriding", *Applied Surface Science*, vol. 249, pp. 54-59, 2005.
- [8] Y. A. Balandin, "Boronitriding of Die Steels in Fluidized Bed", *Metal Science and Heat Treatment*, vol. 46, pp. 385-387, 2004.
- [9] I. Campos-Silva, M. Ortiz-Dominguez, M. Elias-Espinosa, R. C. Vega-Morón, D. Bravo-Bárcenas, and U. Figueroa-López, "The Powder-Pack Nitriding Process: Growth Kinetics of Nitride Layers on Pure Iron", *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 24, pp. 3241-3250, 2015.
- [10] M. Keddad and S. M. Chentouf, "A diffusion model for describing the bilayer growth ($\text{FeB}/\text{Fe}_2\text{B}$) during the iron powder-pack boriding", *Applied Surface Science*, vol. 252, pp. 393-399, 2005.
- [11] w. a. o. ASTM International, "ASTM G99-05(2016), Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus", ed. West Conshohocken, PA, 2016.
- [12] S. Johansson, P. H. Nilsson, R. Ohlsson, and B.-G. Rosén, "Experimental friction evaluation of cylinder liner/piston ring contact", *Wear*, vol. 271, pp. 625-633, 2011.
- [13] E. Medvedovski, J. Jiang, and M. Robertson, "Iron boride-based thermal diffusion coatings for tribo-corrosion oil production applications", *Ceramics International*, vol. 42, pp. 3190-3211, 2016.

- [14] O. A. Gómez-Vargas, J. Solis-Romero, U. Figueroa-López, M. Ortiz-Domínguez, J. Oseguera-Peña, and A. Neville, "Boro-nitriding coating on pure iron by powder-pack boriding and nitriding processes", *Materials Letters*, vol. 176, pp. 261-264, 2016.
- [15] N. E. Maragoudakis, G. Stergioudis, H. Omar, E. Pavlidou, and D. N. Tsipas, "Boro-nitriding of steel US 37-1", *Materials Letters*, vol. 57, pp. 949-952, 2002.

1.3 Robótica en la nube: actualidad y perspectivas

Marco Antonio Aguilar Tadeo¹, José Martín Flores Albino¹, Víctor Manuel Landassuri Moreno¹ y Saúl Lazcano Salas¹

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Valle de México km. 11.5 carretera Atizapán de Zaragoza-Nicolás Romero s/n, boulevard universitario s/n predio San Javier Atizapán de Zaragoza, Estado de México.

e-mail: maguilart045@alumno.uaemex.mx, jmfloresa@uaemex.mx, vmlandassurim@uaemex.mx, slazcano@uaemex.mx.

RESUMEN

La robótica es un campo de investigación tecnológica que ha tenido grandes avances en la última década, sin embargo, para que los robots realicen tareas complejas requieren de costosos recursos, esto se debe a que demandan tener capacidades de procesamiento de alta complejidad para que los robots trabajen autónomamente. Al igual que las personas usan las redes de comunicación para compartir recursos. La llamada robótica en la nube (*Cloud Robotics*) permitiría que los robots hicieran uso de recursos alojados en la nube, interactuando a través de la misma y creando una base de conocimiento que podrán compartir.

Palabras clave: robótica en la nube, computación en la nube, redes de robots, código abierto.

ABSTRACT

Cloud robotics is a field of current research because of its potential benefits are: 1) To reduce manufacturing costs robots because they require fewer resources. 2) They can use cloud services that provide them new skills to share information and resources to perform complex operations. This paper will present some of the projects for robotics systems in the cloud that are available online and are open use.

Keywords: cloud robotics, cloud computing, networked robotics, open source.

1. INTRODUCCIÓN

La robótica es un campo de investigación tecnológica que ha tenido grandes avances en la última década, sin embargo, para que los robots realicen tareas complejas requieren de costosos recursos, esto se debe a que demandan tener capacidades de procesamiento de alta complejidad para que los robots trabajen autónomamente. Al igual que las personas usan las redes de comunicación para compartir recursos, la llamada robótica en la nube (*Cloud Robotics*) permite que los robots hagan uso de recursos alojados en la nube, interactuando a través de la misma y creando una base de conocimiento que pueden compartir.

Como primer antecedente se tiene que, en los inicios de los años 90, y al popularizarse la *World Wide Web* y los protocolos IP, en 1994 se logró conectar el primer robot industrial a la web mediante el proyecto Mercurio [4] (en inglés *The Mercury Project*), que contaba con una interfaz intuitiva que permitía operar el mismo mediante cualquier navegador de Internet (tele-operación). Dando inicio el concepto de *Networked Robotics* en la misma década [2] y que, junto al concepto de *Cloud Computing*, dieron paso a lo que hoy es *Cloud Robotics*.

El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología [1] (NIST) define *Cloud Computing* como: "un modelo que permite el acceso a la red bajo demanda y con ubicuidad práctica para compartir recursos configurables (por ejemplo: servidores, almacenamiento, redes, aplicaciones y servicios) que pueden ser rápidamente accesibles y suministrados y liberados con mínimo esfuerzo de gestión o interacción del proveedor de servicios".

Si de una forma semejante a las redes sociales de hoy, se construye una red de servicios disponibles para los robots, estos podrían comunicarse, coordinarse, informarse, transmitir y recibir información que trabajando como una unidad autónoma no podrían tener.

En 2010, James Kuffner propuso el término *Cloud Robotics* y mencionó varias ventajas y potenciales beneficios de este nuevo campo [3]. Los principales beneficios de robótica en la nube son disminuir el costo de fabricación de los robots y permitir que operen de manera autónoma pero coordinada. Actualmente un robot requiere de muchos sensores para realizar

una tarea específica y autónoma, esto hace poco accesibles a las personas o empresas, ya que deberían desembolsar cantidades importantes de dinero por un robot muy especializado, que frecuentemente solo puede desempeñar una tarea correctamente.

Antes de que el concepto de *Cloud Robotics* sea lo que hoy se entiende, se habían propuesto arquitecturas de interacción entre robots [5], *Networked Robotics* se conceptualizaba como una interacción entre varios robots funcionando juntos y en coordinación, o de manera cooperativa con sensores, computadoras embebidas y usuarios humanos. Mismo que permite entender que múltiples robots y entidades auxiliares lleven a cabo tareas que rebasan los recursos de un solo robot.

La robótica en la nube tiene como principal objetivo crear un Internet para robots, es decir, una gran base de datos de información y aplicaciones para consulta y uso por otros robots mediante una conexión a Internet, logrando así adquirir habilidades que permitan al robot realizar tareas nuevas de manera correcta y coordinada.

Para observar la tendencia de publicaciones de investigación sobre robótica en la nube, en la Figura 1, se presenta el volumen de publicaciones del tema, a través del buscador "Google Académico". Se observa el incremento en las publicaciones relacionadas con *Cloud Robotics* a partir del mismo año de la aparición del concepto, también en la misma gráfica se pueden apreciar las publicaciones relacionadas con *Networked Robotics*.

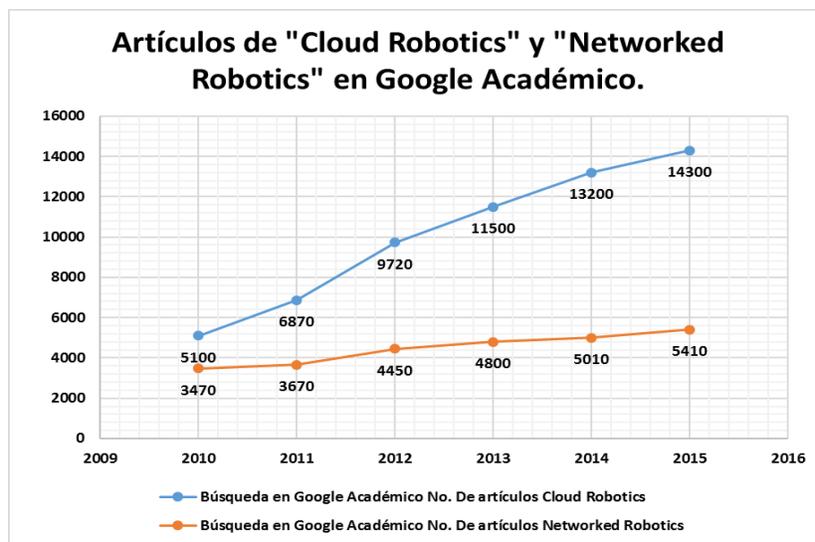


Figura 1: Gráfica de artículos publicados de *Cloud Robotics* y *Networked Robotics*.

En este trabajo, se presentan los principales proyectos de sistemas para robótica en la nube que actualmente se están proponiendo. La organización del mismo es la siguiente: en la Sección II, se presentan las principales arquitecturas, o sistemas de organización, para sistemas de robótica en la nube. En la Sección III, se mencionan algunos de los proyectos de investigación disponibles en Internet. Se describe cada uno de ellos con el objetivo de que el lector conozca distintos sistemas de uso abierto para la implementación de *Cloud Robotics* alrededor del mundo. Por último, la Sección IV, da las conclusiones de este trabajo.

2. DESARROLLO

2.1 Arquitecturas de robótica en la nube

Decir "la nube" es referirse de manera metafórica al Internet o a los servicios que brinda la red de redes, como puede ser el correo electrónico, almacenamiento de archivos o información como los servicios de *Dropbox*, *One Drive*, *Google Drive* o *Box*, entre otros, aplicaciones como las redes sociales o incluso servicios para jugar en tiempo real, donde mediante una conexión de banda ancha se puede disfrutar al máximo de un video juego, sin necesidad de contar con un hardware poderoso por parte del usuario, todo esto de manera gratuita y permitiendo importantes ahorros.

Un robot es cualquier máquina de accionamiento automático que sustituye el trabajo humano y puede o no realizar sus funciones de forma semejante a la humana, en general, la robótica es la disciplina de la ingeniería que se ocupa del diseño, construcción y operación de robots [9]. Debido a su alto costo de desarrollo e implementación, los robots no han logrado

colocarse como un producto comercial y al alcance de todos. La creación de un robot requiere de diseño de *hardware* complejo, así como de memoria, sensores, motores y demás componentes electrónicos que le permiten al robot desarrollar una tarea, además del *software* para controlar dichas actividades y que el robot las realice con eficiencia.

Robótica en la nube tiene dos niveles de arquitectura como se menciona en [8]:

2.2 R2R (Robot-to-Robot)

Es una red local para un grupo de robots (ver Figura 2). Esta arquitectura, también conocida como *Networked Robotics*, tiene como su principal función el proporcionar un medio para compartir información entre robots dentro de una red de comunicación privada.

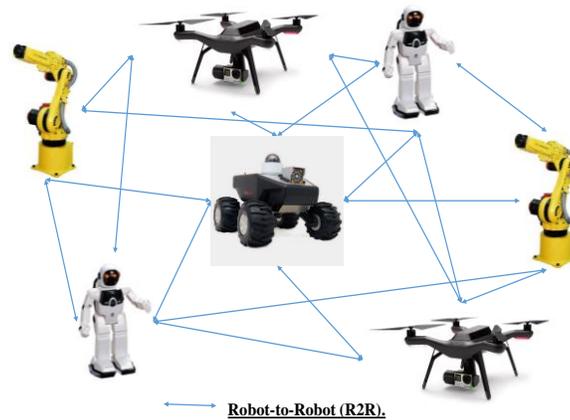


Figura 2: Diagrama de red robot-to-robot [7].

2.3 R2C (Robot-to-Cloud)

En este escenario, los robots comparten la información mediante un sistema alojado en la nube. A diferencia de *Networked Robotics*, se utiliza la red de Internet como plataforma de comunicación entre robots (Figura 3). Esto eleva las capacidades de cada robot debido al beneficio de la conexión a Internet. Este concepto se subdivide en las siguientes clases de estructura:



Figura 3: Diagrama de red robot-to-cloud.

2.3.1 SaaS (Software as a Service)

Son aplicaciones o programas que funcionan en Internet, esto elimina la necesidad de instalar y ejecutar dicho *software* en el sistema del usuario [7]. Es decir, se tiene acceso a un programa o aplicación determinada mediante el uso de navegadores de Internet o una conexión remota, sin la necesidad de hacer una instalación en el dispositivo del usuario final.

2.3.2 PaaS (Platform as a Service)

Se refiere a una plataforma de cómputo con infraestructura en la nube. Ofrece a los desarrolladores tener un sistema en la nube que proporciona un ambiente seguro y recursos disponibles, durante el ciclo de vida del sistema [7]. El usuario es quien administra su información y aplicaciones que están alojadas en la nube.

2.3.3 IaaS (Infrastructure as a Service)

Provee la infraestructura como un servicio. El cliente no necesita comprar servidores, unidades de almacenamiento o recursos en la red, puesto que los tiene disponibles en la nube. El cliente puede hacer uso del *hardware* y *software* para incorporarlos a su sistema, es decir, el servicio proporcionado incluye el *hardware* y *software* de base.

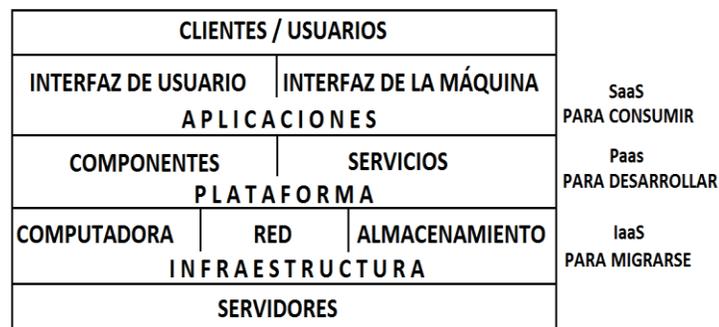


Figura 4: Capas de la nube [6].

2.3.4 RaaS (Robot as a Service)

Se refiere a los robots que pueden ser dinámicamente coordinados para la ejecución de tareas específicas. RaaS tiene tres aspectos de sistema: estructura, interfaz y comportamiento. Pueden haber varios tipos de unidades de nube, robots o dispositivos inteligentes, por ejemplo: robots de vigilancia, de servidumbre, de compañía y atención a pacientes. Estos robots se encuentran distribuidos en diferentes lugares y pueden ingresar a la plataforma de robótica en la nube [7].

Los robots son una realidad actualmente y existen principalmente en la industria de manufactura para realizar tareas difíciles, repetitivas y peligrosas, como son: pintar, cortar y soldar, por mencionar sólo algunas. Hay tareas complejas, como aquellas que requieren la intervención directa del ser humano, se busca que los robots iguallen o superen las capacidades de las personas, y por lo tanto, que sean completamente autónomos, algunas de estas actividades son de vigilancia, agricultura, militares, exploración (terrestre, subterránea, marina, submarina, aérea y espacial), entre otras.

2.4 Proyectos actuales de robótica en la nube

Con el avance de la tecnología y la expansión de Internet es más fácil compartir y consultar información prácticamente desde cualquier sitio. La robótica en la nube permitiría que los robots también se vean beneficiados con este progreso, provocando que sus características y capacidades aumenten significativamente.

Existen diferentes tipos de servicios de *Cloud Robotics*, esto se debe a su reciente auge y a la diversidad de robots que los utilizan. Estos proyectos proporcionan diferentes capacidades a los robots, por ejemplo: almacenamiento de información, consulta y descarga, mapeo de entornos, reconocimiento de objetos, reconocimiento de comandos de voz. A continuación, se detallan algunos ejemplos de estos servicios.

2.4.1 RoboEarth

Es un proyecto de la Unión Europea que fue fundado en diciembre de 2010 [10], incluye los proyectos *Rapyuta* y *Robohow*. *RoboEarth*, en general, da la capacidad a los robots de almacenar y compartir información. Esto permite aumentar significa-

tivamente la velocidad de aprendizaje mediante el aprovechamiento de la experiencia de otros robots y además permite a los desarrolladores crear instrucciones generales para que los robots lleven a cabo tareas en vez de programar individualmente en los robots, es decir, evitar programar robots caso por caso. *Rapyuta* funciona como un servicio para almacenar y compartir información en la nube para robots, ver [12]. *Robohow* es un proyecto donde los robots aprenden mediante la consulta de documentos con instrucciones alojados en la nube [11]. Cabe destacar que *Roboearth* es un proyecto de *open source*, la Figura 5 muestra la arquitectura de éste.

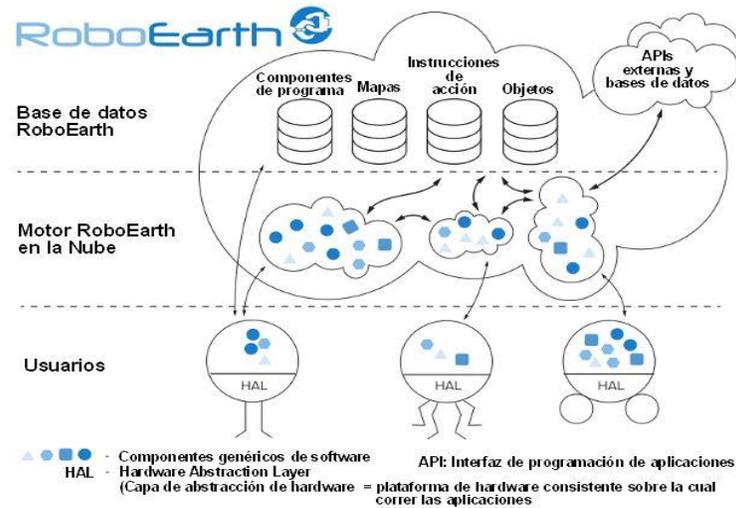


Figura 5: Arquitectura de RoboEarth.

2.4.2 MyRobots

Es un proyecto de la compañía *RobotShop*, fue fundado en 2003, su corporativo se encuentra en la ciudad de Quebec, Canadá, también cuentan con oficinas en Estados Unidos, Francia y Japón. *MyRobots* se comporta como una red social para robots, donde pueden compartir información, es una plataforma que se lanzó en 2011 a manera de prueba (Beta) [13]. También es un proyecto de *open source*.

2.4.3 ROS

Por sus siglas en inglés *Robot Operating System*, es una infraestructura para el desarrollo de *software* para robots que provee la funcionalidad de un sistema operativo en un grupo heterogéneo. Su objetivo es la colaboración con desarrolladores y entusiastas para construir y mejorar *software* para robots, es importante destacar que ROS está bajo la licencia *open source* [14]. Se encuentra disponible en alemán, francés, italiano, japonés, coreano, portugués, chino simplificado y español. ROS surgió originalmente en el año 2007 bajo el nombre de *switchyard*, fue desarrollado por el Laboratorio de Inteligencia Artificial de Stanford. A partir del año 2008, el desarrollo del proyecto se lleva a cabo en el Instituto de investigación de robótica *Willow Garage*, en California, Estados Unidos.

2.4.5 Tango Project

Es una plataforma de la empresa *Google* que utiliza las cámaras de un dispositivo móvil, por ejemplo, una tableta digital o un teléfono inteligente, para que dicho dispositivo comprenda su posición en relación al mundo que le rodea, [15]. Comenzó en 2014 y es de *open source*, para participar en el proyecto se debe adquirir el sistema de desarrollo llamado: *The Tango Tablet Development Kit*.

2.4.6 Rospeex

Es un paquete de comunicación multilingüe, basado en la nube para ROS con el cual se le puede agregar a un robot la capacidad de comunicación por voz (ver Figura 6). *ROSPEEX* [16] es una plataforma japonesa desarrollada por Komei Sugiura, en el Instituto Nacional de Tecnología de la Información y Comunicación. Está en funcionamiento desde septiembre de 2013 y es de *open source*. Está desarrollada en *HTML5*, por lo que puede ser utilizada en varias plataformas como *Windows*,

Linux y *Android* a través del navegador *MozillaFirefox*. El servicio soporta comunicación en japonés, inglés, chino y coreano, pero no cuenta con detección de lenguaje, es decir, el lenguaje debe ser previamente configurado para su correcto funcionamiento.

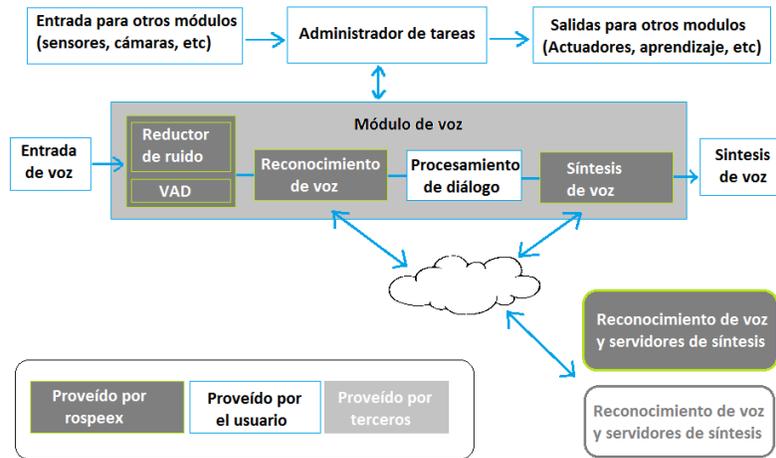


Figura 6: Arquitectura de ROSPEEX.

Existen otros proyectos de robótica en la nube además de los antes descritos, mismos que se encuentran en la etapa de desarrollo, esto confirma el crecimiento de este campo de investigación. Se espera que en un futuro cercano se incremente el número de plataformas disponibles de robótica en la nube, lo que conllevará a la robótica a un nuevo nivel de servicio para la humanidad.

3. CONCLUSIONES

Este artículo busca informar e introducir al lector sobre el paradigma de la robótica y promover la investigación sobre este tema. Robótica en la nube es un campo de investigación que va en incremento, esto demostrado con el número creciente de publicaciones sobre el tema. Se espera que esta tecnología brinde beneficios a nivel común, al contar con robots que aprovechen la nube y los beneficios que otorga como: capacidad de interacción, comunicación, organización, etc. Con el avance de *Cloud Robotics* será posible que los robots realicen más de una tarea de manera eficaz. Existen proyectos de robótica en la nube que permiten construir robots que utilicen sus recursos y que al mismo tiempo alimenten a una gran base de datos para consultas en el futuro por el mismo robot o para otro robot que requiera dicha información. Robótica en la nube brindará la oportunidad para que las personas puedan contar con robots personales, tal y como sucede actualmente con las computadoras, las funciones de los robots y sus aplicaciones crecerán tanto como las necesidades en la humanidad lo demanden.

4. AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado a través de la beca con número 611432.

5. REFERENCIAS

- [1] MELL, P., AND GRANCE, T., “The NIST Definition of Cloud Computing”, *National Institute of Standards and Technology*, Special Publication 800-145, Sept. 2011.
- [2] KEHOE, B., PATIL, S., ABBEEL, P., AND GOLDBERG, K., “A Survey of Research on Cloud Robotics and Automation”, *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, v. 12, n. 2, pp. 398-409, Apr. 2015.
- [3] KUFFNER, J., “Cloud-enabled robots”, In: *International Conference on Humanoid Robots*., Nashville, TN, USA, 2010.

- [4] GOLDBERG, K., MASCHA, M., GENTNER, S., ROSSMAN, J., ROTHENBERG, N., SUTTER, C., AND WIEGLEY, J., “Beyond the Web: Excavating the real world via mosaic”, In: *Proceedings of the 2nd International World Wide Web Conference*, pp. 1–12, Chicago, IL, USA, Oct. 1994.
- [5] KUMAR, V., RUS, D., SUKHATME, G., *Springer Handbook of Robotics*, Springer Berlin Heidelberg, Online ISBN: 978-3-540-30301-5, pp. 943-958, 2008.
- [6] MATHUR, P., AND NISHCHAL, N., “Cloud Computing: New challenge to the entire computer industry”, In: *Proceedings of the 1st International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC - 2010)*, pp. 223-228, 2010.
- [7] KOKEN, B., “Cloud robotics platforms”, *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, v. 13, n. 1, pp. 26-33, 2015.
- [8] HU, G., TAY, W., AND WEN, Y., “Cloud Robotics Architecture, Challenges and Applications”, *IEEE Network*, pp. 21-28, Jun. 2012.
- [9] Encyclopaedia Britannica, <https://global.britannica.com/technology/robot-technology>. Accedido en septiembre de 2016.
- [10] RoboEarth, <http://roboearth.ethz.ch/>. Accedido en septiembre de 2016.
- [11] ROBOHOW, <http://robohow.eu/>. Accedido en septiembre de 2016.
- [12] Rapyuta Robotics, <http://www.rapyuta-robotics.com/>. Accedido en septiembre de 2016.
- [13] RobotShop, <http://www.robotshop.com/en/>. Accedido en septiembre de 2016.
- [14] ROS.org, <http://www.ros.org/>. Accedido en septiembre de 2016.
- [15] TANGO, <https://get.google.com/tango/>. Accedido en septiembre de 2016.
- [16] ROSPEEX, <http://rospeex.org/to>. Accedido en septiembre de 2016.

1.4 Generación de lenguaje corporal en agentes virtuales usados en realidad virtual inmersiva

Diana G. Gómez Martínez¹, Rafael Mercado Herrera¹, V. Muñoz Jiménez¹ y Marco A. Ramos Corchado¹

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, Computación, Cerro de Coatepec, Paseo Universidad s/n, Ciudad Universitaria, 50130 Toluca de Lerdo, Méx., México.
e-mail: dgomez279@alumno.uaemex.mx, rmercadoh098@alumno.uaemex.mx

RESUMEN

Hoy en día, los dispositivos electrónicos orientados a la realidad virtual son empleados en diferentes áreas de estudio, con el objetivo primordial de apoyar en las tareas del ser humano o para entretenimiento. De ahí, la necesidad de desarrollar aplicaciones para estos dispositivos que permitan la interacción con el usuario.

En este artículo, se propone una arquitectura para la generación de lenguaje corporal en agentes virtuales, quienes interactuarán con el usuario a través de la comunicación tanto verbal como no verbal, por otro lado, se presenta como caso de estudio la reconstrucción de la zona arqueológica de Teotihuacán con un guía virtual nativo que dará validez a la arquitectura propuesta.

Palabras clave: realidad virtual, agentes virtuales, ambiente virtual, lenguaje corporal

ABSTRACT

Nowadays, electronic devices aimed at virtual reality are being used in different areas of research, with the main objective of providing support to the user in task completion, as well as for use in entertainment. From this emerges the need to develop applications for these devices that allow interaction with the user.

In this article, an architecture is proposed for the generation of body language in virtual agents, who will interact with the user through communication both verbal and non-verbal, besides this, a case study is presented as the reconstruction of the archeological zone of Teotihuacan with a native virtual guide to validate our proposal.

Keywords: virtual reality, virtual agents, virtual environment, body language

1. INTRODUCCIÓN

En nuestros días, es común ver el uso de dispositivos electrónicos integrados a la vida cotidiana de los usuarios, tal es el caso de uso que se le ha dado en la realidad virtual, ésta en sus diferentes formas. La utilización de estas herramientas va desde entretenimiento hasta sistemas de entrenamiento en diversas áreas, desde la medicina hasta el uso militar. En respuesta, algunas compañías como *Samsung* y *Oculus* lanzan al mercado masivo sus lentes de realidad virtual inmersiva [3], y con ello surge la necesidad de proveer aplicaciones que permitan innovar esta tecnología emergente.

La generación de aplicaciones para ser utilizadas en la realidad virtual tiene que cumplir con varios objetivos, entre ellos se puede resaltar el de producir una apariencia de la realidad que permita al usuario tener la sensación de estar presente en ella. Para ello, es necesario precisar que estas aplicaciones están conformadas por un ambiente en donde estarán inmersos los agentes con los cuales interactuará el usuario. Es así, que la generación de cualquier entorno virtual y la interacción con estos ambientes es un campo de estudio que sigue en desarrollo ya que la gran parte de los sistemas actuales utilizan navegación estática o visualización del ambiente a través del uso de sensores orbitales, limitando la interacción con el usuario.

La interacción entre los agentes virtuales y el usuario juega un papel importante en el cumplimiento de las tareas del usuario; esta interacción será realizada a través de la comunicación. Cabe mencionar que la comunicación consta del lenguaje verbal y del no verbal (o lenguaje corporal), donde el segundo permitirá acentuar la información que se está transmitiendo verbalmente en la mayoría de los casos, misma que conforma del 60% al 80% de la comunicación, por lo que ha sido de interés su estudio en diversas áreas, entre las que están: Psicología, Sociología, Neurociencia, etc.

Los agentes anteriormente mencionados se definen como entidades que tomarán decisiones con base en sus objetivos a cumplir y el estado de su entorno, entendiéndose como entorno todo el espacio que rodea al agente, lo que implica que un agen-

Gómez Martínez-Diana G., Mercado Herrera-Rafael, Muñoz Jiménez-V., Ramos Corchado-Marco A.

Fecha de envió: 16 septiembre 2016; Fecha de aceptación: 14 octubre 2016; Fecha de publicación: 24 octubre 2016

te estará embebido en un ambiente. La integración de estos agentes con un entorno virtual tendrá como objetivo generar en el usuario la sensación de que está inmerso en el ambiente y que forma parte de él; para ello, la interacción que tenga con los agentes deberá asemejarse a la forma en cómo es que los seres humanos nos comunicamos. Por lo tanto, la comunicación servirá para el cumplimiento de los objetivos, expresión de los estados emocionales, trabajo colaborativo, y demás.

Este artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2, se presentan los trabajos relacionados con lenguaje corporal en agentes virtuales y la construcción de ambientes virtuales a partir de imágenes obtenidas en el mundo real. La sección 3 detalla nuestra propuesta para la reconstrucción de ambientes virtuales y la generación de lenguaje corporal en agentes virtuales. En la sección 4, se presenta un caso de estudio enfocado a la arquitectura propuesta. Finalmente, en la sección 5, se presentan las conclusiones con respecto a la arquitectura presentada.

1.1 TRABAJOS RELACIONADOS

En esta sección, se presentan los trabajos altamente relacionados con el lenguaje corporal en agentes virtuales y se destacan los trabajos relacionados con la generación y construcción de ambientes virtuales.

1.1.1 Comunicación entre agentes

McCloskey [5] en el ámbito de la Psicología define al lenguaje corporal como “la más espontánea expresión de nuestros pensamientos, por medio de nuestros gestos, mirada, movimientos, postura y apariencia indicamos estados de ánimo, amor, disgusto, nerviosismo, ...”. Mientras que en neurociencia es considerado como “mensaje inconsciente y secreto del cuerpo, transmite emociones, indica el estado de ánimo y las intenciones del individuo, además de las características de nuestra personalidad”. De lo anterior, se puede inferir que para que el agente virtual sea capaz de comunicarse requiere tener movimiento corporal para generar posturas, que son parte del lenguaje corporal, además del habla.

Existen diversos trabajos que han tratado el tema de movimiento corporal en agentes virtuales, entre ellos se encuentra Madrigal *et al.*, [11] quien propuso un modelo para la generación de movimientos de un agente virtual basado en una bioarquitectura. El objetivo de éste modelo es replicar la forma en que la información eferente (i.e. del cerebro al órgano receptor) y aferente (i.e. del órgano receptor hacia el cerebro) es procesada entre las diversas regiones nerviosas produciendo el movimiento de una extremidad. El modelo fue formado jerárquicamente en donde las estructuras superiores son responsables de las actividades complejas tales como la planeación y la coordinación de los movimientos sin tomar en cuenta el trabajo hecho por los músculos. Dicho modelo se integró por: corteza motora, ganglio basal, cerebelo, centros del tronco cerebral, neuronas del circuito local, pools de neuronas motoras, receptores sensoriales y músculo-esqueléticos. Las pruebas realizadas conducen a que en la personificación del movimiento no todas las neuronas motoras pertenecientes al grupo son activadas, puesto que la activación depende del esfuerzo y la velocidad requerida para la realización del movimiento.

Además del movimiento corporal, también se ha incursionado en el reconocimiento de estados a partir de posturas del cuerpo, tal es el caso de Berthouze *et al.* [2]; ellos identificaron que para reconocer el estado de un agente a partir de una postura corporal requerían realizar un mapeo, debido a que la estructura que tomaba el cuerpo entre agentes no era similar, lo que conllevó a que un mismo movimiento debía ser aceptado con diferentes grados de naturalidad. Para realizar dicho estudio, se crearon 2 avatares con cuerpo semejante, pero con movimientos que tenían diferentes grados de libertad, seleccionando 5 estados emocionales: feliz, triste, enojado, asustado y con cólera, mismos que se animaron con 3 variaciones: velocidad, simetría y amplitud. El estudio determinó que un sistema puede ser considerado capaz de realizar comunicación afectiva (i.e. emocional) cuando tenga la capacidad para asociar certeramente un mensaje modal a un mensaje afectivo o estado y la capacidad para transmitir una o varias modalidades de un estado afectivo.

Continuando bajo el mismo enfoque, se puede destacar el estudio de Guedes *et al.* [8] que tratan la expresión de las emociones a nivel corporal sin restringirse a un ámbito concreto, teniendo como base la representación de 6 emociones: enfado, disgusto, miedo, alegría, tristeza y sorpresa, y usando como motor gráfico a *Maxine* [1], el cual permite la generación y gestión de ambientes virtuales en tiempo real. Por otro lado, para definir la relación entre las emociones y los cambios realizados en la postura corporal se basaron en el trabajo de Su [13], en éste se divide al cuerpo en áreas de interés: cabeza, tronco, extremidades superiores y extremidades inferiores. Concluyeron que, según la percepción de los usuarios las emociones corporales mejor implementadas corresponden a la alegría y la sorpresa. Sin embargo, dado que el reconocimiento de emociones es algo subjetivo se requiere realizar un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos para poder detectar el grado de aceptación y adecuación de las emociones corporales sintetizadas.

1.1.2 Ambientes virtuales

Los ambientes virtuales buscan representar los fenómenos físicos observados en la naturaleza y simularlos en un motor físico, esto es, el ambiente virtual simulado deberá contar con las leyes físicas observables de forma natural y que puedan apo-

yar al usuario en las actividades a realizar en éste, por ejemplo, sistemas de entrenamiento, armado de motores, etc. Una parte importante en la generación de un ambiente virtual es la posibilidad de retroalimentarse del mismo ambiente gracias a sistemas hápticos asociados al ambiente creado.

La realidad virtual se ve potenciada por la inmersión, la interacción y la intensidad de la información procesada. La inmersión proviene de los dispositivos que aíslan los sentidos del usuario al punto de que se siente transportado a otro lugar. La interacción proviene de la habilidad de la computadora de cambiar la escena tan rápido como el usuario puede alterar su posición física o perspectiva. La intensidad de la información es la noción de que un mundo virtual puede ofrecer cualidades especiales de tele-presencia y entidades artificiales con un grado de inteligencia [9].

Los dispositivos capaces de aislar la vista del usuario conocidos como HMD por sus siglas en inglés (*Head Mounted Display*), se han vuelto prevalentes y accesibles a un público diverso; algunos sólo requieren de un celular (p. e. *Google Cardboard* o *Gear VR*), mientras que otros son dispositivos dedicados que requieren de una computadora para ofrecer una experiencia de mayor fidelidad (p. e. *Oculus Rift* o *HTC Vive*) [3]. La ventaja que estos aparatos proporcionan al usuario se encuentra en la visualización estereoscópica que muestra la misma imagen rotada y trasladada en dos pantallas, con el fin de simular la separación entre los ojos del usuario y le permita ver el entorno virtual de una manera similar a como percibe en el mundo real. En la Figura 1, se presenta un ambiente virtual renderizado de manera estereoscópica por estos aparatos.

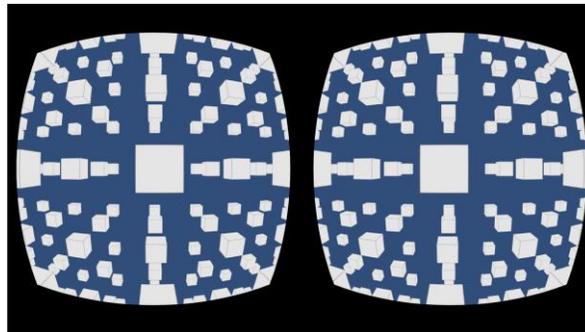


Figura 1: Ambiente virtual visualizado de manera estereoscópica, lo que ofrece al usuario la percepción de profundidad.

Una vez que se cuenta con los dispositivos para la visualización del ambiente virtual, el aspecto a atacar es el ambiente mismo. Se puede generar un ambiente desde cero con herramientas CAD (*Computer Assisted Design*) o se puede generar el equivalente virtual de un ambiente del mundo real; este artículo se enfoca en la segunda opción.

La reconstrucción de entornos virtuales ha sido objeto de estudio con la intención de preservar objetos y lugares calificados como patrimonio de la humanidad [7]. En épocas recientes se han logrado grandes avances para conseguir una reconstrucción fiel de entornos en el mundo real [4,15] que se han enfocado en la obtención de características físicas del entorno, y la localización de puntos de interés útiles para el proceso de una reconstrucción con visualización estática del entorno reconstruido.

Existen antecedentes de investigaciones que buscan proponer metodologías para la generación de entornos virtuales; entre ellas están Steinicke *et al.* [12], quienes dirigen su enfoque a la generación de un sistema de realidad virtual genérico que proveerá flexibilidad en términos del sistema de renderizado y del equipo que integra la interfaz con el usuario, facilitando la interacción y las tareas de exploración. Su arquitectura presenta un sistema de renderizado 3D en tiempo real, propagación del sonido, iluminación de la escena, etc., integra librerías tales como: *OpenGL*, *render-man*, *radiance*, etc. Steinicke define cuatro métodos para determinar el estado de interacción con el ambiente: inicio, ejecución, terminación y cancelación.

Tanriverdi y Jacob [14], presentan un modelo de diseño y metodología para el desarrollo de interfaces de realidad virtual compuestas por dos fases, una fase de diseño de alto nivel y una de bajo nivel. En la primera se identifican los elementos y objetos que interactuarán con el usuario y las especificaciones de abstracción de gráficos, comportamientos, interacciones y comunicaciones internas y externas de ellos. En la fase de bajo nivel se especifican las características con menor abstracción con el fin de apoyar en el desarrollo del sistema. Su modelo propuesto permite descomponer el diseño en tareas pequeñas y conceptualmente distintas.

2. DESARROLLO

Propuesta. Con base en la revisión literaria realizada previamente y el estudio de arquitecturas, en esta sección presentamos la propuesta de una nueva arquitectura para la generación de ambientes virtuales inmersivos con retroalimentación basada en lenguaje corporal.

2.1 Arquitectura

La Figura 2 ilustra la arquitectura propuesta, misma que está conformada por etapas o módulos cuyas tareas se describen a continuación:

- **SfM (Structure from Motion):** en esta etapa, las señales de entrada corresponden a imágenes 2D adquiridas y digitalizadas de un entorno en el mundo real, dichas imágenes son procesadas para encontrar sus coordenadas en 3D básicamente utilizando las posiciones de las cámaras al adquirir la imagen.
- **MVS (Multi-View Stereo):** aquí se manipulan las coordenadas de las cámaras obtenidas en la etapa anterior y se buscan píxeles temporales correspondientes entre varias imágenes para encontrar puntos en 3D, generando con ello una nube de puntos 3D densa.
- **Reconstrucción planar:** se identifican en las imágenes los elementos que pertenecen al piso, la pared o el techo con lo que se genera un modelo de la geometría de la estructura del ambiente.
- **Agentes:** en esta etapa, se generan los agentes que poblarán el ambiente virtual, estos agentes tendrán sus propias características que determinarán su perfil y serán influenciadas por el contexto del ambiente, cada agente tendrá su propia base de conocimientos representando su entorno y sus objetivos a cumplir. Para que el agente pueda interactuar con el usuario, en esta arquitectura se propone embeber al agente con lenguaje corporal que estará sustentado bajo evidencias tanto neurocientíficas como psicológicas. El agente, en su base de conocimiento inicial, tendrá posturas predeterminadas que estarán relacionadas a estados emocionales descritos en la psicología [6]. El proceso generador del movimiento en el agente estará basado en las evidencias neurocientíficas presentadas por [10].
- **Renderizado:** usando el modelo generado del entorno se procede a la renderización estereoscópica en los **dispositivos electrónicos** mencionados anteriormente, los que permitirán al **usuario** la percepción de profundidad del entorno.

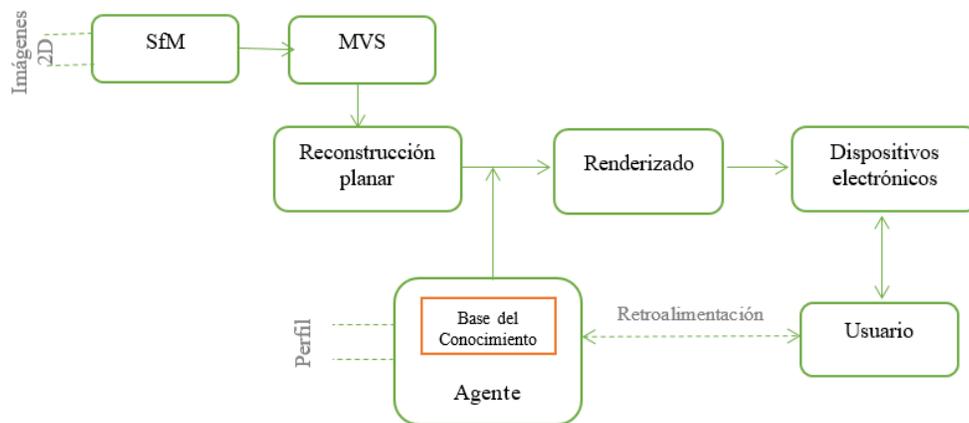


Figura 2: Propuesta de una arquitectura general de la realidad virtual basada en lenguaje corporal.

El objetivo de integrar agentes en el ambiente virtual consiste en que éstos sean capaces de jugar un rol en el mismo y puedan desempeñar tareas específicas, apoyando de esta manera a la inmersión del usuario en el ambiente, es decir, que pueda comunicarse el agente con el usuario ya no sólo verbalmente, sino a través de posturas de su cuerpo, siendo éstas un apoyo al mensaje lingüístico.

De la arquitectura propuesta se pueden resaltar principalmente dos vertientes que consisten en la reconstrucción de entornos virtuales y la generación del lenguaje corporal en los agentes.

2.2 Lenguaje corporal en agentes virtuales

En la reproducción de lenguaje corporal se busca identificar las partes del cerebro responsables de la generación de lenguaje corporal en el ser humano; a partir de esta identificación modelar sub-sistemas que cumplan con funciones específicas, y a partir de la integración de éstas, generar movimiento en los agentes virtuales partiendo del sistema motor desde la perspectiva neurocientífica. Sin embargo, pensar en la generación de lenguaje corporal requiere conocer al sistema locomotor, el cual brinda movilidad al cuerpo humano. No obstante, este sistema es amplio y complejo, por lo que se tomará como base la división regional del cuerpo humano que se ha definido en el área de anatomía, la cual permitirá generar el modelo esquelético del agente, y a partir de esta estructura generar posturas que le permitan expresar sus emociones. Además, para generar las posturas principales del agente se tomarán como base los estudios que se han realizado en el área de la psicología, identificando las partes principales del cuerpo humano que impactan en la expresión de una emoción de forma corporal.

2.3 Reconstrucción de entornos virtuales

La reconstrucción del ambiente virtual se realiza siguiendo la metodología propuesta por Cabral y Furukawa [4], a través de la integración de métodos con funciones específicas de reconstrucción. Con ello, se genera el modelo geométrico de un ambiente a partir de una escena real para su uso en entornos de realidad virtual inmersiva.

Los métodos de SfM y MVS son utilizados para obtener una nube de puntos 3D densa, así como las coordenadas de las cámaras. Los puntos 3D y las posiciones de las cámaras se proyectan a un plano que se discretiza en celdas. De cada celda se calcula la evidencia de pared de acuerdo al número de puntos 3D dentro de ella. Posteriormente se proyectan líneas de los puntos 3D a los puntos de las cámaras donde son visibles, y el número de líneas que cruzan una celda se toma como la evidencia de espacio libre de la celda. A partir de estas celdas con evidencias calculadas se genera un grafo. El grafo deberá seguir reglas establecidas, tales como: no pasar por celdas con una evidencia de espacio libre mayor a un valor determinado, y los ejes tendrán un peso base más un peso que penaliza una evidencia de pared menor a un valor determinado. Una vez hecho el grafo ponderado, se reconstruye el plano usando el camino más corto alrededor de las celdas con una evidencia de espacio libre mayor a un valor determinado.

3. RESULTADOS

Caso de estudio. Para validar la arquitectura propuesta se toma como ambiente virtual la reconstrucción de la zona arqueológica de Teotihuacán, ésta permitirá a los usuarios interactuar con el ambiente creado, así como la retroalimentación por parte de los agentes embebidos en el mismo. El ambiente es navegable y el usuario deberá tener la sensación de estar en el lugar simulado. La Figura 3 muestra resultados preliminares sobre la arquitectura propuesta, mismos que tendrán que ser validados y formalizados en trabajos futuros, así como la usabilidad de los mismos en situaciones reales.

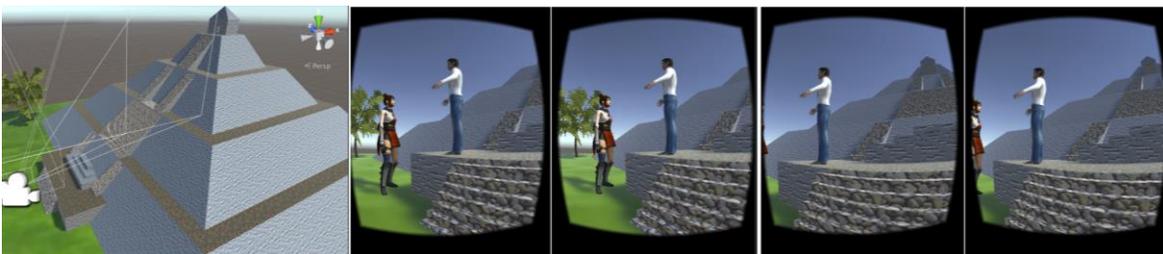


Figura 3: Resultados preliminares: se muestra el modelo obtenido tras la reconstrucción y el renderizado estereoscópico mostrado al usuario.

Los agentes contarán con diferentes perfiles para cubrir sus objetivos específicos dentro del ambiente, en donde algunos de ellos auxiliarán al usuario como guías explicando la historia de la zona arqueológica, para ello ocuparán posturas corporales que enfatizen el contenido emocional de sus mensajes y atraigan la atención del usuario. Las posturas corporales que tomará el agente serán seleccionadas con base en el contexto de la explicación en curso, y en caso de existir más de una postura posible, se seleccionará una aleatoriamente entre el conjunto de éstas. Es recomendable que los agentes embebidos dentro del ambiente sean propios de la época provocando con ello un realismo hacia el usuario.

Las fotografías adquiridas de la zona arqueológica serán procesadas conforme a las etapas expuestas en la arquitectura, y

permitirán definir el modelo de la geometría de la zona arqueológica que representa el ambiente virtual creado. El usuario será introducido al entorno virtual por medio de los lentes virtuales que presentarán una visión estéreo dándole al usuario la sensación de una realidad virtual inmersiva. La interacción dentro del ambiente por el momento será basada mediante lenguaje corporal, directamente embebido en los agentes que pueblan este medio ambiente.

4. CONCLUSIÓN

El uso de los sistemas virtuales es una realidad en nuestros días y adaptarlo a las diferentes actividades del ser humano requiere de estudio de interacción y usabilidad. El caso de estudio que se presentó en este artículo se extenderá a un sistema de enseñanza, en donde los estudiantes podrán adquirir y generar nuevo conocimiento. Los procesos de atención dentro de las aulas de estudio según estudios de neurociencias son lapsos cortos, por lo que el uso de lenguaje corporal permite extender esos procesos de atención hasta el logro del aprendizaje recibido.

Es necesario reducir los tiempos de construcción del ambiente para que los diferentes dispositivos electrónicos puedan procesarlo de forma óptima. Basado en neurociencias, el lenguaje corporal está directamente relacionado con procesos motrices de atención y la amígdala, los cuales deberán ser estudiados para ser implementados en la arquitectura propuesta. Los resultados preliminares son prometedores en el sentido que el lenguaje corporal embebido en los agentes brindará mayor interacción con el usuario guiándolo en las tareas a realizar.

5. REFERENCIAS

- [1] BALDASSARRI, S.; CERESO, E. & SERON, F. J., "Maxine: A platform for embodied animated agents", *Computers & Graphics*, vol. 32, pp. 430-437, 2008.
- [2] BERTHOUBE, N.; FUSHIMI, T.; HASEGAWA, M.; KLEINSMITH, A. & TAKENAKA, H., "Learning to Recognize Affective Body Postures", In: *International Symposium on Computational Intelligence for Measurement Systems and Application*, pp. 193-198, 2003.
- [3] BROWN, A., IGEEKPHONE, <http://www.igeekphone.com/htc-vive-vs-oculus-rift-vs-playstation-vr-vs-gear-vr-vs-google-cardboard/>. Accedido en septiembre de 2016.
- [4] CABRAL, R., & FURUKAWA, Y. "Piecewise planar and compact floorplan reconstruction from images". In: *2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 628-635, 2014.
- [5] COLON, M. M., *Etiqueta para profesionales*, Colombia, Editorial Norma, 2001.
- [6] EKMAN, P. & FRIESEN W., *Unmasking the Face: A Guide to Recognizing Emotions From Facial Expressions*, Prentice Hall, 1975
- [7] GOMES, L., BELLON, O. R. P., & SILVA, L. "3D reconstruction methods for digital preservation of cultural heritage: A survey". *Pattern Recognition Letters*, vol. 50, pp. 3-14, 2014.
- [8] GUEDES, A.; BALDASSARRI, S. & CERESO, E., "Animación de actores virtuales: Expresión de emociones mediante Lenguaje Corporal", *CEIG 08 - Congreso Español de Informatica Grafica, The Eurographics Association*, 2008.
- [9] HEIM, M., *Virtual Realism*. 1 ed., Nueva York, Oxford University Press, 1998.
- [10] KOLB BRYAN & WHISHAW IAN Q., "Organización del sistema motor", *Neuropsicología humana*, 5a ed., Capítulo 9, Argentina, Editorial medica panamericana, 2006
- [11] MADRIGAL, D.; TORRES, G.; VALLE, J. L. D. & RAMOS, F., "A Bio-Inspired Architecture of a Motor Neuron System for Virtual Creatures: Movement of a Single Limb with a Single Muscle", *Procedia Computer Science*, vol. 22, pp. 440-449, 2013.
- [12] STEINICKE, F.; ROPINSKI, T. & HINRICHS, K. H., "A Generic Virtual Reality Software Systems Architecture and Application", In: *Proceedings of the 15th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT05)*, pp. 220-227, 2005.
- [13] SU., W.; PHAM., B. & WARGHANI., A., "Personality and emotion-based high-level control of affective story characters", *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 13, pp. 281-293, 2007.
- [14] TANRIVERDI, V. & JACOB, R. J. "VRID: a design model and methodology for developing virtual reality interfaces". In: *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, pp. 175-182, 2001.
- [15] WU, C. "Towards linear-time incremental structure from motion". In: *2013 IEEE International Conference on 3D Vision-3DV*, pp. 127-134, 2013.

1.5 Generación de una familia de esqueletos, basados en morfología matemática y transformada rápida de distancia

Salvador Juárez López¹, Roberto Valdes Garcia¹, Brenda Jaimez Rico¹, Ana Ramirez Roja¹ y Alejandra Favila Figueroa¹

¹Centro Universitario UAEM Ecatepec, Universidad Autónoma del Estado de México, José Revueltas 17 Col. Tierra Blanca, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.
e-mail: sjuarezl@uaemex.mx

RESUMEN

Se propone la generación de una familia de esqueletos mediante dos métodos, el primero es a través de morfología matemática utilizando sus operadores, y el segundo es utilizando la transformada rápida de distancia. Un esqueleto intenta representar la forma de un objeto con un número relativamente pequeño de píxeles, donde todos los píxeles del esqueleto son estructuralmente necesarios. Esta familia de segmentos (subesqueletos), son representaciones biunívocas del conjunto original y, por lo tanto, cada uno de ellos permite la reconstrucción exacta del conjunto mediante una representación más compacta que contiene toda la información acerca de los granos o poros que en diversas resoluciones, conforman el conjunto original. Esta correspondencia está fundamentada a partir de la relación que existe dentro del procesamiento digital de imágenes binarias, entre la morfología matemática y una transformada de imagen conocida como transformada de distancia, la cual a partir de ciertas restricciones respecto al esqueleto morfológico se obtendrá una familia de esqueletos. Este tipo de representaciones son excelentes herramientas en aplicaciones como: reconocimiento de patrones y compresión de datos sin pérdida. En este artículo se consideran en particular imágenes digitales binarias, es decir funciones definidas sobre el plano discreto.

Palabras clave: Transformada de distancia, Morfología, Matemática.

ABSTRACT

In this article the generation of a family of skeletons by two methods proposed, the first is through mathematical morphology using their operators, and the second is using rapid distance transform. A skeleton tries to represent the shape of an object with a relatively small number of pixels, where all pixels of the skeleton are structurally necessary. This family of segments (sub skeletons) is biunivocal representations of the original set and, therefore, each of them allows the exact reconstruction of the whole by a more compact representation containing all the information about the grains or pores in various resolutions, make up the original set. This correspondence is based from the relationship that exists within the digital processing of binary images, including mathematical morphology and a transformed image called distance transform, which from certain restrictions on the morphological skeleton a family of be obtained skeletons. Such representations are excellent tools in applications such as pattern recognition and data compression without loss. In this article they are considered particularly binary digital images, is functions defined on the discrete plane.

Keywords: Distance transforms, Mathematical Morphology.

1. INTRODUCCIÓN

La morfología matemática surgió a partir de la teoría de conjuntos, esta área fue motivada por problemas relacionados con la microscopía cuantitativa. La base matemática proviene de las operaciones de conjuntos de H. Minkowski [2] [7] [8] [9] [11] [12]. Las propiedades de estas operaciones fueron introducidas primero por G. Matheron quien inició la morfología matemática a mediados de los sesenta con sus trabajos de investigación en análisis de imágenes en el ámbito de los medios porosos [8] y posteriormente publicó en 1975 resultados teóricos importantes. En 1982 J. Serra dio un impulso a la morfología matemática con el problema de la cuantificación de la petrografía de los "iron cores"[11] y mostró avances en 1988 [12]. A partir de aquí se han sumado investigadores de todo el mundo.

La morfología matemática es un marco de trabajo basado exclusivamente en la teoría de conjuntos y se ha utilizado con gran éxito en el procesamiento digital de imágenes binarias. Una representación importante para la segmentación de una imagen binaria dentro de la morfología es el esqueleto morfológico [2] [12]. El esqueleto se obtiene a través de operaciones morfológicas que más adelante se mencionan.

Juárez-López Salvador, Valdés-García Roberto, Jaimez-Rico1 Brenda, Ramírez-Roja Ana, Favila-Figueroa Alejandra.

Fecha de envió: 16 septiembre 2016; Fecha de aceptación: 14 octubre 2016; Fecha de publicación: 24 octubre 2016

Hay que recordar que cuando se habla de esqueleto de una región u objeto de interés, se refiere a la representación más pequeña que represente a un objeto [2][9][11][12][13], donde a partir de las operaciones morfológicas se ha obtenido lo que se conoce como esqueleto morfológico, y lo único que varía es el tipo de elemento de estructura [4][5][6][10][14][15].

Por otra parte existe una transformación denominada transformada rápida de distancia [1], donde dicha transformación de una imagen binaria nos lleva a otra imagen, la cual estará representada por medio de valores los cuales nos indican la distancia de ese píxel al píxel más cercano al fondo de la imagen, y a través de ésta transformación con condiciones especiales se demostrará que puede obtenerse la misma familia de esqueletos obtenidos con morfología matemática.

Este artículo se organiza de la siguiente manera en el capítulo II se presentan los preliminares matemáticos de la transformada de distancia y la morfología matemática, en el capítulo III, el desarrollo del trabajo con el método propuesto para obtener el esqueleto morfológico a través de la transformada rápida de distancia y las operaciones morfológicas, en el capítulo IV se presenta los resultados experimentales obtenidos, en el capítulo V las conclusiones y en el capítulo VI las referencias bibliográficas.

2. PRELIMINARES MATEMÁTICOS DESARROLLO Y METODOLOGÍA

2.1 Transformada al eje medio

Hace 40 años Blum desarrolló dentro del plano euclidiano \mathbb{R}^2 una importante herramienta que es conocida como transformada al eje medio de una región [3]. La definición de Blum de la transformada al eje medio fue desarrollada para el plano Euclidiano \mathbb{R}^2 , considerando discos generados por la métrica Euclidiana.

Definición 1. Sea X un conjunto. Una métrica en X (conocida como distancia) es una función:

$$d(x, y) = 0 \leftrightarrow x = y \text{ con } x, y \in X \quad (1)$$

$$d(x, y) = d(y, x), \forall x, y \in X \quad (2)$$

$$d(x, y) \leq d(y, z) + d(z, x), \forall x, y, z \in X \quad (3)$$

Entonces la dupla (X, d) es llamado espacio métrico. Sea d una métrica, si $\mathbf{X} = \mathbf{Z}$ y $\mathbf{d}: \mathbf{X} \times \mathbf{X} \rightarrow \mathbf{Z}^+$ entonces d es llamado métrica discreta. A continuación se definen otras métricas para el plano discreto \mathbb{Z}^2 :

Definición 2 ([1]). Sean $p = (x, y), q = (u, v)$ puntos sobre \mathbb{Z}^2

$$d_4(p, q) = |x - u| + |y - v| \quad (4)$$

$$d_3(p, q) = \max\{|x - u|, |y - v|\} \quad (5)$$

$$d_{6R}(p, q) = \max\{|x - u|, |y - v|, |x - u + y - v|\} \quad (6)$$

$$d_{6R}(p, q) = \max\{|x - u|, |y - v|, |x - u - y + v|\} \quad (7)$$

Estas métricas son conocidas y aplicadas en el procesamiento digital de imágenes.

A continuación se define la transformada de distancia.

Transformada de distancia (TD).

Definición 3 ([1]). El mapeo TD :

$$\mathbf{TD}: \mathbf{F} \rightarrow \Delta = \{\mathbf{x}, \delta(\mathbf{x})\}; \mathbf{x} \in \mathbf{X} \quad (8)$$

$$\mathbf{F} = \{\mathbf{x}, \mathbf{f}(\mathbf{x})\}; \mathbf{f}: \mathbf{X} \rightarrow \{\mathbf{0}, \mathbf{1}\} \quad (9)$$

$$\mathbf{f}(\mathbf{x}) = \mathbf{1} \leftrightarrow \mathbf{x} \in \mathbf{R} \subset \mathbf{X} \text{ y } \mathbf{f}(\mathbf{x}) = \mathbf{0} \leftrightarrow \mathbf{x} \notin \mathbf{R} \quad (10)$$

$$\delta: \mathbf{X} \subseteq \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^+ \quad (11)$$

$$\delta(\mathbf{x}) = \min\{d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \mid \mathbf{y} \notin \mathbf{R}\} \quad (12)$$

Con $d \in \{d_4, d_3, d_{6R}, d_{6L}\}$ es una imagen binaria, Δ recibe el nombre de transformada de distancia, la función δ se llama transformación de distancia y R es la región de interés.

2.3 Morfología matemática.

La morfología matemática es una importante herramienta para segmentar imágenes digitales y obtener partes de una región de interés como pueden ser; bordes, contornos, puntos internos, externos y esqueletos entre otras, es por eso que la morfología matemática es utilizada con gran éxito en el procesamiento de imágenes. A continuación se muestran los operadores morfológicos:

Definición 4([3]). Sean dos conjuntos $A \subseteq X, B \subseteq X$, la dilatación de A por B , denotada por $A \oplus B$, es la suma de Minkowski, es decir, es el conjunto que resulta de sumar cada elemento de A con cada elemento de B .

$$A \oplus B = \{x = (a + b) \in X \mid a \in A \wedge b \in B\} \quad (13)$$

Se tiene que $X \subseteq Z^2$

Definición 5 ([3]) Sean dos conjuntos $A \subseteq X, B \subseteq X$, la erosión de A por B , denotada por $A \ominus B$, está definida a través de la resta de Minkowski, es decir:

$$A \ominus B = \{x \in X \mid x + b \in A, \forall b \in B\} \quad (14)$$

2.4 Esqueleto Morfológico.

Definición 5([3]). Suponga que se tiene una familia infinita de elementos de estructura de la siguiente forma:

$$H = \{B_0, B_1, B_2, B_3, \dots\} \quad (15)$$

Con B_0 conteniendo únicamente al origen del espacio de trabajo X esto es $B_0 = \emptyset, B_1 \subseteq X$, un elemento de estructura que cumple con $B_0 \neq B_1, B_0 \subseteq B_1$ y $B_i = B_{i-1} \oplus B_1$, para $i = 1, 2, 3, \dots$

Tal construcción de H asegura que:

1. El origen se encuentre en todo miembro de la familia H .
2. $|B_i| > |B_{i-1}|$, para toda $i = 1, 2$, con B_0 conteniendo únicamente el origen del espacio de trabajo X , i. e $B_0 = \emptyset, B_1 \subseteq X$

Una vez construida H podemos dar una clasificación de las traslaciones de sus miembros en función de un conjunto A dado como sigue:

Definición 6([3]). Sea H definida anteriormente y sea $A \subseteq X$, la traslación de un miembro de H por $p \in X, (B_i)_p$, se dice maximal en A con centro en p si y solo si

$$1. (B_i)_p \subseteq A \quad (16)$$

$$2. \nexists q, j \text{ tales que } (B_i)_p \subseteq A \text{ Y } (B_i)_p \subseteq (B_j)_q \quad (17)$$

Definición 7([3]). Sean A, B subconjuntos de X y sea la familia de elementos de estructura $H = \{B_0, B_1, \dots, B_n\}$, el esqueleto morfológico de A dado B , queda expresado por:

$$S(A) = \bigcup_{k=0}^K S_k(A) \quad (18)$$

$$\text{con } S_k(A) = (A \ominus B_k) - (A \ominus B_k) \circ B_1. \text{ Donde } k \text{ es un número natural tal que } K = \min\{k | A \ominus B_k \neq \emptyset\}. \quad (19)$$

3. DESARROLLO

En este capítulo se muestra la similitud para obtener un esqueleto en el plano discreto \mathbb{Z}^2 utilizando morfología matemática y transformada de distancia.

Definición 8. Denótese por D_i un disco de radio i con centro en el origen \mathcal{O} , es decir

$$D_i = \{x | d(x, \mathcal{O}) \leq i\}, \text{ donde } d \in \{d_4, d_8, d_{6R}, d_{6L}\} \quad (20)$$

$$D_i = \{x | d(x, \mathcal{O}) \leq i\} \quad (21)$$

$$\text{donde } d \in \{d_4, d_8, d_{6R}, d_{6L}\} \quad (22)$$

Teorema 1. Sea H' una familia de elementos de estructura de la siguiente forma:

$$H' = \{D_0, D_1, \dots, D_n\} \quad (23)$$

Se cumple lo siguiente:

$$1. D_0 = \{\mathcal{O}\} \quad (24)$$

$$2. \mathcal{O} \in D_i, \forall i \quad (25)$$

$$3. |D_i| > |D_{i-1}|, \wedge D_{i-1} \subset D_i, \forall i \quad (26)$$

$$4. D_i = D_{i-1} \oplus D_i, \forall i \quad (27)$$

Demostración:

1.- Por consecuencia evidente de la definición D_i ,

$$D_0 = \{x | d(x, \mathcal{O}) \leq 0\} = \{\mathcal{O}\} \quad (28)$$

2.- De la definición de D_i , es evidente que $\mathcal{O} \in D_i$, puesto que $d(\mathcal{O}, \mathcal{O}) = 0 \leq i, \forall i$ por lo tanto $\mathcal{O} \in D_i$. (29)

3.- Se tiene que $D_{i-1} \subset D_i$. Debido de que se trata de discos cerrados, cada disco contiene a su frontera. En particular, la frontera de D_i es subconjunto de D_i el cual no intersecta a D_{i-1} , por lo tanto $D_{i-1} \neq D_i$ lo que implica que $|D_i| > |D_{i-1}|; D_{i-1} \subset D_i, \forall i$ (30)

4.- Demostrar que $D_i = D_{i-1} \oplus D_i, \forall i = 1, 2, 3, \dots$

Se tiene:

$$D_{i-1} \oplus D_i = \{a + b | a \in D_{i-1}, b \in D_i\} \quad (31)$$

$$D_{i-1} \oplus D_i = \{a + b | d(a, \mathcal{O}) \leq i - 1, d(b, \mathcal{O}) \leq 1\} \quad (32)$$

$$\text{Si } a \in D_{i-1}, b \in D_i \leftrightarrow d(a, \mathcal{O}) \leq i - 1, d(b, \mathcal{O}) \leq 1 \quad (33)$$

$$\text{Sea } a \in D_{i-1}, b \in D_1 \quad (34)$$

$$\rightarrow d(a + b, \emptyset) \leq d(a, \emptyset) + d(b, \emptyset) \quad (35)$$

$$\rightarrow d(a + b, \emptyset) \leq (d(a, \emptyset)) + (d(b, \emptyset)) \quad (36)$$

$$\rightarrow d(a + b, \emptyset) \leq (i - 1) + (1) \quad (37)$$

$$\rightarrow d(a + b, \emptyset) \leq i \quad (38)$$

Suponga que $\forall a \exists b, i$ tal que

$$d(a + b, \emptyset) \leq i, \text{ con } d(a + b, a) = 1 \quad (39)$$

$$d(a + b, a) = 1 \rightarrow a + b \in (D_1)_a \quad (40)$$

$$\rightarrow a + b - a \in (D_1)_0 \quad (41)$$

$$\rightarrow b \in (D_1)_0 = D_1 \quad (42)$$

Por lo tanto

$$D_{i-1} \oplus D_1 = \{a + b | d(a + b, \emptyset) \leq i\} = D_i \quad (43)$$

Esto ayuda a definir a un disco maximal como sigue:

Teorema 2. Sea $A \subseteq X; x, y \in X$ y sea la familia $H' = \{D_i\}_{i \geq 0}$ definida arriba, el esqueleto morfológico de A , queda expresado por:

$$S(A) = \{(x, \delta(x)) | \delta(x) \geq \delta(y), \forall y \in (N)_x\} \quad (44)$$

Demostración: Sabemos del teorema 1 se tiene que si $(D_i)_x$ es maximal entonces $x \in Si(A)$ además cuando se tiene $(D_i)_x$ se está hablando de la dupla $(x, \delta(x))$ por lo que $Si(A) = \{(x, \delta(x)) | \delta(x) \geq \delta(y), \forall y \in (N)_x\}, i = \delta(x) - 1$. (45)

Luego entonces de la definición 7 se conoce que

$$S(A) = \bigcup_{k=0}^K S_k(A) \quad (46)$$

y si $(D_i)_x$ es maximal en x entonces $x \in S_k(A)$ Por lo que se tiene

$$S(A) = \{(x, \delta(x)) | \delta(x) \geq \delta(y), \forall y \in (N)_x\} \quad (47)$$

Teorema 3. Sea $S(A)$ el esqueleto morfológico de algún conjunto $A \subseteq X$, se cumple que:

$$A = \bigcup_{s \in S(A)} (D_{\delta(s)-1})_s \quad (48)$$

$$\text{donde } (D_i)_s \in H', \forall i. \quad (49)$$

Demostración: Si $a \in A$ es centro de un disco maximal implica que existe $(D_i)_a \in H'$ tal que $a \in S_i(A)$, de la definición de disco maximal y del hecho que el esqueleto morfológico de un conjunto A es la unión de todos los centros de los discos maximales, los cuales pertenecen a un esqueleto $S_i(A)$, entonces A es la unión de todos estos discos maximales, en consecuencia

$$A = \bigcup_{s \in S(A)} (D_i)_s \text{ con } i = \delta(s) - 1 \quad (50)$$

A partir del teorema 1 se puede definir un esqueleto, que tenga como base el esqueleto morfológico dado a continuación.

Definición 9. Sea $A \subseteq X$ y sea la familia $H' = \{D_i\}_{\forall i \geq 1}$ definida anteriormente, un Semiesqueleto morfológico generalizado de A se define como:

$$S_{MG}(A) = S_M(A) \cup S(A) \quad (51)$$

$$\text{donde } S(A) = \{(x, \delta(x)) \mid \delta(x) \geq \delta(y), \forall y \in (N)_x\} \quad (52)$$

$S_M(A) = \{(x, \delta(x)) \mid |N_k^*(x)| \leq G\}$ donde $|N_k^*(x)| = \{y \mid y \in D_l - D_{l-1}, \wedge \delta(y) > \delta(x), G \in \mathbb{Z}^+\}$. De aquí se tiene que $D_i = D_l - D_{l-1}, \forall k = 2, 3, \dots$, y $D_i = D_l$ estan basadas en la métricas conocidas $\{d_4, d_8, d_{6R}, d_{6L}\}$ (53)

Se debe tener en cuenta que la reconstrucción se garantiza, partiendo del esqueleto morfológico.

Este algoritmo funciona utilizando los discos D_i , definidos arriba para cada una de las métricas. Para ello se tienen que seguir los siguientes dos pasos:

1. Obtener la transformada rápida de distancia de la imagen binaria para cada una de las métricas $\{d_4, d_8, d_{6R}, d_{6L}\}$ definidas en los discos D_i (54)
2. Localizar los píxeles que cumplan con la condición $|N_k^*(x)| \leq G$, para $G \in \mathbb{Z}^+$ (55)

Como se puede observar, existen dos tópicos que aparentemente eran independientes: transformada rápida de distancia y morfología matemática, pero estos resultaron fuertemente relacionados en la obtención de una familia de esqueletos.

4. RESULTADOS

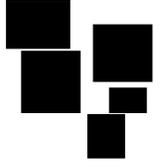
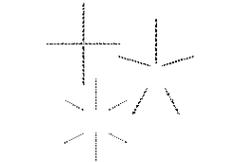
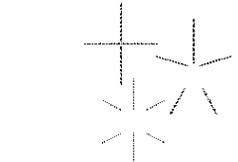
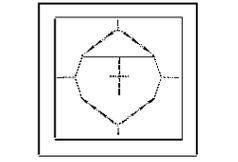
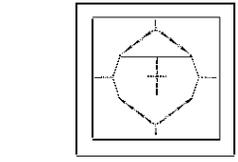
En este capítulo se proporcionan los resultados obtenidos, para la obtención de dichos resultados se utilizó la plataforma de Matlab 2015a en una computadora personal con procesador Intel core i7 de séptima generación y 8 G en RAM. Las imágenes que se procesaron eran binarias con un tamaño de 250 x 250 píxeles.

Las imágenes presentadas son 2, se presentará el esqueleto morfológico de cada una de las imágenes para lograr observar el comportamiento de los esqueletos en las imágenes, con base en el algoritmo para localizar el los semiesqueletos que generan a una familia de esqueletos utilizando los discos D_i que pertenecen a la vecindad $N^*k(x)$, donde los discos D_i están basados en las métricas discretas $\{d_4, d_8, d_{6R}, d_{6L}\}$.

En la Tabla 1 están los resultados obtenidos con la vecindad 8 - v, donde la primera columna contiene a las imágenes originales, la segunda columna tiene los esqueletos con la transformada rápida de distancia y la tercera columna guarda los esqueletos obtenidos con la transformada rápida de distancia.

Como se observa los esqueletos resultantes con ambos métodos son similares, se ha comprobado que se puede llegar al mismo resultado usando dichos métodos que son muy diferentes, que el resultado sea exactamente el mismo dependerá directamente de la forma de la imagen.

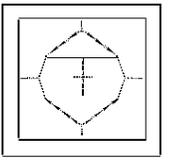
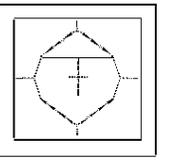
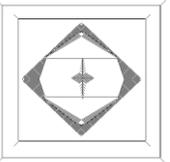
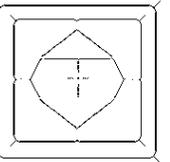
Tabla 1: Resultados con vecindad 8

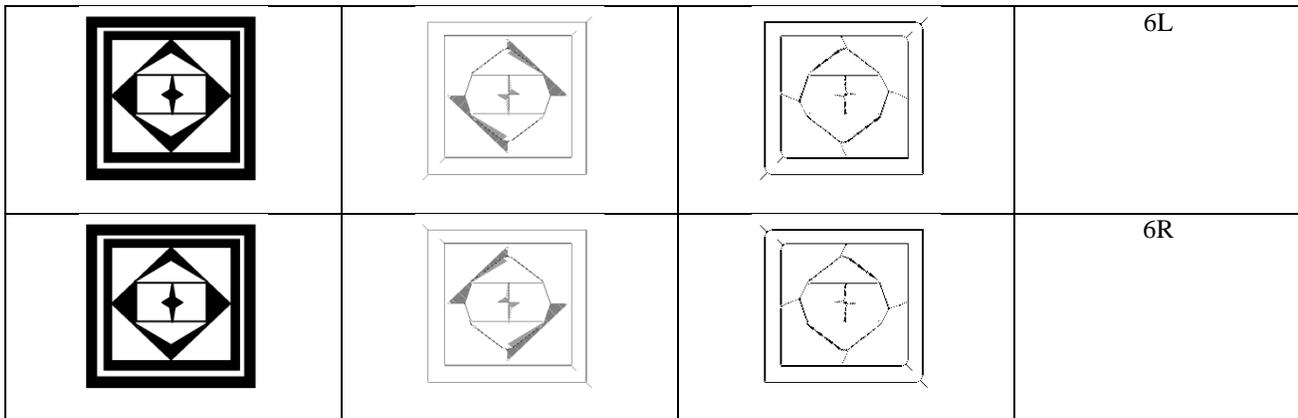
Imagen Original	Esqueleto con TDR	Esqueleto con Morfología
		
		
		

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos con cada una de las vecindades, donde la primera columna contiene a las imágenes originales, la segunda columna tiene los esqueletos con la transformada rápida de distancia y la tercera columna guarda los esqueletos obtenidos con la transformada rápida de distancia.

Se observa que los esqueletos resultantes utilizando la vecindad 8 obtienen los mejores resultados.

Tabla 2: Resultados con todas las vecindades

Imagen Original	Esqueleto con TDR	Esqueleto con Morfología	Métrica
			8
			4



5. CONCLUSIONES

Se ha obtenido un conjunto de esqueletos que son similares mediante ambos métodos: transformada de distancia y morfología matemática, donde ambos tópicos que aparentemente no tenían relación, resultaron fuertemente ligados entre sí, pero únicamente utilizando la vecindad 8.

Los resultados obtenidos tienen las siguientes características:

Los esqueletos obtenidos con vecindad 8 contienen al esqueleto morfológico y esto hace posible su reconstrucción.

Los esqueletos obtenidos con vecindad 8 conforman una familia finita de esqueletos, que inician con el esqueleto morfológico y paulatinamente van creciendo, hasta llegar a la imagen original.

6. REFERENCIAS

- [1] Borgerfors G., *Distance transformation in digital images*, Graphical Models and Image Processing Elsevier , 1988.
- [2] Díaz de León J.L y Yañez C., *Introducción a la morfología matemática de conjuntos*, IPN-Fondo de Cultura, 2003
- [3] Gonzalez R and Woods R., *Digital Image Processing*, Addison-Wesley/Díaz de Santos, 1992.
- [4] Jianning Xu, A Generalized Discrete Morphological Skeleton Transform With Multiple Structuring Elements for the Extraction of Structural Shape Components, IEEE Transactions on Image Processing, 2003.
- [5] Kresch R. and Malah D., *Skeleton-Based Morphological Coding Of Binary Images*, IEEE Transactions on Image Processing, 1988.
- [6] Luantuéjoul C., La squeletization et son application aux mesures topologiques des mosaïques polycristallines, PhD, dissertation, school of Mines Paris, 1978.
- [7] Matheron G., *Random Sets and Integral Geometry*, Wiley, New York, 1975.
- [8] Minkowski H. *Volumen and Oberfläche*, Math Ann, 1979.
- [9] Maragos P., *Tutorial on Advances in Morphological Image Processing and Analysis*, The international society for optics and photonics ,1986.
- [10] Rutovitz D., *Pattern recognition*, Series A Royal Statists, 1966.
- [11] Serra, Jean Paul, *Image analysis and mathematical morphology*, London Academic Press,1984.
- [12] Serra, Jean Paul, *Mathematical morphology and it applications to image processing*, London Academic Press, 1994.
- [13] Serra J. P., *Theoretical advances Image processing -mathematics*, London Academic Press,1988.
- [14] Toriwaki J.I, and Yokoi S., *Distance Transformations and Skeletons of Digitized Pictures with Applications*, Progress in Pattern Recognition, 1981.
- [15] Yokoi S., *Topological Properties Features at Digitized Binary Pictures using Local Features*, Cognitive Interventions Program, 1975.

1.6 Arquitectura de un Sistema Basado en Conocimiento para el Ecosistema de Emprendimiento

Diana Nayeli González Vieyra^{1,2}, Maricela Quintana López¹, Víctor Manuel Landassuri Moreno¹ y José Rafael Molina López²

¹Centro Universitario UAEM Valle de México, Maestría en Ciencias de la Computación, Boulevard Universitario s/n Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, Estado de México, México. CP 54500.

²Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, Dirección Av. Instituto Tecnológico s/n, La Comunidad, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México. CP 54070.

e-mail: diana_vieyra14@yahoo.com, mquintanal@uaemex.mx

RESUMEN

El ecosistema del emprendimiento es una parte fundamental en el desarrollo de las organizaciones como en la economía de los países, y es uno de los grandes retos que enfrenta México para incrementar la competitividad y la productividad en las empresas, dentro de él se encuentran tres actores principales: el investigador, el emprendedor y el innovador. Desafortunadamente, las personas que pretenden pertenecer a este ecosistema no tienen clara la diferencia en características y actividades de cada uno de estos actores, también desconocen los recursos de las diferentes instituciones a las que pueden recurrir. Por otro lado, existe pérdida significativa de recursos cuando se invierten en algo que al final resulta que ya ha sido desarrollado, investigado o patentado. En este trabajo se propone un sistema basado en conocimiento, el cual puede actuar como un experto sobre demanda en este dominio. Este sistema basado en conocimiento busca ser una herramienta de apoyo en el ecosistema de emprendimiento para clasificar al usuario en el rol más apropiado de acuerdo a sus características, además de ser un recurso de asesoría para el usuario una vez que sea definido su rol. También, se presenta la arquitectura del sistema basado en conocimiento y se describen cada uno de sus módulos, así como la interacción que debe existir entre ellos para poder cumplir con su objetivo.

Palabras clave: Sistemas Basados en Conocimiento, emprendimiento.

ABSTRACT

The entrepreneurship ecosystem is a fundamental part in the development of organizations and countries economy; it represents one of the great challenges facing Mexico to increase competitiveness and productivity in companies. The three key actors of this ecosystem are: the researcher, entrepreneurial and innovative. Unfortunately, people who pretend belong to the ecosystem don't have a clear difference between characteristics and activities of these actors, also unaware of the resources that several institutions have in order to support them. On the other hand, there is a significant loss of resources when investing in something that has already been developed, researched and patented. This paper presents a knowledge-based system, which can act as an expert on demand in this domain. This knowledge based system aims to be a support tool in the entrepreneurship ecosystem to classify the user in the most appropriate role according to his characteristics and also as an advisor, once defined the appropriate role. The architecture of the knowledge base system, and each of its modules are described as well as the interaction that must exist between them in order to meet its target system is presented.

Keywords: Knowledge-Based Systems, entrepreneurship.

1. INTRODUCCIÓN

El ecosistema del emprendimiento es una parte fundamental en el desarrollo de las organizaciones y uno de los grandes retos que enfrenta México para incrementar la competitividad y la productividad en las empresas; es necesaria la formación de capital humano calificado, que responda a las necesidades económicas y sociales actuales del país [1].

Dentro del ecosistema de emprendimiento, existen tres actores principales: el investigador, el innovador y el emprendedor.

Diana Nayeli González Vieyra, Maricela Quintana López, Víctor Manuel Landassuri Moreno, José Rafael Molina López.

Fecha de envío: 16 septiembre 2016; Fecha de aceptación: 14 octubre 2016; Fecha de publicación: 24 octubre 2016

Se requieren investigadores que generen conocimiento que pueda ser utilizado por el innovador e incorporado en un nuevo producto o servicio, y posteriormente, el emprendedor pueda venderlo.

A pesar de que en México se cuenta con diferentes organismos públicos y privados que apoyan este ecosistema, entre estos, el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACyT), la Secretaría de Economía por medio del Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM), Programa de Estímulos a la Innovación (PROINNOVA) y Ángeles Inversionistas, el éxito de los productos o servicios no ha sido contundente, por mencionar algunas problemáticas: los actores confunden las actividades y procesos que realiza cada uno de los actores, y provoca que al momento de aplicar a las convocatorias sus productos o servicios no sean beneficiados por encontrarse en un canal inapropiado. También existe pérdida de recursos cuando se invierte en algo que al final resulta que ya fue patentado.

Lo anterior, nos presenta un escenario en el que las personas confunden el rol que deben desempeñar en el ecosistema, y no tienen la guía suficiente para aplicar de forma apropiada a los recursos, es por ello que la propuesta de investigación, consiste en desarrollar un sistema basado en conocimiento para este ecosistema de emprendimiento que permita clasificar al actor y asesorarlo a través de los procesos que deberá realizar. En el presente trabajo, se muestra la arquitectura del sistema propuesto y se detallan los componentes e interacciones entre los mismos para cumplir con su objetivo.

En la sección 2, se presentan las características, actividades y apoyos a los que puede acceder cada uno de los actores del ecosistema de emprendimiento, posteriormente se presentará la idea general de un sistema basado en conocimiento. Por otro lado, se presenta la arquitectura del sistema basado en conocimiento para el ecosistema de emprendimiento. Finalmente, se presentan las conclusiones y trabajo futuro.

2. DESARROLLO

Ecosistema de emprendimiento. El ecosistema de emprendimiento contribuye al crecimiento económico del país a través de la participación de sus tres actores: el investigador, el innovador y el emprendedor. En este apartado, se presentan las características, actividades e instituciones públicas y privadas que los apoyan.

2.1 El investigador

Este actor realiza proyectos orientados a la búsqueda de conocimiento y al esclarecimiento de hechos y relaciones, y lo desarrolla con el fin de probar ciertas hipótesis que lo conduzcan a un resultado que pueda ser considerado como solución a algún proceso en particular [2].

Por medio del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), se motiva a este actor, ya que dependiendo del nivel que alcance por sus investigaciones se accede a un estímulo económico que tiene como finalidad incentivar la producción y fortalecer la investigación científica y tecnológica del país [3].

Hoy en día, la ley de ciencia y tecnología, contempla más apoyos para la ciencia aplicada, es decir que los investigadores tendrán que probar que lo que están desarrollando tendrá una aplicación práctica de tal manera que pueda comercializarse o transferirse para poder recibir fondos del gobierno, los cuales pueden llegar hasta el 70% para el investigador si el desarrollo se llevó a cabo con recursos públicos. También existen Centros de Patentamiento los cuáles se encargan de formular las figuras jurídicas con las que se va a proteger la propiedad intelectual de las ideas a desarrollar (Patentes, Modelos de Utilidad, Diseños Industriales, Marcas etc.) [4].

Según el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI), las universidades en México son las que más solicitudes de patentes generan. En la tabla 1, podemos observar que del 2008 al 2015 se realizaron 468 solicitudes de registro. Sin embargo, también podemos notar que solo 134 de ellas cumplieron los requisitos necesarios para que se les otorgara la patente; de acuerdo con el IMPI, una de las causas por lo que las solicitudes de patente son negadas es que lo que quieren patentar es algo que ya está registrado [5], es decir, que la investigación se desarrolló sin un adecuado estudio del estado del arte [6], lo que al final representa un desperdicio de recursos.

Tabla 1: Patentes

Patentes de 2008 a 2015		
INSTITUCIÓN O UNIVERSIDAD	SOLICITUDES	OTORGADAS
IPN	150	30
UNAM	318	104

2.2 El innovador

El innovador es alguien capaz de generar una idea, tener un pensamiento que aporta, como indica el adjetivo, algo nuevo, una manera novedosa de hacer o plantear las cosas (tecnología), y que además es capaz de llevar su idea al mercado y ésta finalmente sea aceptada o sustituya alguna que ya esté comúnmente en uso. A este actor lo ayudan las Oficinas de Transferencia de Tecnología (OTT) públicas y privadas en donde se puede acceder a fondos tales como PROINNOVA o el Programa al Estímulo de la Innovación de CONACyT. Existen 76 OTTs en el País, de las cuales 22 están en universidades públicas y privadas, mientras que 30 se encuentran en empresas privadas.

Por otro lado están las aceleradoras de negocios que sirven para aquellas compañías de base tecnológica que ya existen pero que por necesidades de expansión o de desarrollo de nuevos productos necesitan capital para impulsar la nueva propuesta. La Secretaría de Economía a través del Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM), ha desarrollado diversos fondos para apoyo a los innovadores como por ejemplo: Fomento a Iniciativas de Innovación [7].

2.3 El emprendedor

Es la persona que no necesita aportar una contribución novedosa con su servicio o producto, pues le basta interactuar con el mundo de una forma relativamente exitosa para cumplir sus objetivos y con ello, en algún sentido, transformar a la sociedad. Desde hace 15 años este actor es apoyado por las incubadoras de negocios que se dedican a gestar emprendimientos básicos en donde se presta dinero al emprendedor por un módico interés y con plazos de pago muy accesibles, también existen recursos privados por parte de los bancos, aunque ellos cobran intereses más altos y con plazos más complicados.

La Secretaría de Economía a través del Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM), ha desarrollado diversos fondos a los que se puede acceder sin mayor problema que son los siguientes: Creación de empresas a través del programa de incubación en línea, Creación de Empresas Básicas a través del Programa de Incubación en Línea FRONTERA [8].

Para los emprendedores existen fondos privados llamados Ángeles Inversionistas que comparten el riesgo de la compañía por un porcentaje de la misma e Inversionistas de Capital que por un interés pagado en cierto plazo se dedican a fondar dichos emprendimientos [9].

Es importante considerar que tanto los innovadores como los investigadores requieren de una preparación académica previa con el fin de entender los artifices del ecosistema de emprendimiento sobre todo en aspectos que son claves como: el financiero y la cuantificación del mercado.

Por otro lado, los emprendedores, no necesitan un desarrollo académico tan profundo, pero si deben de tener ciertas características importantes que pueden ser innatas (que es casi lo que siempre ocurre) o pueden ser desarrolladas a lo largo del tiempo, o ser propiciadas por la misma necesidad del individuo, en resumen, se necesita tener espíritu emprendedor para serlo.

A continuación se presenta el marco teórico de lo que es un sistema basado en conocimiento.

2.4 Sistema basado en conocimiento

Un sistema basado en conocimiento es un sistema computacional que usa y genera conocimiento partiendo de los datos, la información y el conocimiento, este provee inteligencia de alto nivel ayudando a administrar el conocimiento almacenado

en la base de conocimiento. Los sistemas basados en conocimientos pueden actuar como un experto sobre demanda, se consideran una herramienta productiva que ofrece el conocimiento colectivo de uno o varios expertos a la vez [10].

Un sistema basado en conocimiento está compuesto de una base de datos, una base de conocimiento, una máquina de inferencia, así como interfaz de usuario, módulos de explicación y autoaprendizaje. A continuación se describe, de manera sucinta, cada componente.

Base de datos: Contiene los datos que se recopilan del usuario a través de la interfaz y que serán utilizados junto con la información de la base de conocimiento para realizar alguna inferencia.

Base de conocimiento: es el repositorio donde se almacena el conocimiento, el cual puede provenir de uno o varios expertos, medios impresos, internet, televisión y radio entre otras fuentes. El conocimiento en ella se puede representar, por ejemplo, utilizando marcos, reglas de producción, y redes semánticas. El ingeniero del conocimiento juega un papel relevante, pues debe extraer el conocimiento de los expertos a través de técnicas como entrevistas, cuestionarios, análisis de datos y protocolos.

Máquina de Inferencia y memoria de trabajo: la máquina de inferencia interactúa con la base de conocimiento para obtener conclusiones y tomar decisiones acerca de las acciones a realizar. La memoria de trabajo se utiliza para guardar los hechos que se van infiriendo durante el proceso.

Módulo de explicación: le informa al usuario el porqué de las decisiones tomadas, apoyándose en las reglas de producción se activaron, es decir, es la manera de justificar las acciones que realiza el sistema.

Auto aprendizaje: permite al sistema aprender automáticamente con base en el proceso de inferencia y los casos nuevos que se van almacenando.

Interfaz de usuario: es la forma que el sistema se comunica con el usuario, tanto para recibir información de él, como para presentarle los resultados.

Algunos ejemplos de sistemas basados en conocimiento son los sistemas expertos, los sistemas vinculados, sistemas basados en casos, bases de datos con una interfaz de usuario inteligente y sistemas tutores inteligentes. También se encuentran aplicaciones que los utilizan, como es el caso de los sistemas de asesoramiento y recomendación.

A continuación se presenta la arquitectura del sistema basado en conocimiento para determinar el rol a desempeñar dentro del ecosistema de emprendimiento.

3. RESULTADOS

Arquitectura Propuesta. De la problemática mostrada en el ecosistema de emprendimiento, se desprende que es necesario apoyar a la persona interesada para clarificar las actividades a desarrollar dependiendo del tipo de actor y de su producto o servicio, esto con el fin de canalizarla a las instituciones apropiadas y apoyarlas en los procesos que deben realizar al solicitar un recurso.

Por lo anterior, en este trabajo se considera que un sistema basado en conocimiento resulta la herramienta apropiada para resolver dicha problemática. El sistema debe primero clasificar el rol del usuario, para que basado en este, pueda posteriormente asesorarlo en los procedimientos que tenga que realizar para el desarrollo de su producto o servicio. En la figura 1, se muestra la arquitectura del sistema propuesto, la cual está acorde a lo que se recomienda para un sistema basado en conocimiento.

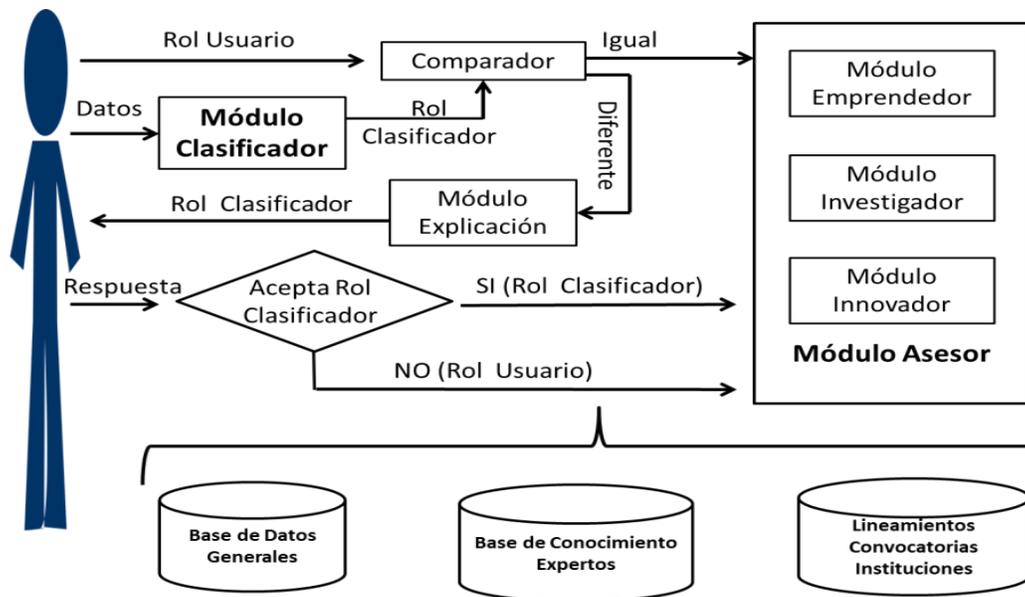


Figura 1: Arquitectura del KBS para el Ecosistema del Emprendimiento

A continuación se describe cada uno de los componentes y el flujo de información entre ellos del sistema basado en conocimiento para el ecosistema de emprendimiento.

3.1 Componentes y su interacción

Base de datos: En este repositorio, se almacenarán los datos de los usuarios, algunos proporcionados a priori por él mismo, tal es el caso de los datos generales, como nombre completo, edad, sexo, correo electrónico, grado académico, y teléfono; también se almacenará la información generada por el sistema, como sería el tipo de actor, y las actividades correspondientes tanto al asesoramiento como al seguimiento que se le dará.

El **módulo clasificador** se utiliza para determinar el rol que el usuario desempeñará en el ecosistema, basándose en las respuestas que el proporciona a un cuestionario que se le aplica y a las reglas emanadas de los expertos y vertidas en la base de conocimiento.

El **módulo asesor** se integra por tres módulos; el módulo emprendedor, módulo investigador y módulo innovador, de acuerdo a la clasificación se activará uno de los módulos y a través de un proceso interactivo, guiará al usuario en su proceso de emprendimiento, basándose en los lineamientos capturados en la base de conocimiento.

Módulo de Explicación: informará el porqué de la clasificación y de las actividades propuestas durante el asesoramiento.

Interfaz de usuario: nos permitirá la interacción con el usuario tanto para pedirle sus datos, como para informarle su clasificación, darle el asesoramiento y las respectivas justificaciones.

Base de Conocimiento: En este caso, la base está compuesta por la base de conocimiento de los expertos del ecosistema de emprendimiento, así como de las convocatorias, los lineamientos de las dependencias públicas y privadas que apoyan a los actores. Para este trabajo, los expertos son los integrantes del área de Innovación y Transferencia de Tecnología del Tecnológico Nacional de México (TecNM). La técnica empleada para su construcción fue la de entrevistas y cuestionarios, a partir de los cuales se generan las reglas de producción de la misma [11].

3.2 Interacción entre los componentes

Utilizando la interfaz, el usuario se registra en el sistema y se le asigna un usuario y contraseña. Posteriormente llena el formulario con sus datos generales y resuelve el cuestionario para la definición de su rol dentro del ecosistema de emprendimiento. La información se almacena en la Base de Datos.

Como una segunda etapa, la máquina de inferencia utiliza la información en la base de datos y en la base de conocimiento para inferir que rol desempeñará el usuario dentro del ecosistema de emprendimiento. El resultado se presentará al usuario a través de la interfaz, y usando el módulo de explicación se justificará su rol, vale la pena aclarar que el usuario es libre de aceptar la clasificación que el sistema le da, en caso de que no la acepte deberá indicar el rol que quiere desempeñar, mismo que en ambos casos se guardará en la base de datos.

Una vez dado el rol al usuario, este podrá iniciar su proceso de emprendimiento, para ello se le habilitará el bloque correspondiente. La máquina de inferencia a través del módulo asesor realizará preguntas para determinar en qué parte del proceso necesita asesoramiento, esto utilizando la información de la base de conocimiento dependiendo de los lineamientos de las convocatorias de la institución correspondiente. Cada registro de actividad realizada se guardará en la base de datos.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se considera que el sistema basado en conocimiento será una herramienta de apoyo dentro del ecosistema de emprendimiento y que la arquitectura propuesta para él, cumplirá con las actividades que éste debe realizar: clasificar al usuario en cuanto al rol a desempeñar y asesorarlo durante su proceso de emprendimiento, es decir, guiarlo a través de los procesos que desarrollará para aplicar a las convocatorias o para solicitar recursos a ciertas dependencias, en caso de que él así lo decida.

El sistema contribuirá a disminuir la pérdida de tiempo y recursos económicos, así como a enfocar a las personas que quieren pertenecer al ecosistema de emprendimiento y con esto ayudar quizás a incrementarse el registro de patentes, el número de pequeñas y medianas empresas y más investigadores con perfil SNI.

Actualmente, se están desarrollando la base de conocimiento y la máquina de inferencia de este sistema. Sin embargo aún queda por realizar el resto de los módulos del sistema basado en conocimiento para el ecosistema de emprendimiento.

5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por los fondos otorgados para llevar a cabo el presente trabajo, al Instituto Tecnológico de Tlalneptla por el apoyo y al Centro Universitario UAEM Valle de México por las facilidades prestadas para la realización de este trabajo.

6. REFERENCIAS

- [1] C. d. I. B. Bancomer, *Panorama del ecosistema innovador y emprendedor en México*, Ciudad de México, 2015.
- [2] O. p. I. C. y. e. D. Económico, *Manual de Oslo. Guía para la realización de mediciones y estudios de actividades científicas y tecnológicas*, Grupo Tragsa Tercera Edición, 2005.
- [3] Sistema Nacional de Investigadores,
<http://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores>. Accedido en septiembre de 2016.
- [4] M. E. Arellano Santos, L. Medina Muñoz y R. Palma Becerra, "El estado de la técnica y los recursos de información en el proceso de patentamiento" *Ciencia y Tecnología*, pp. 11-15, 2007.
- [5] A. C. Vargas,
<http://www.reforma.com/aplicacioneslibre/articulo/default.aspx?id=946677&md5=89e6fc8173b8c87af2878f7c18036366&ta=0dfdbac11765226904c16cb9ad1b2efe&lcmd5=55690efeae82a78e96788b59a92f51a1>. Accedido en septiembre de 2016.
- [6] N. P. Montoya Molina, "¿Qué es el Estado del Arte?", *Periódico Ciencia y Tecnología*, 2005 Julio 2012.
- [7] I. N. d. Emprendedor,
<https://www.inadem.gob.mx/vinculacion.uam.mx/archives/innova2016.pdf>. Accedido en septiembre de 2016
- [8] I. N. d. Emprendedor,
<https://tutoriales.inadem.gob.mx/inadem/cms/imagenes/Convocatoria23Fronteras.pdf>. Accedido en septiembre de 2016
- [9] Á. E. financiación,

<https://www.angelinvestmentnetwork.com.mx/emprendedores?gclid=CPTDodG3tc8CFZSMaQodQRQPQQ>. Accedido en septiembre de 2016

[10] A. A. a. P. S. S. Rajendra, Knowledge-Based Systems, 2010.

[11] G. V. D. N. y Q. L. M., "Base de Conocimiento para determinar el rol a desempeñar dentro del Ecosistema de Emprendimiento", *Sometido al CORE 2016*.

*Desarrollo Multidisciplinario en Investigación y Docencia del Centro Universitario UAEM
Valle de México*

CAPÍTULO 2

Investigación y Desarrollo Multidisciplinario en Derecho

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

2.1 La niñez migrante como grupo vulnerable.

Luisa Gabriela Morales Vega, Roberto Sanromán Aranda.

2.1 La niñez migrante como grupo vulnerable

Luisa Gabriela Morales Vega¹ y Roberto Sanromán Aranda¹

¹ Centro Universitario UAEM Valle de México, Licenciatura en Derecho, México.
e-mail: lgmoralesv@uaemex.mx, r_sanroman31@hotmail.com.

RESUMEN

En los últimos años una gran cantidad de niños, niñas y adolescentes de todas las regiones del mundo, se aventuran a emigrar de sus comunidades de origen a sociedades lejanas y extrañas motivados por variados y distintos factores, entre ellos la reunificación familiar, la violencia generalizada, la pobreza y la violación a sus derechos humanos. El hecho de que los niños y niñas viajen solos o sin sus padres los coloca en una situación de vulnerabilidad; estos eventos en la región han representado una crisis para el sistema migratorio de los Estados Unidos de América, pues ellos estiman que más de sesenta y ocho mil niños, niñas y adolescentes se internaron de manera indocumentada y solitaria a su territorio. Esto representa un reto enorme al derecho no sólo de cada Estado, sino al Orden Jurídico Internacional en su conjunto

Palabras clave: Migración internacional, niños, niñas, adolescentes, vulnerabilidad, derechos humanos.

ABSTRACT

In recent years we have seen increasing international unprecedented. A lot of children and teenagers venture to migrate from their communities of origin to distant and strange societies motivated by many different factors. including family reunification, widespread violence, poverty and the violation of their human rights The fact that children traveling alone or without parents puts them in a vulnerable situation; these events in the region have represented a crisis for the immigration system in the United States, because they estimate that over sixty-eight thousand children and adolescents interned undocumented and lonely on its territory. This represents an enormous challenge not only the right of each state, but the International Legal Order as a whole..

Keywords: International migration, children, vulnerability, human rights.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años hemos visto acrecentarse un fenómeno internacional sin precedentes. Una gran cantidad de niños, niñas y adolescentes se aventuran a emigrar de sus comunidades de origen a sociedades lejanas y extrañas motivados por variados y distintos factores. El hecho de que los niños y niñas viajen solos o sin sus padres los coloca en una situación de vulnerabilidad; estos eventos en la región han representado una crisis para el sistema migratorio de los Estados Unidos de América, pues ellos estiman que más de sesenta y ocho mil niños, niñas y adolescentes se internaron de manera indocumentada y solitaria a su territorio. En la Unión Europea se reproduce este fenómeno de manera muy similar, siendo los protagonistas los niños de países terceros; la idea de crisis entonces es atinada pero no referida a los sistemas migratorios, sino porque estamos ante una crisis de derechos humanos, humanitaria, de desarrollo humano y de refugiados, ante este panorama vale la pena cuestionarnos la importancia que tiene la instauración y conservación de un Orden Jurídico Internacional que coadyuve a los Estados y a las regiones a brindar seguridad jurídica y contribuya al desarrollo humano, así como al disfrute de los derechos a la vida, a la supervivencia, al sano desarrollo y a la integridad física y psíquica de la niñez inmersa en los procesos de movilidad humana. En este artículo se pretende dar respuesta a esa pregunta a fin de analizar críticamente la importancia que tanto el derecho internacional como los organismos supra, inter y transnacionales pueden aportar a la reversión o aminoramiento de la situación de desventaja en que se encuentran estos niños. Para ello, partiremos de una aproximación a la idea de vulnerabilidad y de grupos vulnerables; después nos referiremos a las categorías de niño, niña y adolescente con la finalidad de aclarar y evitar ambigüedades respecto de los términos fundamentales a estudio. Más adelante expondremos el marco jurídico nacional e internacional en torno a la migración infantil y por último analizaremos la tutela que de los grupos vulnerables realiza (o debiera realizar) el Orden Jurídico Internacional.

Morales Vega-Luisa G, Sanroman Aranda Roberto, La niñez migrante como grupo vulnerable.

Fecha de envió: 16 septiembre 2016; Fecha de aceptación: 14 octubre 2016; Fecha de publicación: 24 octubre 2016

2. DESARROLLO

2.1 La vulnerabilidad

Esta categoría ha sido ampliamente utilizada en distintas disciplinas tales como la Sociología, la Demografía o la Economía; sin embargo, su utilización en el derecho es más bien reciente.

En el Derecho encontramos referencias a este concepto a partir de que califican a una persona o a un grupo; de ahí que varias instancias y cuerpos normativos, no sólo en México, sino a nivel internacional, contemplan dentro de sus disposiciones a los “grupos vulnerables.”

Tales referencias las encontramos sobre todo en las ramas del derecho social como el Derecho laboral, Agrario o Ambiental, entre otros, ya que hay que recordar que en el derecho romano, se clasificaba en derecho público y derecho privado, pero en la actualidad se habla del derecho social como un derecho novedoso que nace debido a las desventajas que se presentan en ciertas personas o grupos por su situación económica precaria, mala educación o nula en ciertos casos, en fin se encuentran en una vulnerabilidad por la que el legislador tiene que crear leyes proteccionistas y el Estado tiene el deber de establecer programas de protección, como pueden ser las llamadas políticas públicas, por las que el gobierno, busca solidarizarse y ayudar a dichas personas o grupos, que se encuentran en desventajas con respecto a otros sujetos. En la medida que se los proteja se justificará el gobierno en su actuar propositivo de las actividades gubernamentales que le corresponde dentro de la administración pública.

De lo anterior resulta que las políticas públicas deban buscar que participen, tanto sector social, gobierno y organismos privados, para así dar cumplimiento a los programas establecidos por el gobierno, que incluso muchas veces se incluyen en las promesas de campaña, antes de ocupar los cargos públicos y una vez en el cargo, son implementadas, sin embargo hay que considerar que la autoridad debe visualizar cuales son los cortos circuitos – problemas específicos que se pueden dar en la aplicación dichos programas- para subsanarlos y así dar cumplimiento a los requerimientos de dichas políticas y que vale decir que deben tener continuidad, por lo que no es conveniente que sean partidistas, sino que busquen combatir la inequidad en que se encuentran ciertas personas o grupos por su estado vulnerables, que ante todo hablaremos del caso de la niñez por la que se debe hacer conciencia de la necesidad imperiosa que tiene de ser respetados y apoyados tanto de manera nacional como internacional, a través de los gobiernos de otros países y la firma de los tratados internacionales, en los que México debe participar y estar a la vanguardia el dichas regulaciones proteccionistas.

2.11 Los grupos vulnerables en el Derecho Mexicano.

En el presenta apartado hacemos una breve referencia al tratamiento jurídico de los grupos vulnerables en el derecho interno para más adelante, centrar nuestra exposición en el Derecho Internacional y sobre todo en la importancia que la regulación de éstos tiene para el orden jurídico internacional.

En nuestro país encontramos referencia a ellos en el Plan Nacional de Desarrollo vigente, en el que explícitamente se reconoce a los niños, niñas y adolescentes migrantes como vulnerables e introduce una estrategia consistente en el diseño, la implementación, seguimiento y evaluación de las políticas destinadas superar el estado de vulnerabilidad, a través de la línea de acción que se propone crear programas de atención especial [1].

Del mismo modo la legislación interna hace referencia a este término; la Ley General de Desarrollo Social, que es la ley especializada en la materia, contempla a los grupos vulnerables como “aquéllos grupos de población y personas que por diferentes factores o la combinación de ellos, enfrentan situaciones de riesgo o discriminación que les impiden alcanzar mejores niveles de vida y, por lo tanto, requieren de la atención e inversión del Gobierno para lograr su bienestar.”

Del anterior párrafo se puede reafirmar que las políticas públicas, deben velar por el bienestar de la población, como puede ser el caso de los grupos vulnerables de los que día a día el gobierno debe destinar una mayor inversión, ya que de esta manera se legitimará su existencia, cabe mencionar que por desgracia la lucha constante de los partidos políticos, dejan a un lado dicha inversión lo que repercute en la población que se encuentra desprotegida, sin embargo nuestro gobierno actual a través del Congreso ha creado leyes protectores de los menores de edad, que se encuentran en estado de necesidad o de los que se han dado abusos en su integridad, vgr; como es el caso del tráfico y explotación sexual de menores o la pornografía infantil, que no debemos olvidar que se trata de un problema mundial grave en la sociedad y debe ser atacado de fondo, es decir, a través de una mayor inversión en la educación, en la prevención del delito, en la divulgación en el combate a la discriminación de personas o grupos vulnerables.

Pensamos que el medio tecnológico puede ser eficaz para la concientización de los problemas de abuso que existen en la población tanto nacional como mundial, ya que la rapidez con la que se transmite la información hará que llegue a un mayor número de escuchantes. De acuerdo a lo mencionado, la inversión en dicho rubro debe ser cada vez mayor.

A mayor abundamiento, la Ley de Migración y la Ley General de los Derechos de Niñas, Niños y Adolescentes retoma las principales ideas de esta definición y hace énfasis en la obligación del Gobierno de procurar la superación de la situación de vulnerabilidad. Del mismo modo, encontramos referencias a este término en los documentos de trabajo elaborados por las comisiones de atención a grupos vulnerables de distintos órganos legislativos, como la Cámara de Diputados, la de Senadores, y la Asamblea Legislativa del Distrito Federal; así como de las instancias gubernamentales de las diferentes Entidades Federativas.

Por último, la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) a través de su jurisprudencia ha emitido criterios entorno a la vulnerabilidad a través de la interpretación que realizó de los preceptos contenidos en la Ley General de Desarrollo Social, sobre todo a efecto de diferenciarla de otros conceptos relacionados como son la marginación y la pobreza.

En ese sentido, la SCJN ha aclarado a través de cuatro tesis de jurisprudencia, todas ellas derivadas de controversias constitucionales, lo que para el derecho mexicano es la vulnerabilidad y la relación que ésta guarda con la pobreza, a la que también define. Así pues, se dice que puede definirse como grupo social en situación de vulnerabilidad aquéllos *núcleos de población y personas que por diferentes factores o la combinación de ellos, enfrentan situaciones de riesgo o discriminación* que les impiden alcanzar mejores niveles de vida y por lo tanto, requieren de la atención e inversión del Gobierno para lograr su bienestar.

La marginación por su parte, fue definida como el *fenómeno estructural que abarca tanto la dificultad de propagar el progreso, como por la exclusión de grupos sociales del proceso de desarrollo y lo más importante, del disfrute de sus beneficios*; de lo que se concluye que los niños migrantes en algunos casos (casi en todos tratándose de indocumentados), forman un núcleo social en condiciones de vulnerabilidad, en situación de marginación, y una de las causas de esta realidad es la pobreza. De modo que la pobreza y la vulnerabilidad no son sinónimos, sino que la última es de mayor extensión, pues se origina a partir de varios factores, uno de esos factores lo es la pobreza. Por ello es que entre ambos fenómenos existe una relación de causalidad.

A nivel internacional, tenemos que la Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), ha establecido como rasgos fundamentales de los grupos vulnerables al riesgo y a la inseguridad en que se encuentran inmersos [2] y por su parte la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha descrito a los grupos vulnerables como aquéllos que se encuentran en inseguridad alimentaria; se entiende por tal a la imposibilidad de las personas en acceder a los alimentos debido a diversas razones como la escasez física de los mismos, no poder comprarlos o por la baja calidad de los mismos [3].

A partir de estas definiciones podemos establecer que la vulnerabilidad afecta a una persona, familia o grupo poblacional; que se refiere a una situación, condición o estado y que tal puede ser temporal o permanente y se caracteriza por la inseguridad, la indefensión o el desamparo; que tiene su origen en una variedad de factores y que éstos pueden ser propios de la persona o grupo (como el sexo, el género, la orientación o identidad sexual; el estado civil o condición de salud, el origen étnico, racial o nacional, las creencias religiosas, la edad o la condición migratoria, entre otros) o pueden ser externos o estructurales (pobreza, marginación, exclusión, alejamiento, etc.)

Adicionalmente a lo anterior, el contexto de inseguridad, indefensión o desamparo debe situar a la persona o grupo bajo discriminación o riesgo. La discriminación es una práctica prohibida constitucionalmente en nuestro país y de acuerdo con la Ley Federal para Prevenir y Evitar la Discriminación consiste en:

“Toda distinción, exclusión, restricción o preferencia que, por acción u omisión, con intención o sin ella, no sea objetiva, racional ni proporcional y tenga por objeto o resultado obstaculizar, restringir, impedir, menoscabar o anular el reconocimiento, goce o ejercicio de los derechos humanos y libertades, cuando se base en uno o más de los siguientes motivos: el origen étnico o nacional, el color de piel, la cultura, el sexo, el género, la edad, las discapacidades, la condición social, económica, de salud o jurídica, la religión, la apariencia física, las características genéticas, la situación migratoria, el embarazo, la lengua, las opiniones, las preferencias sexuales, la identidad o filiación política, el estado civil, la situación familiar, las responsabilidades familiares, el idioma, los antecedentes penales o cualquier otro motivo. También se entenderá como discriminación la homofobia, misoginia, cualquier manifestación de xenofobia, segregación racial, antisemitismo, así como la discriminación racial y otras formas conexas de intolerancia” [4].

Por su parte, el Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación (CONAPRED) la ha definido de una forma más asequible como la práctica cotidiana consistente en dar un trato desfavorable o de desprecio innecesario a determinada persona o grupo. Esta práctica ha sido universalmente condenada y las normas internacionales que prescriben su prohibición, erradicación y sanción forman parte del *ius cogens* internacional.

Por último, y esto es quizá lo más importante, la detección o calificación de un grupo o persona como vulnerable tiene como finalidad la intervención del Estado a fin de superar esa situación desventajosa; la intervención puede realizarse a través de la implementación de acciones afirmativas, programas públicos, educativos o presupuestales; guías y líneas de acción, protocolos de actuación, etc.

En suma, se trata de una constelación de factores externos e internos que convergen en un individuo, familia, comunidad o grupo poblacional que les impide u obstaculiza el goce de sus derechos.

2.2 Niñez migrante

2.21 Niña, niño y adolescente

El derecho internacional de los derechos humanos define al niño o niña como toda persona menor de 18 años. Al reconocer a las niñas, niños y adolescentes la calidad de persona, el derecho reconoce que a los mismos, les asiste subjetividad jurídica que se refleja en el ejercicio libre de sus derechos y la manera en que pueden entablar relaciones jurídicas derivado del ejercicio del derecho a la vida, al desarrollo y a la participación.

A raíz de la ratificación que hizo México de la Convención sobre los Derechos del Niño, y en especial de la reforma constitucional en materia de Derechos Humanos de 2011, la naturaleza jurídica de la niñez se ha transformado: pues los niños han transitado de ser simples beneficiarios de los servicios y de la protección del Estado a ser concebidos como sujetos de derechos [5].

Algunas declaraciones y pactos internacionales, ya habían hecho mención sobre los derechos del niño de manera aislada; sin embargo la Convención sobre los Derechos del Niño, es el instrumento jurídico más completo respecto de la promoción y protección de los derechos de la infancia y en donde se reconoce expresamente a niñas, niños y adolescentes como titulares activos de sus propios derechos.

Todo lo anterior implica que los Estados se encuentran obligados a emprender una serie de acciones tanto legislativas, como operativas que garanticen estándares mínimos de tratamiento, atención, desarrollo, participación y protección referidos a las personas menores de dieciocho años.

Así pues, el hecho de que a niñas, niños y adolescentes les sea reconocida una subjetividad jurídica activa, implica que los mismos cuentan con la legitimidad necesaria de ejercitar los derechos que el derecho internacional y nuestras leyes les confieren.

En efecto, la existencia de derechos a favor de una persona, no debiera constituirse a partir de las violaciones a los mismos; esto es, aun cuando es una obligación del Estado restituir a las personas en el goce de los derechos que han visto vulnerados, lo cierto es que en ello no se agota el ejercicio de los mismos; por el contrario, es bajo estas hipótesis que se aprecia la falta de actuación que se tiene de ellos; lo que cobra proporciones y caracteres dramáticos en el contexto de la migración infantil donde la vulnerabilidad de estos niños se exagera.

2.22 La migración infantil

En primer lugar, conviene aclarar lo que se considera un niño, niña o adolescente migrante. La Ley de Migración entiende por migrante a todo individuo que sale, transita o llega al territorio de un Estado distinto al de su residencia por cualquier tipo de motivación. En este caso, el individuo debe ser menor de 18 años a fin de considerarlo dentro de la niñez.

En segundo lugar, la propia ley consultada nos dice que cuando un migrante nacional o extranjero niño, niña o adolescente menor de 18 años de edad, que se encuentre en territorio nacional y que no esté acompañado de un familiar consanguíneo o persona que tenga su representación legal será considerado “niña, niño o adolescente migrante no acompañado.”

Al respecto, la Observación General número 6 de 1º de septiembre de 2005, emitida por el Comité de los Derechos del Niño en el 39º periodo de sesiones ha establecido una diferencia entre el niño *no acompañado* y el niño *separado*. De acuerdo a la observación:

- La niña, niño o adolescente no acompañado (llamado también menor no acompañado) será aquél que están separados de ambos padres y otros parientes y no están al cuidado de un adulto al que, por ley o costumbre, incumbe esa responsabilidad.
- La niña, niño o adolescente separado (menor separado) no está con sus padres o tutores, pero se encuentra al cuidado de otra persona o familiar que de hecho o por razón de la costumbre se haga cargo de él.

La diferencia estriba entonces en el estado de desamparo en que se encuentren, el menor separado puede considerarse en tal situación y por lo tanto ser tutelado por la administración pública o bien no considerarse de esa forma sino en una situación de “guarda de hecho”; en tanto que el menor no acompañado, por definición se encuentra siempre en ese desamparo o abandono y entonces resulta procedente la tutela gubernamental.

De este modo para que se conforme esta figura, deben reunirse en la persona las particularidades de ser menor de 18 años, encontrarse inmerso en el proceso de movilidad humana¹ y no estar en compañía de sus padres, tutores o incluso en completo abandono.

2.23 Causas

Dentro de los factores etiológicos de la migración infantil, encontramos tres de manera preponderante: la reunificación familiar, la pobreza y la violencia.

La **reunificación familiar** se ha considerado como la principal causa, debido a que muchos de los niños que toman la determinación de abandonar su lugar de residencia lo hacen precisamente tras sus padres quienes ya han emigrado y se han establecido en el lugar de destino.

Sucede comúnmente que cuando los padres o guardianes de los niños emigran, éstos quedan al resguardo de personas que no asumen con gusto la responsabilidad o que incluso ni siquiera cuentan con los medios económicos para solventar tal situación; además de que es una aspiración común en las personas el vivir al lado de su familia; lo que para el derecho internacional constituye un derecho fundamental de los niños: la vida familiar.

En segundo lugar la **pobreza** y el desempleo son dos fenómenos que han sido asociados de forma directa a la migración, se ha creído que son la causa de que las personas tomen la decisión personal de emigrar. Incluso, algunas opiniones afirman que la migración es el *más claro indicador* de altos niveles de pobreza, desempleo y subdesarrollo de un Estado [7].

El informe de desarrollo humano “Superando barreras: movilidad y desarrollo humano”, elaborado en 2009 por el Programa de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas, estableció que el análisis del fenómeno migratorio debía partir de la *extraordinaria desigualdad* de la distribución global de oportunidades.

Esa misma fuente señala que tan sólo en Latinoamérica viven más de trescientos millones de personas en situación de pobreza y una tercera parte de ellas viven en situaciones de miseria extrema, carecen de vivienda y viven en estado de desnutrición, lo que explicaría la tendencia de los habitantes de esta región a emigrar a los Estados Unidos.

Se asume entonces que la pobreza y el desempleo son el empuje de la emigración, debido a que muchos de los estudios migratorios han identificado condiciones de vida comunes en las personas que conforman los grandes flujos migratorios como los bajos ingresos, el origen de países menos o no desarrollados, con poca o ninguna educación o la disposición a aceptar empleos indeseables [8].

A pesar de que la pobreza por sí misma, no causa la emigración, sí es un factor causal. Además, la emigración no se da hacia *cualquier* destino, tiene un objetivo y una ruta bien definidos, y no *cualquier* persona que se encuentre en situación de pobreza o que carezca de empleo o ingresos emigra. No obstante, debemos ser conscientes de que la globalización económica ha acarreado consecuencias económicamente devastadoras en los países más pobres o mejor dicho, menos competitivos, reproduciendo el patrón de pobreza y desempleo ya existente en los mismos. Y los niños, dentro de un contexto de pobreza, merced a la situación de extrema vulnerabilidad que presentan, dada la etapa de desarrollo que tienen y la dependencia que por lo mismo desarrollan respecto de sus padres o algún adulto, los coloca en una situación todavía más desventajosa.

¹ La movilidad humana es el ejercicio del derecho humano de toda persona a migrar, que incluye las transformaciones positivas que disminuyan las desigualdades, inequidades y discriminación. Art. 5 de la Ley de Interculturalidad, Atención a Migrantes y Movilidad Humana del Distrito Federal.

Por otra parte, la **violencia** es un factor que ha venido tomando fuerza año tras año. Sabemos que tanto la legislación como la doctrina han elaborado sendas tipologías y dimensiones a partir de las diversas expresiones de la violencia, de sus autores y del contexto en el que se presenta. De modo general, podemos afirmar que la violencia que compele a niñas, niños y adolescentes a emigrar, se manifiesta de formas muy variadas.

Independientemente de la clasificación a la que nos atengamos, podemos aceptar que existen al menos 3 dimensiones de la violencia: la institucional o pública, que se manifiesta a través de los actos u omisiones del Estado o de las instancias públicas y que podemos identificar con la emisión de legislación discriminatoria o absolutamente ineficaz o con la formulación y puesta en marcha de políticas públicas compasivas, sesgadas o con finalidades políticas.

Después, podemos identificar la violencia comunitaria o estructural, que se vincula al conjunto de creencias y prácticas llevadas a cabo por la sociedad en que viven los niños y que como ya hemos dicho, anulan la personalidad jurídica del menor; haciendo con ello nugatorios sus derechos.

También existe la violencia familiar, que se refiere a todo tipo de acciones u omisiones que se generan al interior del seno familiar y se fundamenta en las relaciones jerárquicas y de ejercicio del poder dentro del mismo; las que usualmente son perpetradas por un miembro de la familia del que económica o socialmente dependen el resto de los miembros.

Adicionalmente, en la actualidad podemos identificar también a la violencia que es ejercida por agentes criminales; en el caso particular de Centro América y el sur de nuestro país, encontramos una importante presencia de pandillas como la “Mara Salvatrucha”, que de manera muy particular inciden en la decisión de muchos jovencitos de emigrar, pues tienen por práctica reclutar adolescentes para que se unan a sus actividades ilícitas o criminales; estos grupos han desplegado ya desde hace 30 años un temible espectro de violencia en la región.

Pero, además, en la región se vive un contexto fuerte de violencia derivado de la presencia y operación de numerosos cárteles del narcotráfico, que como ha quedado ya ampliamente documentado [9] [10] [11] [12] recurren a delitos como el secuestro y la extorsión de las personas en movimiento, incluidos mujeres y niños, así como a la utilización de adolescentes para acciones de “halconeo” y al tráfico sobre todo de niñas y adolescentes para explotación sexual y laboral doméstica, eso sin mencionar la participación activa que tienen en las redes criminales de trata de personas a nivel mundial.

Por último, algunos estudios afirman que el miedo es otro factor de empuje a la migración, nosotros identificamos tales posicionamientos con la violencia que ya hemos descrito, pues han dicho que:

Otros niños y niñas además huyen por MIEDO: miedo a la persecución, miedo a sufrir las consecuencias de un conflicto armado o graves disturbios en su país de origen, miedo a sufrir situaciones que impliquen violaciones de derechos humanos. Existen algunas violaciones específicamente dirigidas a menores como son la explotación sexual o laboral, el reclutamiento forzoso, la mutilación genital, el matrimonio forzoso y otras prácticas tradicionales perjudiciales. Estos menores podrían necesitar una protección especial, además de la prevista en la Convención de 1989 sobre los Derechos del Niño, y por tanto, ser refugiados de acuerdo con la Convención de Ginebra de 1951 [13].

Resulta imposible en un trabajo de esta naturaleza, describir exhaustivamente estos factores que motivan la migración infantil; no obstante, estas líneas resultan suficientes para trazar un marco que nos permita comprender la génesis del movimiento internacional de personas, en específico de niños, niña y adolescentes.

2.24 Datos

Ahora bien, los datos numéricos alrededor de este fenómeno son insuficientes e imprecisos. Esto se debe en gran medida a la invisibilidad de las personas implicadas, derivada de la falta de información acerca de su internamiento, estancia y salida del territorio de los países que atraviesan o en los que se asientan, pues al hacerlo de manera indocumentada generalmente, y por lugares diferentes a aquéllos destinados al tránsito internacional de personas, su presencia es siempre detectada y por ende, cuantificada en un momento distinto; por lo general, en el momento de su detención, alojamiento, retorno o deportación.

En este tenor, algunas fuentes han indicado que en 2014, más de 68,000 niños migrantes no acompañados se internaron a los Estados Unidos de América y provenían mayoritariamente de México, Centro América, India y China; que más de 18,000 se internaron a México desde Guatemala, El Salvador y Honduras en su mayoría; y que en el territorio de los países miembros de la Unión Europea, estas personas no superaron los 5,000 y que su origen lo tienen en el Norte de África, Medio

Oriente, Europa Oriental y el África Subsahariana. Empero, y sólo para ilustrar la poca fiabilidad de estos datos, estas cifras se obtuvieron en el primer caso a partir de las detenciones realizadas por la Patrulla Fronteriza; en el segundo, con base en las deportaciones y retorno asistido; y en la tercera según los informes rendidos por los propios Estados parte [14].

En este trabajo nos referimos en específico a nuestra región; empero, ofrecemos en este apartado un brevísimo balance global del fenómeno.

2.25 Unión Europea

Como ya se adelantó, la migración de niñas, niños y adolescentes no acompañados, que se dirigen a los países que integran la Unión Europea, lo hacen de forma general de manera indocumentada, por ello es que a pesar de que los Estados europeos hoy en día apoyan la idea de que le asisten derechos a la niñez migrante, no existe un registro confiable de sus datos [15].

De hecho, son pocos los esfuerzos que se realizan para conformar una base de datos que sea alimentada de información verídica y actualizada que permita apreciar de manera más certera el fenómeno; no obstante, la información que se tiene, recabada principalmente a través de las solicitudes de asilo que se presentan, permite calificarlo de “preocupante” [16]. Sin embargo, Durán considera que las cantidades conocidas permiten asegurar que no rebasan los 5000 casos al año en casi todos los Estados europeos [17].

El fenómeno no es nuevo, Europa ha recibido migración infantil no acompañada desde hace varios años, derivado de los niños, niñas y adolescentes que se ven obligados a huir de sus lugares de origen con motivo de conflictos armados o violencia generalizada, como por ejemplo a partir de la guerra de los Balcanes [18]; la guerra en Afganistán [19]; o la Primavera Árabe [20]; quienes además lo hacen en calidad de huérfanos, lo que agrava la situación y arroja sobre los Estados de tránsito y de destino obligaciones más severas.

2.26 África

Si bien es cierto, los flujos migratorios más importantes que confluyen a Europa tienen su origen en el norte y en el cuerno de África e incluso desde el África Subsahariana; dentro el continente africano el principal polo de atracción de la migración lo encontramos en Sudáfrica. Miles de personas viajan desde países como Botswana, Namibia y Zimbabue a ese destino [21]. Las causas son históricas, pues durante la época colonial existía una fuerte demanda de mano de obra en las minas, plantaciones y, posteriormente, industrias [22].

Existe, por otro lado, la emigración ritual en el sentido de que se considera

un verdadero rito de paso entre la juventud y la edad adulta, y países como Ghana incluso cuentan con rutas migratorias relativamente seguras y muy arraigadas, que niños y niñas normalmente siguen con sus padres, amigos o familiares. Estudios llevados a cabo en África Occidental muestran que, a menudo, la emigración infantil está organizada por la comunidad de origen, que se organiza para que el viaje del niño o la niña sea seguro, gestionan contactos con posibles empleadores y se aseguran que el viaje siga una ruta organizada y preestablecida [23].

De igual forma, encontramos testimonio de esta migración, a partir de comunicados que aseguran haber entregado ayuda humanitaria a niños no acompañados que se establecen en las regiones fronterizas de los países [24].

2.27 Asia-Pacífico

En el caso del continente asiático, vale la pena recordar en primer lugar, que esta región no cuenta con documento regional en materia de Derechos Humanos y que además es un continente con una enorme cantidad de industria textil y maquiladora, así como una gran densidad de población y una altísima migración a los grandes centros urbanos industrializados, de donde se han documentado ampliamente gravísimas violaciones a los derechos de las personas.

Este escenario, potencializa la probabilidad de que las niñas, niños y adolescentes emigren; así como de que sus derechos sean vulnerados. En efecto, “se estima que en Asia hay 1 millón de niños implicados en el tráfico sexual en condiciones que se confunden con la esclavitud” [25]. La mayoría de estos niños son “vendidos” por sus padres a los grupos criminales que se dedican al comercio sexual. El informe consultado también documenta la migración infantil consistente en el movimiento desde las aldeas rurales bajo el engaño de que encontrarán trabajo en las grandes fábricas para ayudar a su familia, y en la realidad son internados indocumentadamente o con documentación falsa a China, Myanmar, Laos o Vietnam para ejercer la prostitución. Hay noticia de que esta práctica continúa hasta la actualidad [26].

En esta zona se aprecia como las condiciones de pobreza y de desigualdad social que imperan, dan paso a la vulneración de los derechos y a la emigración infantil en gran medida. Pues ante la falta de oportunidades y bajo las falsas promesas de prosperidad y empleo, en el peor de los casos, muchos niños son “vendidos” o separados de sus padres con la finalidad de utilizarlos en la prostitución y en la pornografía; y en el mejor de los casos, obtienen un empleo mal remunerado, ilegal e inseguro, siendo así que “el número de niños y niñas que trabajan en esta región es por mucho el más elevado del mundo y representa el 18,8 por ciento de los 650 millones de niños y niñas de 5 a 14 años de edad en la región” [27].

Con relación a estos motivos, tenemos que la reunificación familiar se suma a las causas:

Se calcula que alrededor de 19 millones de niños migran en China. Provenientes de regiones rurales, han seguido a sus padres, desplazándose a zonas urbanas con la esperanza de encontrar trabajo. La gran mayoría de estos niños tienen un acceso muy limitado a la educación y a la sanidad, viviendo a menudo en condiciones muy precarias. Muchos de ellos viven en la calle: de los 150 000 niños sin techo censados en China, la mayoría son niños desplazados. Además, son víctimas de una discriminación generalizada por su pobreza y, a veces, por su dificultad para aprender otro dialecto. Existen colegios especializados para niños desplazados, pero la mayoría no están reconocidos por lo que los diplomas expedidos no sirven de nada y la búsqueda de un empleo cualificado es casi imposible de conseguir [28].

A manera de conclusión, este esbozo es útil para cobrar conciencia de la envergadura del fenómeno en estudio, mismo que podemos advertir que tiene ya una existencia de varios años, que se acrecienta con el paso del tiempo y que expone de manera contundente la vulnerabilidad de las niñas, niños y adolescentes migrantes no acompañados.

2.3 Regulación jurídica de la migración infantil

De inicio podemos aseverar que dentro del Derecho Internacional, no existe una norma convencional o consuetudinaria que positivice los derechos que asisten a la niñez migrante, ni cuerpo jurídico alguno que regule al fenómeno en sí mismo. No obstante, tales derechos se encuentran consagrados en los más altos instrumentos jurídicos internacionales e incluso forman parte del *ius cogens* internacional. Dicho de otro modo, a pesar de que no existe una convención exclusiva dirigida a proteger al niño que se encuentra fuera de su lugar de residencia, la Convención sobre los Derechos del Niño (CDN), prevé un complejo entramado de derechos y prerrogativas que asisten a los niños, niñas y adolescentes, encuéntrense en la situación que se encuentren.

De este modo tenemos que la CDN, Convención consta de 54 artículos, éstos se dividen en principios, derechos a la supervivencia y al desarrollo, derechos de protección y derechos a la participación; además de contener un apartado sobre la aplicación y vigencia del tratado; por ello es que del mismo se desprenden únicamente 21 derechos, que son los siguientes.

1. Derecho a la vida.
2. Derecho a la identidad.
3. Derecho a la igualdad.
4. Derecho a un ambiente familiar sano y a la unidad familiar.
5. Derecho a ser adoptado.
6. Derecho a la educación.
7. Derecho de acceso a la cultura.
8. Derecho a un nivel de vida adecuado.
9. Derecho al descanso y al esparcimiento.
10. Derecho a la libertad de expresión.
11. Derecho a la libertad de conciencia
12. Derecho a la asociación.
13. Derecho a la información.
14. Derecho a la protección contra toda forma de perjuicio o abuso físico o mental, descuido, o trato negligente, cuando el niño se encuentre bajo la custodia de sus padres.
15. Derecho a la privacidad o a no ser objeto de injerencias arbitrarias.
16. Derecho a obtener el estatuto de Refugiado.
17. Derechos de los niños física o mentalmente impedidos (discapacitados).
18. A la seguridad social.
19. Derechos de las niñas, los niños y adolescentes pertenecientes a minorías étnicas, indígenas, religiosas o lingüísticas.

20. Derechos de niñas, niños y adolescentes a la protección contra cualquier forma de explotación.
21. Garantías de las niñas, los niños y adolescentes sujetos a proceso o privados de la libertad.
22. Derechos de las niñas, los niños y adolescentes afectados por conflictos armados, incluidos en reglas de DIH.
23. Derecho a un medio ambiente sano.

Los niños, niñas y adolescentes migrantes (NNAM) acompañados o no, gozan de todos estos derechos, pues la propia CDN y los principales instrumentos internacionales en materia de derechos humanos prohíben la discriminación cualquiera que sea su origen, incluidos la nacionalidad y el estatus migratorio de las personas.

Así pues, los NNAM al igual que el resto de los niños, tienen derecho a la vida, a la integridad física, a la vivienda, a la educación, a la salud, a la vida familiar, a un nivel de vida adecuado, al acceso a la justicia, a ser oído y a muchos otros que por el simple hecho de ser migrantes ven fuertemente amenazados o vulnerados; de modo que se encuentran en situaciones de riesgo o amenaza dado el contexto de la migración en la región.

Esta situación riesgosa que se vive alrededor del fenómeno migratorio en su conjunto, sea por las condiciones de vida impetantes en el lugar de origen, por los peligros que conlleva la travesía o por la incertidumbre derivada del odio, la xenofobia, el racismo y el desconocimiento del lugar de destino, genera que lo que esté “en juego es uno de los derechos/principios rectores de la CDN: el derecho a la vida, la supervivencia y el desarrollo, receptado en su artículo 6, aunque es interdependiente y está interrelacionado con los demás preceptos de la Convención”[29]. Lo que en otros términos, significa que en virtud del principio de interdependencia que rige al Derecho Internacional de los Derechos Humanos, la satisfacción, ejercicio, promoción, protección y garantía de todos los derechos se ve amenazada si uno de ellos lo está.

Así pues, es imposible desvincular a los derechos entre sí y a éstos de los principios rectores como son *el interés superior del niño* y la *no discriminación*.

Ahora bien, una vez señalada la obligatoriedad de los tratados en materia de Derechos Humanos en México, debemos considerar que los Estados se encuentran obligados jurídicamente no sólo a respetarlos sino también a promoverlos, protegerlos y garantizarlos.

En el caso de México, resulta evidente que con la reforma al texto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos del 2011, el Estado y todas sus autoridades se encuentran obligados a ello, tal como lo señala el párrafo tercero del artículo 1º.

Por otro lado, en virtud de la misma reforma a la norma fundamental, los tratados internacionales en materia de derechos humanos de los que México sea parte son de observancia obligatoria y directa en el territorio nacional, sin necesidad de que medie instrumento receptor de los mismos.

Sin óbice de lo anterior, en México se emitió una novedosa ley federal en materia de derechos de la niñez, ésta fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 4 de diciembre de 2014 y lleva por nombre Ley General de los Derechos de Niñas, Niños y Adolescentes. En ella se recoge el espíritu de la CDN y consagra en su texto los derechos y principios que el propio tratado incluye.

El presente apartado nos lleva a concluir que en México, derivado del mandato constitucional, y además de la legislación especial los derechos de todos los NNAM deben ser garantizados.

No debemos soslayar, que a pesar de que al inicio de este apartado se dijo que no existe un tratado internacional que reconozca de manera sustantiva derechos específicos a los niños migrantes, lo cierto es que existe todo un *corpus* internacional que prevé garantías a los derechos de la niñez migrante que se encuentre bajo determinadas circunstancias, como las Reglas de Beijing y las Directrices de Riad, tratándose de la justicia juvenil; o los protocolos emitidos por el Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados que se deben observar respecto de los menores sujetos a Protección Internacional.

Del mismo modo, en México, existe una ley especial que regula esta situación: la Ley de Migración que establece como sus principios la Unidad Familiar y el Interés Superior de la niña, niño y adolescente, los que fungen como criterios prioritarios de internación y estancia de extranjeros para la residencia temporal o permanente en México (Art. 2).

Dentro de sus provisiones más importantes, tenemos que:

- En cualquier caso, independientemente de su situación migratoria, los migrantes tendrán derecho a la procuración e impartición de justicia; en los procedimientos aplicables a niñas, niños y adolescentes migrantes, se tendrá en cuenta su edad y se privilegiará el interés superior de los mismos (Art. 11).

- El Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia, debe otorgar facilidades de estancia y garantizar el alojamiento de los NNAM (Art. 29).
- Los NNAM no acompañados, pueden obtener el estatus migratorio de Visitantes por Razones Humanitarias y así obtener una estancia documentada en México (Arts. 52 y 73).
- Se debe garantizar el alojamiento de los NNAM en condiciones de seguridad, higiene, separados de los adultos y con una dieta rica asegurando así su correcta nutrición (Arts. 107 y 109).
- El procedimiento en la atención de personas en situación de vulnerabilidad tales como los NNAM debe respetar las formalidades esenciales del procedimiento, pero sobre todo garantizar el derecho a la participación de los niños dado que el resultado del procedimiento afectará directamente su esfera jurídica e incluso su libertad (Art. 112).
- También prevé los procedimientos que deberán llevarse a cabo en caso de que un niño, niña o adolescente sea merecedor de Protección Internacional, a través del asilo o el refugio.

Además de estas disposiciones contenidas en la Ley de Migración, en México resultan observables los Lineamientos en materia de protección a migrantes de 2012, emitidos por el Instituto Nacional de Migración, así como diversos protocolos de actuación, siendo el más importante el emitido por la Suprema Corte de Justicia de la Nación dirigido a quienes imparten justicia en caso de que afecten a personas migrantes y sujetas de Protección Internacional.

En conclusión, los derechos primordiales que asisten a los NNAM en los países de tránsito, así como en el de destino son el derecho a la vida, a la supervivencia, al sano desarrollo, a la identidad, a la seguridad, a las garantías procesales y a la vida familiar.

El ejercicio de estos derechos, como ya hemos visto, se ve fuertemente cuestionado ante los riesgos que conlleva el proceso migratorio, tales como la violencia sexual, la trata de personas, el secuestro, el robo, las detenciones y deportaciones arbitrarias, el hambre, los problemas de salud o los accidentes que pueden sufrir en el trayecto.

Por eso es que las autoridades no sólo migratorias, sino todas ellas, deben asistir a estas personas al menos en el otorgamiento de la Protección Internacional, la seguridad personal, el acompañamiento, la búsqueda de familiares, la identificación de los menores y el retorno seguro.

2.4 La tutela de los grupos vulnerables en el orden jurídico internacional

Para empezar, y a fin de comprender lo que es el Orden Jurídico Internacional (OJI), debemos aclarar la idea del concepto del Estado de Derecho Internacional (EDI), categoría que fue introducida a la discusión jurídica internacional desde la suscripción de la Declaración Universal de los Derechos Humanos a instancia de la Organización de las Naciones Unidas. En ese documento se hace referencia por primera vez de forma institucional, al antagonismo entre la barbarie y el derecho, en específico el derecho de los derechos humanos.

De este modo, los estados han reconocido que la barbarie y el orden jurídico representan opciones antagónicas de la forma de relacionarse a nivel internacional. El derecho debe imperar en las relaciones en el sistema interestatal, lo que implica no sólo la creación o adopción de normas jurídicas, sino la observancia puntual de ellas y además, la rendición de cuentas y la sanción caso de no hacerlo.

La categoría Estado de Derecho se refiere a grandes rasgos, a la “sumisión del poder público al derecho tanto formal como materialmente” [30] Así estaremos frente al Estado de Derecho cuando “los poderes públicos son conferidos por la ley y ejercitados en la forma y procedimientos legalmente establecidos” [31].

En efecto, el preámbulo de la Carta de la ONU establece que el Estado de Derecho es el elemento esencial para la protección de los Derechos Humanos, gracias a que, siguiendo con Villegas, todas las personas, instituciones y entidades, tanto de Derecho Público como del Privado están sometidos a las leyes que se promulgan públicamente, se hacen cumplir por igual y se aplican con independencia; además de ser compatibles con las normas y los principios internacionales de Derechos Humanos.

Este sistema jurídico normativo instaurado de manera universal se conoce como Orden Jurídico Internacional y a través de él, según nos dice su justificación, es que los grupos desprotegidos tradicionalmente al interior de los Estados, pueden aspirar a ser tutelados a través del Derecho Internacional.

Ello es así dado que se refiere al conjunto de ordenamientos e instituciones creados convencionalmente por los Estados a fin de someterse a su jurisdicción y autoridad; admitiendo en cierto modo, la necesidad de *ayuda* en la instauración del imperio de la ley y del respeto a la justicia.

Este reconocimiento, no implica en forma alguna pérdida o cesión de soberanía de los Estados, pues son ellos quienes en un ejercicio soberano, deciden establecer estas instancias, sujetarse a estas normas y con ello ampliar el radio de protección de

derechos de sus ciudadanos, asumiendo la ineludible obligación que tienen los Estados democráticos de reconocer los derechos que asisten a todo ser humano y por ende, a sus ciudadanos y a todas las personas que se encuentren en el territorio bajo su jurisdicción.

3. CONCLUSIONES

La migración infantil constituye en la actualidad un reto para el derecho tanto local, como Internacional, la globalización y la participación de todos los Estados en los procesos migratorios, son elementos que han instaurado y mantienen los flujos migratorios internacionales.

La migración obedece a causas históricas y estructurales imposibles de revertir únicamente mediante la creación de normatividad. Los derechos deben existir formal, material y estructuralmente. La búsqueda de la riqueza y del bienestar es una aspiración universal y no debe negársele a las personas; por el contrario, los niños deben ser alentados y protegidos en su busca aun cuando eso implique la movilidad.

La instauración y conservación de un Orden Jurídico Internacional debe coadyuvar a los Estados y a las regiones a brindar seguridad jurídica y contribuir en esa proporción al desarrollo humano, pues sólo a través de la acción de organismos supra, inter y transnacionales existen las probabilidades de revertir o aminorar y en su momento erradicar la situación de desventaja en que se encuentran estos niños.

La naturaleza inter y transnacional del propio fenómeno rebasa las capacidades estatales, pues aun la mejor intención e instrumentación unilateral termina en la frontera y estos niños, niñas y adolescentes lo que hacen es precisamente derribar esas fronteras y además en situaciones de gran vulnerabilidad y precariedad.

4. REFERENCIAS

- [1] Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018.
- [2] Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- [3] FAO, Inseguridad alimentaria: la población se ve obligada a convivir con el hambre, y teme morir de inanición <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/x8200s/x8200s00.pdf> 2000.
- [4] Ley Federal del Trabajo.
- [5] UNICEF Portal electrónico UNICEF en México, disponible en <http://www.unicef.org/mexico/spanish/17054.htm>.
- [7] GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL, Programa “*Ciudad Hospitalaria, Intercultural y de atención a migrantes*”, México, 2006.
- [8] SASSEN, SASKIA, *La formación de migraciones internacionales: implicaciones políticas*, en http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:filopoli-2006-27-37938CE5-086B-6191-7366-5BDBADF72E0E/formacion_de_migraciones.pdf
- [9] Comisión Nacional de Derechos Humanos.
- [10] Instituto Nacional de Migración.
- [11] UNHCR, *Trees only move in the wind. A study of unaccompanied Afghan children in Europe* <http://www.unhcr.org/4c1229669.html>
- [12] MORALES VEGA, LUISA. Categorías migratorias en México. Análisis a la Ley de Migración. *Anuario Mexicano de Derecho Internacional*, 1(12). Consultado [dehttp://revistas.juridicas.unam.mx/index.php/derecho-internacional/article/view/416/677](http://revistas.juridicas.unam.mx/index.php/derecho-internacional/article/view/416/677), 2012.
- [13] SIEMENS, MARÍA DE LOS ÁNGELES, *Balcanes: dificultades en el retorno de los refugiados*, Directora Comité Español del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR), Madrid <http://www.iemed.org/anuari/2004/esparticles/esiemens.pdf>
- [14] (París *et. al.*, 2014)
- [15] AMNISTÍA INTERNACIONAL, El coste humano de la fortaleza Europa, violaciones de derechos humanos cometidas

en las fronteras de Europa contra personas migrantes y refugiadas, en file:///C:/Users/Luisa%20G/Downloads/eur050012014es.pdf, 2014.

[16] AMNISTÍA INTERNACIONAL, *El coste humano de la fortaleza Europa, violaciones de derechos humanos cometidas en las fronteras de Europa contra personas migrantes y refugiadas*, en file:///C:/Users/Luisa%20G/Downloads/eur050012014es.pdf, 2014.

[17] DURAND, JORGE, *Niños migrantes*, Opinión, La Jornada <http://www.jornada.unam.mx/2014/06/29/opinion/019a2pol>, 2014

[18] Siemens, María de los Ángeles, *Balcenes: dificultades en el retorno de los refugiados*, Directora Comité Español del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR), Madrid <http://www.iemed.org/anuari/2004/esparticles/esiemens.pdf>

[19] UNHCR, *Trees only move in the wind. A study of unaccompanied Afghan children in Europe* <http://www.unhcr.org/4c1229669.html>

[20] UNHCR Perfil de las operaciones regionales 2013 - Oriente Medio y Norte de África <http://www.acnur.org/t3/donde-trabaja/oriente-medio-y-norte-de-africa/>

[21] SAVE THE CHILDREN, *Results for children*, <http://www.savethechildren.org/atf/cf/%7B9def2ebe-10ae-432c-9bd0-df91d2eba74a%7D/RESULTS-FOR-CHILDREN-Q1Q2-2011.PDF>, 2011.

[22] ARANGO JOAQUÍN, et. al., *Flujos cambiantes, atonía institucional*, Barcelona, 2015.

[23] SAVE THE CHILDREN, 2011, *Results for children*, <http://www.savethechildren.org/atf/cf/%7B9def2ebe-10ae-432c-9bd0-df91d2eba74a%7D/RESULTS-FOR-CHILDREN-Q1Q2-2011.PDF>

[24] OIM, <https://iom.int/cms/es/sites/iom/home/news-and-views/press-briefing-notes/pbn-2012/pbn-listing/stranded-vulnerable-migrants-at.html>

[25] ECOSOC, Informe del Relator Especial sobre la venta de niños, la prostitución infantil y la utilización de niños en la pornografía E/CN.4/1996/100 17 de enero de 1996.

<http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G96/102/39/PDF/G9610239.pdf?OpenElement>

[26] (OIT, 2012).

[27] OIM, *Reclutadores asiáticos llaman a la acción para el reclutamiento ético* - <http://www.iom.int/cms/es/sites/iom/home/news-and-views/press-briefing-notes/pbn-2015/pbn-listing/asian-recruiters-join-call-for-a.html#sthash.fWJqiFsn.dpuf> 03 de febrero 2015.

[28] GIGON, AURÉLIE, *Niños de China. Descubriendo los derechos infantiles en China* <http://www.humanium.org/es/china/>, 2013.

[29] *Niñez y migración en Centro y Norte América: causas, políticas, prácticas y desafíos*, University of California Hastings College of the Law y Universidad Nacional de Lanús, en <http://www.acnur.org/t3/fileadmin/Documentos/Publicaciones/2015/9927.pdf?view=1>, 2015.

[30] Villegas Delgado, César, *La promoción del Estado de Derecho en el ámbito internacional*, en “Estado de Derecho Internacional, Becerra y González coordinadores, México, Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM 2012.

[31] Villegas Delgado, César, *La promoción del Estado de Derecho en el ámbito internacional*, en “Estado de Derecho Internacional, Becerra y González coordinadores, México, Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM 2012.

CAPÍTULO 3

Investigación y Desarrollo Multidisciplinario en Economía

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

- 3.1 Significado y alcance del concepto de trabajo decente en un entorno de flexibilización laboral.

Juan Pablo Ávila Cruz, Mónica C. Mimbres Delgado.

3.1 Significado y alcance del concepto de trabajo decente en un entorno de flexibilización laboral

Juan Pablo Ávila Cruz¹ y Mónica C. Mimbres Delgado²

^{1,2}Facultad de Estudios Superiores Acatlán, UNAM, México.

RESUMEN

La aparición de los procesos globales de producción, los avances tecnológicos y la necesidad de las empresas por ser más competitivas han motivado cambios relevantes en los mercados laborales que en esta investigación se analizan desde dos perspectivas: la promoción del trabajo decente y la flexibilización laboral. El primero de ellos promueve condiciones de permanencia, protección y representación social de la clase trabajadora. El segundo enfoque se contempla como una estrategia que permite a los empresarios alcanzar mayores niveles de competitividad al superar la rigidez de los costos salariales. El trabajo demuestra que las nuevas formas de flexibilidad laboral son incompatibles con las metas de trabajo decente pues provocan efectos distributivos adversos para la clase trabajadora.

Palabras clave: trabajo decente, flexibilidad laboral, competitividad, precarización laboral..

ABSTRACT

The emergence of global production, technological advances and the need for competitiveness has raised significant changes in labor markets. They can be analyzed from two perspectives: the promotion of decent work and labor flexibility. The former promotes conditions of permanence, social protection and representation for the working class. The latter is a strategy that allows entrepreneurs to achieve higher levels of competitiveness by overcoming the rigidity of wage costs. The research shows that new forms of labor flexibility are incompatible with the goals of decent work causing adverse distributional effects for the working class.

Keywords: decent job, labor flexibility, competitiveness, job insecurity.

1. INTRODUCCIÓN

Los argumentos de quienes defienden la permanencia del modelo de liberalización de la economía, suponen que éste ha traído estabilidad macroeconómica para México, pese a que las reformas estructurales y los diversos programas de estabilización económica han generado graves costos sociales, entre ellos, un deterioro considerable de las condiciones de vida de la clase trabajadora.

En el modelo económico precedente al neoliberal, la economía mexicana creció a una tasa media de 6.1% anual durante el periodo 1935-1982, cifra que permitió crear puestos de trabajo suficientes. En contraste, de 1983 a 2010, el producto interno bruto mexicano, apenas aumentó a una tasa de 2.2% anual, de manera que los empleos generados fueron insuficientes para las nuevas generaciones [1]. Bajo este contexto, las políticas de fomento al crecimiento del producto y la generación de empleo han sido sustituidas por las de estabilidad de precios y finanzas públicas sanas.

Como resultado del contexto anteriormente descrito, se ha generado un mercado laboral con condiciones precarias de operación; poco dinámico, debido al exiguo ritmo de crecimiento de la economía mexicana; con salarios anclados al incremento de los precios; y con mercados abarrotados de personas en búsqueda de empleo que, bajo un enfoque de economía de mercado, presionan aún más a la baja las percepciones de la clase trabajadora. En otras palabras, la estrategia implementada por México parece contravenir la generación de empleos dignos.

El concepto de *Trabajo Decente* es una de varias propuestas que promueve la Organización Internacional del Trabajo (OIT) para garantizar la estabilidad económica y social de la clase trabajadora. Esta propuesta fue creada en el año de 1999, con la finalidad de contrarrestar el deterioro de las condiciones laborales producido por los cambios tecnológicos, económicos y sociales que generaron un panorama de incertidumbre durante la década de los ochenta.

La versión ampliada de este artículo constituyó el trabajo de titulación del autor principal

Ávila Cruz, Juan Pablo y Mimbres Delgado, Mónica C.

Fecha de envío: 16 septiembre 2016; Fecha de aceptación: 14 octubre 2016; Fecha de publicación: 24 octubre 2016

En los últimos años, la generación de empleo digno ha tratado de convertirse en una meta a nivel internacional, y en un indicador del bienestar social. Ello se debe a que las condiciones laborales en entornos de desregulación económica están provocando la aparición de distintas formas de precarización laboral. Este deterioro agudo de las condiciones de trabajo se atribuye a la implementación de nuevas formas de flexibilización laboral en la producción y en la prestación de servicios.

Los empresarios justifican la utilización de estas técnicas flexibles por el panorama de incertidumbre y los altos niveles de competitividad que surgieron a causa del liberalismo económico. En otras palabras, ante escenarios de incertidumbre, la clase empresarial buscará estrategias de ajuste en materia de costos, siendo el costo laboral uno de los primeros que tenderá a reducirse, con el consecuente efecto distributivo adverso a la clase trabajadora.

Con base en las ideas previas, el presente trabajo parte de la premisa de que el paradigma ideal de trabajo decente es incompatible con los nuevos esquemas de flexibilización laboral. Ello es así porque los lineamientos básicos del trabajo decente están diseñados para adaptarse a las condiciones de un mercado de trabajo que ofrezca permanencia en el empleo, protección y representación social de la clase trabajadora, elementos que la flexibilidad laboral suele suprimir en aras de la eficiencia económica.

La presente investigación se estructuró en tres partes. En la primera de ellas se aborda el origen del concepto de trabajo decente y los principales objetivos que persigue. Posteriormente, se describen los motivos para la implementación de la flexibilidad laboral, así como las diferentes formas en que ésta se manifiesta. En la tercera parte se evidencia, por medio de un análisis de regresión lineal múltiple, que la propuesta de trabajo decente es incompatible con los nuevos esquemas de flexibilización laboral. El trabajo concluye con algunas recomendaciones sobre el tema y establece nuevas líneas de investigación que puedan desprenderse de este estudio

2. DESARROLLO

2.1 El concepto de trabajo decente

El concepto de trabajo decente surge por la necesidad de los países para adaptarse a un cambio en la estructura económica y social mundial que ocurría a finales de los años ochenta. La necesidad de adaptación se generó cuando comenzó a defenderse un sistema de libre mercado que impulsaba la producción transfronteriza de mercancías.

Dicho proceso de globalización de la producción requería la formación de un grupo de orden internacional que coordinara y apoyara las prácticas del libre mercado. El grupo que se encargó de este proceso estaba constituido por organismos financieros y comerciales de carácter internacional: el Banco Mundial (BM), la Organización Mundial de Comercio (OMC) y el Fondo Monetario Internacional (FMI). Estos organismos se encargaron de *“proveer las herramientas necesarias que permitieran resolver los problemas económicos de los países miembros, a través del financiamiento de investigaciones y proyectos que estimularan el crecimiento, disminuyendo al mismo tiempo los índices de pobreza”* [2]. En otras palabras, los organismos financieros internacionales generaron el financiamiento y la política económica, que era necesaria para que sus miembros se adaptaran al nuevo pensamiento económico liberal.

Posteriormente, con el objetivo de estimular el crecimiento económico de los países miembros, se elaboró en el año de 1989, el denominado Consenso de Washington. Las nuevas políticas económicas que emanaron de dicho acuerdo hacia los países en vías de desarrollo, se caracterizaban por apoyar ampliamente la liberalización económica de estos países. Dichas ideas solicitaban la liberalización del comercio exterior, del sistema financiero y de la inversión extranjera; la orientación de la economía hacia los mercados externos; la privatización de las empresas públicas como un fin en sí mismo; la desregulación de las actividades económicas; estabilidad en el nivel de precios sustentada en una estricta disciplina fiscal, así como la erradicación de los desequilibrios fiscales previos, pero no mediante una mayor recaudación sino a través de la reducción de la inversión y gastos públicos [1].

En resumen, las políticas liberales recomendadas por el FMI y el Banco Mundial, procuraban una menor participación del Estado y fomentaban la producción masiva de mercancías, así como el desarrollo comercial entre los países, a través de la privatización. Desde la visión estratégica de la nueva política económica, éstas eran las condiciones necesarias para impulsar a los países en desarrollo a un proceso de liberalización económica global.

La aplicación de la nueva política económica a finales de los ochenta, se tradujo en un estancamiento económico en los países en desarrollo, algunos de los cuales habían conseguido un gran impulso en las décadas previas. Como se puede apreciar en el Cuadro 1 de la tabla 1, en América Latina, por ejemplo, algunos de los indicadores macroeconómicos más importantes apuntaban un claro crecimiento de la actividad productiva durante el periodo de 1960-1980. El modelo de sustitución de

importaciones prevaeciente en ese entonces permitió generar un crecimiento desde adentro a través de un gran desarrollo industrial, que orientaba su producción hacia el mercado interno.

En contraparte, durante el periodo de 1980 a 2000, estos indicadores se habían deteriorado. El seguimiento de las políticas del Decálogo de Washington y la liberalización de los mercados, provocaron que el modelo de sustitución de importaciones declinara, debilitando los escasos encadenamientos productivos y los sistemas nacionales de innovación que se habían implantado anteriormente, amén de provocar un déficit comercial en la mayoría de los países, un pobre crecimiento del producto interno bruto per cápita y un aumento en los niveles de pobreza [3].

Tabla 1: Cuadro 1. Tasas de crecimiento promedio por continente

Continentes	América Latina		Unión Europea		Unión Africana		Asia	
	1960 a 1980	1980 a 2000	1960 a 1980	1980 a 2000	1960 a 1980	1980 a 2000	1960 a 1980	1980 a 2000
PIB	5.98	2.56	5.90	2.56	5.38	2.93	6.90	4.14
Exportaciones	10.97	5.92	8.88	5.76	3.40	3.75	14.04	8.93
Importaciones	8.24	6.12	8.86	5.73	6.44	2.53	12.28	7.44
PIB per cápita	2.72	0.71	5.51	2.84	4.20	2.39	9.76	4.06

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial en Indicadores de Desarrollo.

Los resultados económicos y sociales de las políticas liberales generaron una preocupación dentro de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y otros organismos internacionales. En diciembre de 1992, la Asamblea General de las Naciones Unidas convocó a la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Social para abordar los problemas de pobreza, desempleo e integración social. Juan Somavia – en ese entonces representante permanente de Chile ante las Naciones Unidas y organizador principal de la Cumbre – logró un amplio apoyo entre los gobiernos, a través de expresar las afectaciones económicas y sociales, ocurridas por el nuevo ajuste estructural (liberalismo económico). El nuevo escenario económico despertó la preocupación de todos los gobiernos presentes que resaltaron entre sus mayores inquietudes las problemáticas relacionadas con el estancamiento económico y la creciente pobreza en África y América Latina. En esta reunión se denominaron diez compromisos:

1. Erradicación de la pobreza.
2. Pleno empleo.
3. Integración social basada en la promoción y la protección de todos los derechos humanos.
4. Igualdad entre el hombre y la mujer.
5. Acceso universal a la educación.
6. El desarrollo de África.
7. La integración de objetivos de desarrollo social en los programas de ajuste estructural.
8. El aumento de los recursos asignados al desarrollo social.
9. La creación de un entorno favorable al desarrollo social.
10. La mejora de la cooperación internacional.

Estos compromisos se mezclarían un par de años más tarde con las declaraciones de los trabajadores en la denominada *Cláusula Social*. Ambos hechos constituyeron los orígenes del concepto de trabajo decente [4].

Así, durante la Conferencia Internacional del Trabajo de 1994, como respuesta a los planes de acción promovidos por el Consenso de Washington, la OIT en conjunto con la Confederación Internacional de Organizaciones Sindicales Libres (CIOSL) presentaron una propuesta de cláusula social, en la que los trabajadores rechazaban las condiciones laborales que los nuevos lineamientos imponían. Un fragmento de la cláusula que se estableció fue presentada en la conferencia por el presidente del grupo de trabajadores, Enzo Friso, líder de la CIOSOL, quien definió la postura de la clase trabajadora con respecto a dicha cláusula de la siguiente manera:

“La cláusula social se opone a la mano de obra infantil, al trabajo forzoso, a la discriminación. Por otra parte, nuestra cláusula apoya la libertad sindical. Nuestra cláusula social contempla que la negociación libre es la manera de establecer los salarios y las condiciones de empleo que puede permitirse un país a la luz de sus circunstancias nacionales.” [4], [5].

En esta cláusula se establecían los principios de la libertad sindical y el derecho a un empleo digno para los trabajadores. Estos elementos conformarían más tarde la esencia del concepto de trabajo decente. Con el reconocimiento de las condiciones laborales de los trabajadores en el mundo por parte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la OIT emprendió la búsqueda de un concepto que englobara las garantías y los derechos sociales del trabajador, que abarcara los aspectos económicos y sociales, sin exclusión de ningún tipo (género, raza, origen social o étnico, etc.).

La generación de este concepto quedó a cargo Juan Somavia, elegido en 1999 como Director General de la OIT, quien anteriormente había hecho referencia a las condiciones precarias del trabajador, causadas por la globalización. En ese año, Somavia publicó en la Memoria titulada *Trabajo Decente* lo siguiente: *“La finalidad de la OIT es promover oportunidades para que los hombres y las mujeres puedan conseguir un trabajo decente y productivo en condiciones de libertad, equidad, seguridad y dignidad humana” [5].*

El concepto de *trabajo decente* elaborado por Somavia, promovía una solución multidimensional a las problemáticas vinculadas con las condiciones laborales del trabajador. Por una parte, se tomaba en consideración el aseguramiento de las garantías y los derechos sociales del trabajador. Asimismo, se planteaba la necesidad de considerar la equidad de género mediante la promoción de oportunidades laborales para hombres y mujeres. De esta manera, se alentaba la elección del trabajo en condiciones de libertad y el respaldo laboral a través de un esquema de seguridad social que abarcara el acceso a un sistema de salud, derecho a un retiro digno e inclusive el cuidado de la familia. Por último, pero no menos importante, el concepto de trabajo decente implicaba que el trabajador obtuviera las condiciones necesarias para conseguir un empleo sin sufrir marginación o explotación laboral.

Somavia se encargó de promover ampliamente el concepto de trabajo decente. En la X reunión de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), organizada en febrero de 2000, en Tailandia enunció:

“El trabajo decente es la cristalización de la aspiración más profunda del ser humano [...] es la forma en que las mujeres y los hombres corrientes expresan sus necesidades. Si uno tiene la posibilidad de recorrer las calles [...] y preguntarle a la gente lo que desea en medio de las nuevas incertidumbres que la globalización ha traído a sus vidas, su respuesta es: trabajo. [...] se refieren a una actividad que le permita atender las necesidades de sus familias en cuanto a seguridad y salud, a la educación de los hijos, y a la seguridad de los ingresos después de la jubilación [...] Esto es lo que significa trabajo decente” [4].

Con esta declaración, los organismos internacionales apreciaban que era necesario tomar en cuenta el trabajo decente como una meta global, debido a que las condiciones de los trabajadores eran cada vez más precarias y contribuían al incremento de la pobreza.

Los cuatro objetivos del trabajo decente

El concepto de trabajo decente contiene cuatro objetivos universales que promueven la creación de nuevas políticas, adecuadas a las necesidades de cada país. Estos objetivos consideran las condiciones de trabajo y las peticiones que los trabajadores expresan acorde con su situación laboral, las cuales deben ser combatidas o apoyadas, de acuerdo a sus características políticas, económicas, sociales, geográficas, etcétera.

Los cuatro objetivos del trabajo decente son [4], [5], [6]:

- a) La promoción y defensa de los derechos e intereses fundamentales de los trabajadores.
- b) El empleo, entendido como la demanda de la sociedad por nuevas oportunidades de trabajo en condiciones aceptables y bajo un marco de libertad de elección.
- c) La protección social como apoyo al trabajador para la conservación de estándares de vida dignos y tolerables.
- d) El diálogo social que fomente la asociación de trabajadores para el bienestar común.

Estos cuatro objetivos del trabajo decente pretenden garantizar a la clase trabajadora y a la población en general, el acceso al empleo y la libertad de elegirlo, además de reconocer la idea de un empleo sin discriminación que considere los derechos básicos de los trabajadores. Asimismo, los objetivos buscan que los trabajadores perciban ingresos dignos que solventen sus necesidades básicas, económicas, sociales y familiares, al tiempo que proporcionan un nivel adecuado de protección social y la representación de los trabajadores en organizaciones pacíficas en las que su voz y voto puedan ser escuchados.

En síntesis, los cuatro objetivos son una oportunidad para que los trabajadores puedan gozar de una mejor calidad de vida y a su vez mejorar las condiciones de su propio trabajo. Cada objetivo contiene una meta que se debe llevar a cabo para llegar al objetivo principal, esto es, “*provocar cambios positivos en la vida de las personas a nivel nacional y local*” [7]. Asimismo, los objetivos promueven de manera abierta una solución a las problemáticas que atañen al trabajador y a la economía de cada país. El proceso para llevar a cabo cada uno de estos objetivos no es sencillo. La OIT sólo puede intervenir en cuestiones de empleo, aunque sus posturas pueden ser capaces de influir a otros organismos y ejercer presión para diseñar políticas conjuntas que promuevan el trabajo decente.

2.2 Causas de la flexibilidad laboral y principales formas en las que se manifiesta

La información hasta ahora presentada, permite plantear la siguiente reflexión: si la meta del trabajo decente es promover la permanencia del empleado en su puesto de trabajo, de asegurarle protección social para él y su familia, y de garantizar un diálogo social en un ambiente de libertad, surge la pregunta de cómo hacer compatibles estos ideales con los esquemas de flexibilización laboral que se están impulsando.

El origen de la flexibilidad laboral puede ubicarse en el periodo de 1970-1985, época en la que ocurrieron una serie de cambios tecnológicos, económicos y legislativos que retaron la capacidad de las empresas para adecuarse a panoramas de incertidumbre económica [8], [9], [10].

Durante la década de los ochenta, la instauración del modelo neoliberal, permitió el avance de la globalización, el proceso de apertura comercial y la desregulación de los mercados de capitales nacionales. Ello ocasionó que se le otorgara un mayor peso a las políticas orientadas hacia el mercado externo. Bajo este orden de ideas, era necesario, además de la eliminación de las barreras proteccionistas al comercio internacional, los aumentos en la productividad de las empresas nacionales que les permitieran competir en los mercados externos. Esto condujo a los países a estimular la actividad exportadora, mediante la reducción de costos laborales y a través de la implementación de la flexibilidad en los puestos de trabajo, que permitieran un superávit en la balanza comercial y ventajas competitivas [11].

Así, las empresas transnacionales comenzaron la internacionalización de sus procesos productivos. Los defensores del modelo argumentaban que estas estrategias empresariales aunadas a las políticas liberalizadoras fomentarían una mayor productividad en las economías en desarrollo, al tener acceso a nuevas tecnologías en el aparato productivo. Se pensaba que el trabajador lograría sustituir el trabajo físico por el trabajo intelectual, debido a que los instrumentos rudimentarios utilizados para la producción, habían sido transformados en grandes procesadores de cómputo que facilitaban la labor física, y que implicaban un mayor conocimiento [12].

Con base en las ideas previas, se puede señalar que algunos de los acontecimientos que ayudaron a promover los esquemas de flexibilidad laboral fueron los siguientes [8], [10], [13], [14], [15]:

- a) La escasez de insumos y el estancamiento económico de la década de los setenta que dieron lugar a la reactivación de la demanda agregada vía el comercio exterior.
- b) La instauración del liberalismo económico que favoreció el libre comercio y la consecuente necesidad de incrementar la competitividad a nivel internacional.
- c) La aparición de nuevas formas de organización empresarial que sustentaban la competitividad en la disminución de los costos laborales, y el uso de esquemas de contratación flexible.
- d) El avance en las tecnologías de la información y comunicación que permitieron nuevos esquemas de organización y administración al interior de las empresas, tendientes a mejorar los niveles de productividad y la disminución de los costos laborales en la producción.

En esta estrategia de reorganización industrial, la reducción en los costos laborales unitarios fue crucial para que muchas economías emergentes cumplieran con los requisitos de competitividad que los mercados internacionales exigen. Desde una perspectiva ortodoxa, se considera que la rigidez del mercado de trabajo, en cuanto a sus costos, representa un obstáculo para la contratación de nuevo personal, lo cual ocasiona mayores niveles de desempleo. Así, las empresas se justifican con el argumento de que la adversidad económica no les permite incurrir en gastos de contratación superiores a los mínimos que establecen las leyes laborales. Bajo esta explicación, se define a la flexibilidad laboral como las normas jurídicas del trabajo asalariado que permiten a las empresas adaptarse a un panorama altamente competitivo y cambiante [16].

En resumen, se puede afirmar que el origen de la flexibilidad laboral se encuentra en la necesidad de los países y las empresas para adaptarse a cambios que representan escenarios de incertidumbre. La aplicación de las medidas de liberalización económica, comercial y financiera, aumentó la necesidad de que los países elevaran sus niveles de competitividad.

2.21 Tipos de flexibilidad laboral

Existen tres maneras distintas en que los empresarios podrán flexibilizar su mano de obra ante la presencia de un desequilibrio económico o un aumento en la competitividad de su sector, las cuales se describen a continuación.

A. *La flexibilidad de costos laborales.*

Una de las causas por las cuales se busca incrementar la flexibilidad del mercado de trabajo es la eliminación de la rigidez salarial. Dicha rigidez se explica en gran medida por la amplia participación gubernamental en la formación de los salarios del sector privado, especialmente en relación con el nivel de salario mínimo y los ajustes en base a un indicador de precios, así como las prestaciones sociales que por ley deben proveer los empleadores [17]. En ese sentido, las empresas han determinado que el mercado de trabajo es ineficiente, debido a que el costo que pagan por la mano de obra es muy elevado y no permite hacer modificaciones ante las variaciones del comportamiento económico.

Desde esa visión, es necesario flexibilizar los costos laborales para poder generar una salida a las necesidades de la empresa. Lagos define a la flexibilidad de los costos laborales como el grado de sensibilidad de los salarios nominales y los costos no salariales a las variaciones de las condiciones económicas en general y el desempeño de las distintas empresas [18]. Así, la definición de los costos laborales que nos ofrece este autor comprende dos grandes perspectivas: i) el pago de la remuneración de los asalariados, ya sea en especie o monetariamente; y ii) las prestaciones que la empresa proporciona a sus trabajadores.

El saber convencional ortodoxo postula que bajo un esquema de condiciones laborales flexibles los empresarios generarán un mayor nivel de inversión productiva, al ajustar a la baja el pago por remuneraciones laborales. Es decir, se lograría disminuir el nivel de inversión de mano de obra y aumentar la inversión en capital, lo cual dará como resultado la generación de nuevos empleos. Por el lado de las prestaciones, la flexibilidad salarial busca eliminar los pagos obligatorios al trabajador que las legislaciones laborales le imponen al empleador (aguinaldos, participación de los trabajadores en las utilidades de la empresa, licencias de maternidad). Estas medidas tendrán como finalidad que las empresas puedan contratar una mayor cantidad de trabajadores a un costo menor, reduciendo los niveles de desempleo y aumentando la productividad de cada trabajador [10].

La flexibilidad de los costos laborales permite que las empresas eviten tener pérdidas y puedan obtener un mayor control sobre su sistema productivo. Si las empresas logran alcanzar la eficiencia económica, esto traerá consigo efectos beneficiosos como un incremento del empleo y de la inversión productiva, y la nueva generación de trabajadores tendrá acceso a un mayor salario con base en la elevación de sus niveles de productividad.

B. *La flexibilidad numérica.*

Se puede definir a la flexibilidad numérica como la capacidad que tienen las empresas para contratar *temporalmente* mano de obra especializada y no especializada, en función de las necesidades de la producción [19]. Este tipo de flexibilidad laboral permite reducir los costos en los que incurren las empresas, si ellas mismas tuvieran que capacitar o contratar al personal requerido para una actividad en específico dentro del proceso productivo.

La flexibilidad numérica puede ser clasificada en dos rubros, los cuales se presentan a continuación [20]:

- a) *La flexibilidad numérica externa.* Este esquema busca flexibilizar el volumen de trabajo, al ajustar el número de trabajadores mediante el despido o la contratación de empleados temporales que favorezcan las necesidades de la producción.
- b) *La flexibilidad numérica interna.* Esta estrategia permite realizar cambios en el tiempo de trabajo, al alterar el número de horas laborales sin variar la cantidad de los empleados, lo cual representa una ventaja para aquellas empresas que suelen aumentar su productividad en periodos de tiempo específicos.

Algunas de las maneras en que se puede manifestar la flexibilidad numérica externa son [20]:

- *Contratos de duración determinada.* Permite al empresario contratar un número de trabajadores durante un tiempo determinado para satisfacer las necesidades de la producción.

- *Trabajadores por cuenta propia.* Permiten que el empresario logre externalizar aquellas actividades que representen un costo elevado para la producción. En su mayoría estas actividades tienen que ver con servicios de administración y contabilidad.
- *Trabajadores subcontratados.* Representan una fuente alternativa de trabajadores para la empresa, aunque la mayoría de las ocasiones los empresarios utilizan a estos trabajadores para no incurrir en costos laborales.

Algunas de las formas en las que se manifiesta la flexibilidad numérica interna son [20]:

- *Tiempo extra.* Las empresas pueden alargar la jornada laboral del trabajador, con el objetivo de cubrir las necesidades de su producción. Este instrumento está restringido a un cierto número de horas, de acuerdo a la legislación de cada país.
- *Jornada laboral flexible.* Permite al trabajador o al empresario según sea el caso, ajustar el horario laboral de acuerdo a sus necesidades o gustos. Cabe señalar que el horario queda remitido a un cierto número de horas semanales o anuales.
- *Jornada laboral a tiempo parcial.* Aboga por las necesidades de aquellos trabajadores jóvenes o personas que desarrollan otras actividades, al permitirles trabajar durante una menor cantidad de horas a las establecidas en la legislación. Este instrumento permite al empresario mantener el trabajo en tiempo y forma sin incurrir en mayores costos.
- *Trabajo por turnos.* Permite al empresario mantener un margen intensivo de trabajo, a partir de horarios establecidos en los cuales los trabajadores sólo sustituyen la actividad de los trabajadores del turno anterior.
- *Trabajo intermitente.* Permite al empresario disponer de mano de obra temporal, para contrarrestar los efectos estacionales. Un claro ejemplo de esto son los servicios vacacionales o las ventas navideñas.

Se puede argumentar que el uso de cada una de estas herramientas corresponderá a las necesidades de la empresa. Ésta buscará sustituir aquella mano de obra que incurra en costos relativamente altos, y utilizar la jornada laboral de los trabajadores que más se adecúe a las necesidades de su demanda en el mercado de bienes y servicios [19].

C. *La flexibilidad funcional.*

La flexibilidad funcional hace referencia a la capacidad de las empresas para utilizar eficazmente la fuerza de trabajo al variar la labor que desempeña ante modificaciones en la cantidad de trabajo y las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías [18]. En otras palabras, la flexibilidad funcional se caracteriza por las diferentes tareas que puede realizar el trabajador en el interior de la empresa, con la ayuda de la tecnología y en concordancia con las necesidades de la producción.

Para que este tipo de flexibilidad laboral funcione adecuadamente se debe contar con personal altamente calificado que posea las capacidades para adaptarse a cualquier tarea del proceso productivo y que tome participación activa en la toma de decisiones y en las formas de organización que ocurren al interior de la empresa [21]. Bajo este razonamiento, se puede argumentar que este tipo de flexibilidad laboral provocará que el trabajador sea, paradójicamente, más productivo y menos especializado. Por consiguiente, en el largo plazo, el nivel de los salarios tenderá a decrecer y la mano de obra podrá ser altamente sustituible, lo que en pocas palabras simboliza precariedad en el empleo.

En síntesis, los diferentes tipos de flexibilidad laboral tienen como objetivo promover la adaptabilidad de la fuerza laboral a las necesidades de la empresa. Así, se emplean algunas medidas tales como: jornadas laborales flexibles, formas de contratación atípica, salarios basados en la productividad, rotación de trabajadores en la empresa, etcétera, las cuales representan una oportunidad para que el empresario haga frente a las variaciones de su demanda en el mercado, y no incurra en costos mayores a los previstos. Asimismo, se puede inferir que la implantación de estas medidas no ha favorecido a la clase trabajadora ya que ésta ha sufrido la pérdida de sus derechos laborales, condiciones precarias de trabajo, y desestabilidad económica que impactan directamente en la vida laboral y social del trabajador.

2.3 La incompatibilidad de las metas de trabajo decente y los esquemas laborales flexibles. Un modelo de regresión lineal

El objetivo de esta sección es demostrar con ayuda de un modelo clásico de regresión lineal múltiple, que las metas de trabajo decente son incompatibles con los esquemas de flexibilidad laboral, ya que éstos últimos generan efectos distributivos adversos para la clase trabajadora.

2.31 Descripción de la metodología y de las variables utilizadas.

La metodología que se utiliza para el modelo econométrico es el análisis de regresión lineal múltiple, basado en el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Se decidió utilizar el método de MCO ya que presenta propiedades estadísticas que lo han convertido en uno de los más eficaces del análisis de regresión. Se considera que los estimadores que resultan de esta metodología, son *mejores estimadores linealmente insesgados* (MELI) si cumplen con las siguientes características [22]:

- a) Son una función lineal de una variable aleatoria, como la variable dependiente Y en el modelo de regresión.
- b) Son insesgados, es decir, su valor promedio esperado es igual al valor verdadero.
- c) Tienen varianza mínima, lo que los hace ser estimadores eficientes.

El fundamento de MCO es minimizar las perturbaciones o errores que se pueden cometer en la elaboración de un modelo, utilizando la mejor combinación de los parámetros muestrales $(\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3 \dots \hat{\beta}_n)$.

Las variables de estudio se representaron con los siguientes indicadores:

- a) *Índice del costo unitario de la mano de obra del sector manufacturero*. Es la variable dependiente y representa los costos de la mano de obra en México por unidad de productividad. Es decir, ilustra la variación de las remuneraciones (salarios más prestaciones) por unidad del factor trabajo, en comparación con la productividad laboral¹. Se entendería que en esquemas de contratación flexibles, los empresarios buscan reducir este indicador, lo cual tiene un efecto distributivo adverso para la clase trabajadora.
- b) *Índice de productividad laboral por horas trabajadas del sector manufacturero*. Es una de las variables independientes y representa la productividad de la mano de obra en México en el sector manufacturero. Esta variable relaciona el valor real de la producción con las horas dedicadas a su elaboración². En ese sentido, se espera una relación negativa entre el costo laboral unitario y la productividad, debido a que con la introducción de la nueva tecnología y las nuevas formas flexibles de organización laboral, se estaría ocupando una menor cantidad de mano de obra y reduciendo la cantidad de horas dedicadas a la producción. Bajo esquemas flexibles, ocupar una menor cantidad de mano de obra implica un efecto distributivo desfavorable para la clase trabajadora.
- c) *Índice de las prestaciones sociales medias con base en el personal ocupado de la industria manufacturera*. Es otra de las variables explicativas y representa las prestaciones sociales que recibe el trabajador mexicano por la labor desempeñada en su lugar de trabajo³. Se espera que la relación entre esta variable y los costos laborales unitarios sea positiva, debido a que un incremento de la productividad debería traducirse en un aumento de las remuneraciones del factor trabajo, es decir, habría un efecto distributivo a favor de los trabajadores.
- d) *Tasa de informalidad laboral I*⁴. Es la última de las variables independientes incluidas en el modelo. Representa la participación de la población ocupada que labora en condiciones de precarización laboral, es decir, que aunque es parte de la población que trabaja no se encuentra inscrita bajo ninguna clase de empleo formal. La incorporación de esta variable ayudará a demostrar que las condiciones laborales vulnerables en el sector informal de la economía promueven la precarización del sector formal, esto es, la existencia de precarización genera más precarización. Se espera obtener una relación negativa entre la informalidad y los costos laborales unitarios debido a que la existencia de este tipo de población ocupada ejerce una presión negativa sobre los niveles salariales en el sector formal, y precariza las condiciones laborales de quienes se encuentran empleados en él.

¹ INEGI [23] obtiene este indicador, a partir, de dividir el índice de las remuneraciones medias reales (con base en las horas trabajadas) entre el índice productividad laboral (con base en las horas trabajadas).

² INEGI [23] obtiene este indicador, a partir, del cociente del índice de valor de la producción a precios constantes y el índice de horas trabajadas.

³ INEGI [24] obtiene este indicador, a partir, del cociente del índice de las prestaciones sociales reales y el índice de personal ocupado total de la industria manufacturera.

⁴ La tasa de informalidad I representa a la proporción de la población ocupada que comprende a la suma, sin duplicar, de los ocupados que son laboralmente vulnerables por la naturaleza de la unidad económica para la que trabajan, con aquellos cuyo vínculo o dependencia laboral no es reconocido por su fuente de trabajo [23].

De las cuatro variables presentadas anteriormente, tres son indicadores de la industria manufacturera y uno corresponde a los indicadores de empleo. La selección de estos medidores se justifica por los siguientes motivos:

- Son los adecuados para el modelo ya que no presentan alteración alguna en sus bases metodológicas y se encuentran disponibles sin ninguna restricción desde su creación⁵.
- Los indicadores de la industria manufacturera engloban y representan la mayoría de los componentes de la flexibilidad laboral y el trabajo decente. Esto ofrece una perspectiva congruente del funcionamiento de estos conceptos dentro de uno de los sectores más importantes de la actividad económica en México.
- El indicador de informalidad demuestra el alarmante porcentaje de la población que se encuentra laborando en condiciones precarias de trabajo. Ello a su vez, provoca presión sobre los salarios del mercado formal de trabajo, con lo que la precarización se convierte en un fenómeno recurrente.

Los indicadores utilizados en el modelo econométrico se obtuvieron de dos encuestas que realiza el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). La primera de ellas es la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM), de donde se obtuvieron los indicadores de:

- Índice del costo unitario de la mano de obra
- Índice de productividad (por horas trabajadas)
- Índice de las prestaciones sociales medias (con base en el personal ocupado)

La segunda es la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), de la cual se extrajo la Tasa de Informalidad Laboral 1.

Los indicadores presentan una periodicidad mensual y abarcan el periodo de enero de 2007 a febrero de 2015, por lo que cada serie de tiempo contiene un total de 98 observaciones.

2.32 Análisis descriptivo de las variables

Con la finalidad de ver el comportamiento de las variables y saber si éstas necesitan tener algún tipo de tratamiento para el análisis de regresión múltiple, se procedió a la elaboración de un análisis descriptivo. En este análisis se observará el comportamiento individual de cada una de las variables, identificando cuáles han sido sus tendencias y sus variaciones a largo del tiempo.

En la figura 1 se evidencia el comportamiento de cada una de las variables de forma individual. Como se puede observar, las series muestran un comportamiento tendencial diverso, pero con posibles efectos estacionales.

⁵ Es necesario recordar que la flexibilización laboral fue implantada desde la década de los años ochenta, así que la mayoría de estos indicadores han ido evolucionando desde ese entonces. Es por ello, que en este trabajo sólo se tomaron en cuenta los indicadores disponibles que mostraban una estructura temporal y metodológica acorde con las necesidades de validación de la hipótesis de trabajo.

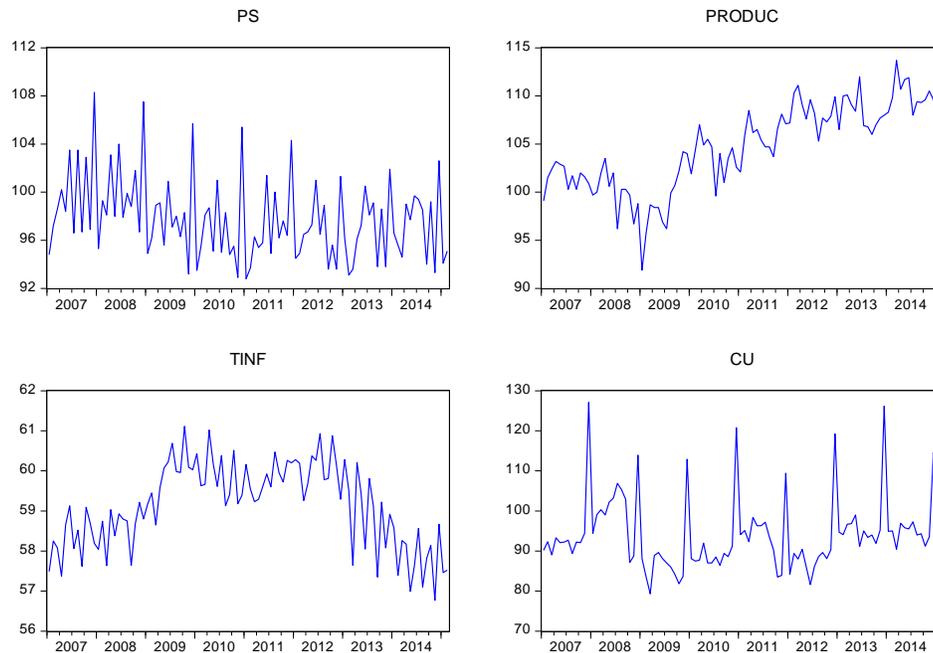


Figura 1: Gráfico 1. Representación gráfica de las series originales

Fuente: Elaboración propia con resultados del software E-views 7

El Índice del costo unitario de la mano de obra (CU) muestra una ligera tendencia a decrecer. De enero de 2007 a febrero de 2015 este índice ha disminuido en 4.32%, al pasar de 90.2 a 86.3 unidades, lo cual podría indicar que los esquemas de flexibilización laboral han sido utilizados de manera correcta por los empresarios al disminuir sus costos laborales. Asimismo, se puede observar un comportamiento estacional en el mes de diciembre, lo que refleja que en esas fechas los empresarios pagan una mayor cantidad de dinero al trabajador formal, lo cual es congruente con la legislación mexicana que establece el pago anual de un aguinaldo.

Por otro lado, se observa que el índice de productividad (PRODUC) mostró un comportamiento ascendente en el periodo de estudio, al incrementarse de 99.1 a 112.6 unidades, de enero de 2007 a febrero de 2015. Ello representa un 13.62% de crecimiento del indicador. Se puede apreciar que el peor desempeño de este medidor ocurrió tras la crisis económica de 2008, al establecerse en 90.1, en enero de 2009. Ello advierte que la productividad es vulnerable ante situaciones de crisis económicas, que obligan a ajustes en los niveles de la producción.

En cuanto al índice de prestaciones sociales medias, éste se ha mantenido en un nivel de variación constante, pues de enero de 2007 a febrero de 2015 sólo ha disminuido un 0.31%, al transitar de 94.8 a 95.1 unidades. Esta variable, al igual que los costos unitarios de la mano de obra, presenta un comportamiento estacional en el mes de diciembre, lo que reafirma la idea de que los empresarios pagan durante ese mes un ingreso mayor a los trabajadores. Considerando lo anterior, se podría afirmar que pese a los esquemas de flexibilización laboral, la remuneración de los trabajadores mexicanos preserva prestaciones de ley, situación que, desde un enfoque empresarial, implica rigidez en los costos laborales, aunque tiene efectos distributivos favorables para el trabajador.

Por último, la tasa de informalidad laboral (TINF) muestra un comportamiento cóncavo, al registrar su máximo valor en el mes de noviembre de 2009, cuando dicha tasa se elevó hasta 61.11%, mientras que los valores mínimos se mantuvieron cercanos al 57.5%. Con los datos previos, se puede afirmar que la población que trabaja en condiciones vulnerables o precarias en México, asciende a más de la mitad de la población ocupada, lo cual podría demostrar que no se han generado una suficiente cantidad de empleos dignos.

Como ya se ha indicado, a través del análisis gráfico se detectaron efectos estacionales en el mes de diciembre para los indicadores relacionados con el costo laboral y las prestaciones sociales, así como una perturbación del indicador de productividad, en enero de 2009. Dichos elementos podrían generar errores de especificación en el modelo. Para evitar esta situación,

se recurrió a la utilización de términos autorregresivos y de medias móviles, estacionales y no estacionales. Para ello se siguió la metodología utilizada por Box-Jenkins en sus Modelos Autorregresivos Integrados de Media Móvil con un factor Estacional, mejor conocidos como modelos SARIMA.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Tratamiento de los datos.

Para evitar los problemas estadísticos derivados de la estacionalidad que presentan las variables del modelo, se aplicaron diferencias logarítmicas de primer orden. Asimismo, para cumplir con los requerimientos de estacionariedad que marca la metodología Box-Jenkins para modelos SARIMA, se identificó el orden de integración de las series de tiempo. Más adelante, se presentan las pruebas gráficas (informales) y estadísticas (formales) de estacionariedad.

Retomando la información que se presentó en el Gráfico1, en el que se presentan las series originales, se puede observar claramente que ninguna de las variables es un proceso estacionario. No obstante, al aplicar diferencias logarítmicas parece ser que las series se hacen estacionarias (Gráfico 2, de la figura 2).

Para corroborar la estacionariedad de las series se llevaron a cabo las pruebas estadísticas de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentada (DFA) y Phillips-Perron (PP). Ambas pruebas se basan en la hipótesis nula de que existe raíz unitaria o no estacionariedad en la serie, por lo tanto, si el valor probabilístico es mayor a 0.05 se acepta esta hipótesis, es decir, se reconoce que la serie es no estacionaria [25].

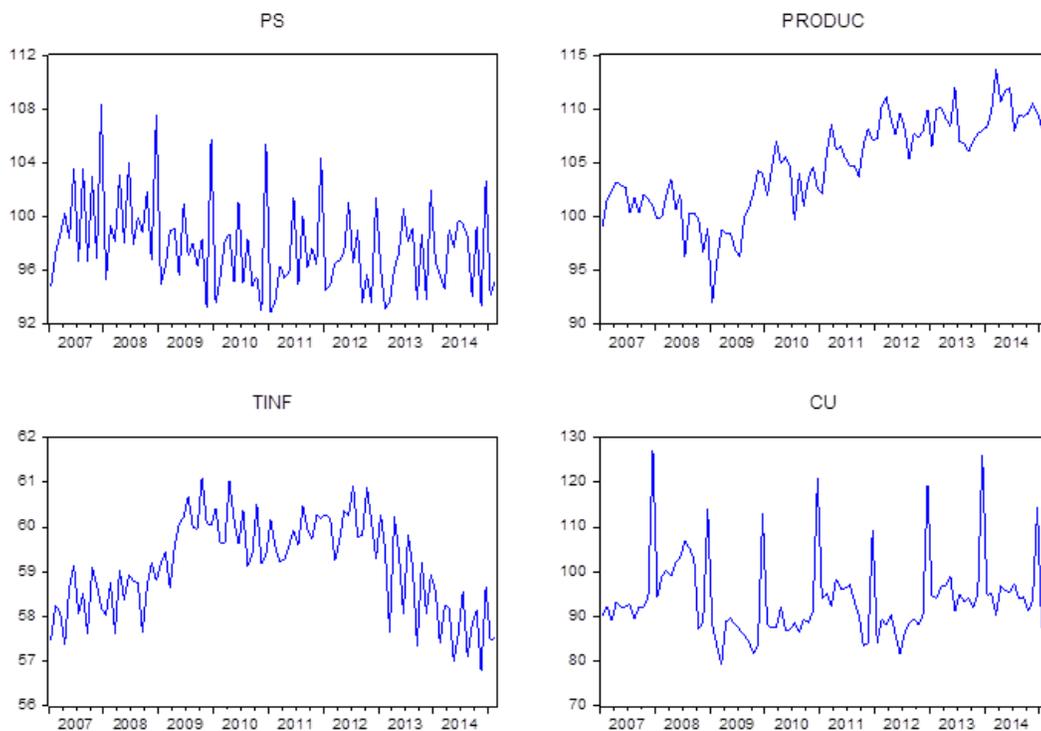


Figura 2: Gráfico 2. Representación gráfica de las series en diferencias logarítmicas

Fuente: Elaboración propia con resultados del software E-views 7

La Tabla 2 muestra los resultados que se obtuvieron al aplicar las pruebas de raíz unitaria. Como se puede apreciar, al aplicar la prueba DFA a las series en diferencias logarítmicas, se obtiene que todas son estacionarias, con la excepción de DLCU, la cual presenta problemas de raíz unitaria con intercepto y, con intercepto y tendencia. Asimismo, la prueba de PP

muestra que todas las series son completamente estacionarias. Por lo tanto, éstas cumplen con los requisitos de estacionariedad que marca la metodología Box-Jenkins para modelos SARIMA.

Tabla 2: Pruebas de raíz unitaria: Dickey- Fuller Aumentada (DFA) y Phillips Perrón (PP).

EN NIVELES					
CU	DFA		PP		Orden de Integración
	t-estadístico	Probabilidad	t-estadístico	Probabilidad	
Intercepto	-1.520746	0.5185	-8.325148	0.00000	I(1)
Tendencia e intercepto	-1.504867	0.8206	-8.281996	0.00000	I(1)
Sin tendencia ni intercepto	-0.463065	0.5119	-0.353128	0.55530	I(1)
PRODUC	DFA		PP		Orden de Integración
	t-estadístico	Probabilidad	t-estadístico	Probabilidad	
Intercepto	-1.546952	0.5057	-2.06248	0.2603	I(1)
Tendencia e intercepto	-4.766016	0.0010	-4.79308	0.0009	I(1)
Sin tendencia ni intercepto	0.625201	0.8497	1.06529	0.9243	I(1)
PS	DFA		PP		Orden de Integración
	t-estadístico	Probabilidad	t-estadístico	Probabilidad	
Intercepto	-1.600709	0.4779	-12.46584	0.0001	I(1)
Tendencia e intercepto	-0.989035	0.9396	-14.39016	0.0000	I(1)
Sin tendencia ni intercepto	-1.540181	0.1154	-0.049244	0.6639	I(1)
TINF	DFA		PP		Orden de Integración
	t-estadístico	Probabilidad	t-estadístico	Probabilidad	
Intercepto	-1.218252	0.6640	-5.294131	0.0000	I(1)
Tendencia e intercepto	-1.329249	0.8745	-5.272934	0.0002	I(1)
Sin tendencia ni intercepto	-0.093711	0.6488	-0.018232	0.6742	I(1)
EN DIFERENCIAS LOGARITMICAS					
DLCU	DFA		PP		Orden de Integración
	t-estadístico	Probabilidad	t-estadístico	Probabilidad	
Intercepto	-2.192300	0.2106	-44.4653	0.0001	I(0)
Tendencia e intercepto	-2.177951	0.4953	-41.86475	0.0001	I(0)
Sin tendencia ni intercepto	-2.212017	0.0268	-44.77707	0.0000	I(0)

DLPRODUC	DFA		PP		Orden de Integración
	t-estadístico	Probabilidad	t-estadístico	Probabilidad	
Intercepto	-14.086590	0.0001	-16.20606	0.0001	I(0)
Tendencia e intercepto	-14.012240	0.0000	-16.16979	0.0000	I(0)
Sin tendencia ni intercepto	-14.111750	0.0000	-15.8763	0.0000	I(0)
DLPS	DFA		PP		Orden de Integración
	t-estadístico	Probabilidad	t-estadístico	Probabilidad	
Intercepto	-7.274680	0.0000	-86.68324	0.0001	I(0)
Tendencia e intercepto	-7.379732	0.0000	-81.93738	0.0001	I(0)
Sin tendencia ni intercepto	-7.085686	0.0000	-84.27594	0.0000	I(0)
DLTINF	DFA		PP		Orden de Integración
	t-estadístico	Probabilidad	t-estadístico	Probabilidad	
Intercepto	-17.82096	0.0001	-25.06474	0.0001	I(0)
Tendencia e intercepto	-18.17042	0.0000	-27.40624	0.0001	I(0)
Sin tendencia ni intercepto	-17.91752	0.0000	-25.20341	0.0000	I(0)

Fuente: Elaboración propia con datos de salida de E-views 7

3.2 Resultados del análisis de regresión lineal múltiple

Con la finalidad de validar la incompatibilidad que existe entre los esquemas de flexibilidad laboral y los objetivos de trabajo decente, se plantea el siguiente modelo econométrico (ecuación 1):

$$CU_t = \beta_0 + \beta_1 PRODUC_t + \beta_2 PS_t + \beta_3 TINF_t + u_t \quad (1)$$

Donde:

CU =Costo de mano de obra de la industria manufacturera

$PRODUC$ =Productividad de la industria manufacturera

PS =Prestaciones sociales de la industria manufacturera

$TINF$ =Trabajo informal

β_0 =Intercepto de la ecuación

β_1 =Parámetro a estimar de la variable $PRODUC$

β_2 =Parámetro a estimar de la variable PS

β_3 =Parámetro a estimar de la variable $TINF$

u_t = Termino de error

En el modelo propuesto se asume que el costo laboral unitario (CU) puede ser explicado por la productividad del trabajo ($PRODUC$), en el sentido de que a mayor producción por hora-hombre – manteniendo constantes las remuneraciones – el costo laboral se reduce, lo que genera un efecto distributivo adverso para la clase trabajadora.

Asimismo, se contempla que aunque exista una mayor productividad ésta podría no ser remunerada, debido a la utilización de factores tecnológicos. Considerando esto, se asume que la variable que mide las prestaciones sociales medias de la po-

blación ocupada (PS) tendrá una relación positiva con el costo que el empleador debe asumir para brindar protección social y formalidad al trabajador, situación que propicia un efecto distributivo favorable para el trabajador.

Por último, la incorporación del nivel de informalidad de la economía (TINF), permitirá demostrar los efectos recurrentes de la precarización. Esto es así, porque la existencia de trabajadores que laboran en condiciones vulnerables genera una presión a la baja de las remuneraciones que obtienen los trabajadores formales. Se espera, por lo tanto, que entre ambos indicadores (TINF y CU) exista una relación negativa.

Al realizar el análisis de regresión con las diferencias logarítmicas de las variables de estudio e incorporando vectores autorregresivos y de medias móviles, así como el efecto estacional que se detectó en algunas de las variables, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3: Cuadro 2. Análisis de regresión múltiple en diferencias logarítmicas

Dependent Variable: DLCU

Method: Least Squares

Date: 01/15/16 Time: 10:57

Sample (adjusted): 2007M08 2015M02

Included observations: 91 after adjustments

Convergence achieved after 16 iterations

MA Backcast: OFF (Roots of MA process too large)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLPRODUC	-0.770902	0.268418	-2.872017	0.0052
DLPS	1.176530	0.119717	9.827560	0.0000
DLTINF	-1.101899	0.416971	-2.642629	0.0098
AR(6)	-0.331692	0.109677	-3.024260	0.0033
MA(2)	-0.245578	0.107750	-2.279153	0.0252
MA(4)	-0.299059	0.101737	-2.939523	0.0043
MA(24)	0.356711	0.110251	3.235456	0.0017
SMA(12)	0.575923	0.107249	5.369985	0.0000
R-squared	0.786556	Mean dependent var		-0.000786
Adjusted R-squared	0.768554	S.D. dependent var		0.118140
S.E. of regression	0.056835	Akaike info criterion		-2.813506
Sum squared resid	0.268113	Schwarz criterion		-2.592771
Log likelihood	136.0145	Hannan-Quinn criter.		-2.724453
Durbin-Watson stat	2.175216			

Fuente: Elaboración propia con datos de salida de e-views 7

Se puede apreciar que los coeficientes de regresión que ponderan a las variables explicativas son estadísticamente significativos y tienen el signo que se esperaba. El coeficiente de determinación (R^2) muestra que las variaciones en el costo laboral unitario se explican en un 78.65% por cambios en las variables que integran el modelo.

Como ya se anticipaba, se encontró una relación negativa entre la variación de la productividad y los cambios en el costo laboral unitario. El resultado obtenido indica que a cada unidad de variación de la productividad, le corresponde una reducción en el crecimiento del costo laboral unitario de 0.7709. Al inicio de esta sección se había advertido que la relación negativa entre productividad y costo laboral unitario implicaba un efecto distributivo adverso a los intereses del trabajador, especialmente si se demuestra que el crecimiento de la productividad se debe a la incorporación de adelantos tecnológicos. De ser así, se estaría promoviendo la productividad basada en la flexibilidad funcional (un trabajador más hábil para manejar tecnología).

En cuanto a la variable que mide las prestaciones sociales, se advertía una relación positiva con el costo laboral unitario, situación que reflejaría un efecto distributivo a favor de la clase trabajadora. El resultado del estimador indica que por cada unidad de variación de las prestaciones sociales, el costo laboral unitario varía 1.1765. Este coeficiente, positivo y mayor a la unidad, muestra un costo laboral unitario que es sensible a variaciones en las prestaciones sociales. Desde un enfoque ortodoxo, el resultado obtenido evidencia las rigideces del mercado laboral, al hacer que el pago de prestaciones mínimas de ley, eleve sensiblemente el costo laboral unitario y que, por lo tanto, desincentive a los empresarios a crear fuentes de empleo. Sin embargo, desde la perspectiva del trabajador, esta relación positiva y superior a 1, indicaría un efecto distributivo a su favor.

Desafortunadamente, este impacto distributivo favorable queda parcialmente opacado por el resultado que se obtiene para la tercera variable explicativa. Cabe recordar que la incorporación de la tasa de informalidad permite evidenciar si las condiciones laborales vulnerables del mercado informal, presionan a la baja las percepciones salariales del sector formal, y por lo tanto, reducen el costo laboral unitario. El coeficiente obtenido indica que por cada unidad de variación positiva de la tasa de informalidad, el costo laboral unitario tiene una variación de -1.1018, lo que evidencia un costo de contratación de mano de obra que es sensible a variaciones en la tasa de informalidad. En otras palabras, el resultado obtenido demuestra que las condiciones laborales vulnerables en el sector informal de la economía promueven la precarización del sector formal.

Más aún, si se considera de manera conjunta el resultado del coeficiente que pondera a la productividad (-0.7709) – que tiene un efecto distributivo adverso para el trabajador especialmente si ésta se explica por la incorporación de innovaciones tecnológicas – con el que surge de la tasa de informalidad (-1.1018), entonces el efecto favorable que se había alcanzado con las prestaciones sociales, virtualmente desaparece. Esto es así porque la suma de los coeficientes que implican efectos distributivos desfavorables para el trabajador (-1.8727) supera a la elasticidad del costo laboral unitario con respecto a las prestaciones (1.1765).

Así, los resultados obtenidos permiten validar la hipótesis de trabajo sustentada en esta investigación: los esquemas de flexibilidad laboral no son compatibles con las metas de trabajo decente. El modelo previamente presentado muestra que el impacto distributivo favorable que tiene el trabajador al garantizarle acceso a prestaciones laborales mínima de ley – una de las metas del trabajo decente – queda eclipsado por los efectos de la flexibilidad funcional y un entorno de precarización laboral.

4. CONCLUSIONES

La implementación de las estrategias económicas liberales de mediados de la década de los ochenta, aunadas a los cambios tecnológicos han motivado cambios relevantes en los mercados laborales que en esta investigación se han contemplado desde dos aristas: la promoción del trabajo decente y la flexibilización laboral.

Tras observar el deterioro de las condiciones de la clase trabajadora, la Organización Internacional del Trabajo se dio a la tarea de promover cuatro objetivos de trabajo decente, esto es, derechos fundamentales del trabajo, acceso al empleo en condiciones de libertad, protección social y diálogo social. Si bien la concepción del trabajo decente es un ideal noble, su alcance implica largos procesos de ejecución, y coordinación entre los actores involucrados.

Por otro lado, la aparición de los procesos globales de producción fragmentada, los adelantos en las tecnologías de la información y el conocimiento, así como la necesidad de las empresas por ser más competitivas ha llevado al establecimiento de nuevas formas de flexibilidad del trabajo. Desafortunadamente, estos esquemas de organización flexible de la actividad laboral no han generado los resultados que de ellos se esperaban, es decir, no han propiciado un mejoramiento de las condi-

ciones de la clase trabajadora, ni de la inversión productiva generadora de nuevas fuentes de empleo. Esto es aún más crítico en escenarios de gran incertidumbre causada por los desequilibrios financieros.

Para el caso de México, se ha evidenciado que la implementación de la flexibilidad laboral ha ocasionado condiciones de trabajo vulnerables. Ello se explica por diversos motivos. Primeramente, la economía mexicana no ha generado los empleos formales suficientes para absorber a toda la población en edad de trabajar o que está en búsqueda de un empleo. La falta de empleo formal genera fuentes alternativas de trabajo que no procuran la protección social del trabajador y su familia. Como ya se ha demostrado en este trabajo, la presencia de condiciones vulnerables de empleo, termina afectando también a los empleados del sector formal, al presionar a la baja los salarios. Dicha situación se agudiza en el contexto de mercados laborales flexibles ya que los empresarios pueden justificar pagar bajos salarios, bajo el argumento de que existe abundancia de mano de obra disponible.

La evidencia econométrica que se presentó en este trabajo demuestra que las nuevas formas de flexibilidad laboral son incompatibles con las metas de trabajo decente. Se ha evidenciado que la aparición de esquemas de organización laboral basadas en la flexibilidad funcional – esto es, en un trabajador que sea hábil para adaptarse a los cambios tecnológicos – ha propiciado la precarización laboral. Esto es así porque se generan procesos distributivos adversos a los intereses del trabajador. Por una parte, los trabajadores no reciben una remuneración equivalente al incremento de su productividad, ya que se considera que el aumento de ella se debe a mejoras tecnológicas. Por otro lado, cuando son capaces de obtener efectos distributivos favorables, a través de las prestaciones mínimas de ley, dicho impacto se ve opacado por la precarización del sector informal que presiona a la baja los salarios de los trabajadores formales

5. REFERENCIAS

- [1] CALVA, J.L. Y SALAZAR, C., “Empleo digno y crecimiento económico”, In: Calva, J.L. (coord.) *Empleo digno, distribución del ingreso y bienestar*, Vol. 11, *Análisis Estratégico para el Desarrollo*, México, Juan Pablos Editor-Consejo Nacional de Universitarios, pp. 21-37, 2012.
- [2] MARTÍNEZ, R. Y REYES, E., “El Consenso de Washington: la instauración de las políticas neoliberales en América Latina”, *Política y Cultura*, v. n.37, pp. 35-64, primavera 2012.
- [3] OCAMPO, J., *Más allá del Consenso de Washington: una agenda para el desarrollo de América Latina*, In: Serie Estudios y Perspectivas-Sede Subregional de la CEPAL en México, n.26, pp. 5-19, enero 2005.
- [4] RODGERS, G., LEE, E., SWEPSTON, L. Y VAN DAELE, J. *La Organización Internacional del Trabajo y la lucha por la justicia social, 1919-2009*, Organización Internacional del Trabajo, Ginebra, pp. 208-237, 2009.
- [5] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, *Trabajo Decente*, In: *Conferencia Internacional del Trabajo 87ª reunión, Memoria del Director General*, Ginebra, pp. 1-100, 1999.
- [6] GALHARDI, R., “Políticas de empleo decente para México”, In: J.L. Calva (coord.), *Empleo digno, distribución del ingreso y bienestar*”, Vol. 11, *Análisis Estratégico para el Desarrollo*, México, Juan Pablos Editor-Consejo Nacional de Universitarios Consejo Nacional de Universitarios, México, pp. 38-69, 2012.
- [7] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, *Trabajo Decente*, <http://www.ilo.org/global/topics/decent-work/lang--es/index.htm>. Accedido 06 de diciembre de 2014.
- [8] JARAMILLO, A. “¿Reconversión industrial o reconversión empresarial”, *Revista Universidad EAFIT*, n.96, pp. 55-64, 1993.
- [9] DUANA, D., “Flexibilización laboral, el caso de México”, *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, núm. 92, pp. 1-27, 2008.
- [10] SALAZAR, C. Y AZAMAR, A., “Flexibilidad y precarización del trabajo en México”, *Política y Cultura*, n. 42, pp. 185-207, otoño, 2014.
- [11] BHADURI, A., “Flexibilidad del mercado de trabajo y expansión económica”, *Economía UNAM*, v. 2, n. 6, pp. 126-135, septiembre- diciembre, 2005.
- [12] DE LA LAMA, A., “Economía global: de los agitados años veinte a la primera crisis mundial del siglo XXI”, *Secuencia. Revista de historia y ciencias sociales*, n.87, UAM-Iztapalapa, pp. 212-217, septiembre-diciembre, 2013.

- [13] AMADEO, E. Y CAMARGO, J., “Flexibilidad laboral, productividad y ajuste”, *Boletín Socioeconómico*, n. 26, pp. 27-38, diciembre, 1993.
- [14] YÁÑEZ, S. “Condiciones sobre la flexibilidad laboral planteadas desde una mirada de género”, In: J. Ensignia y S. Yáñez (edit.), *Sindicalismo, género y flexibilización en el MERCOSUR y Chile. Inserción laboral femenina*, Fundación Friedrich Ebert y Centro de Estudios de la Mujer, Santiago de Chile, pp 97-210, 1999.
- [15] MIGUÉLEZ, F., “La flexibilidad laboral”, *Revista de la Asociación Estatal de Centros Universitarios de Relaciones Laborales y Ciencias del Trabajo*, v. 13, pp.17-36, 2004.
- [16] LÓPEZ, D., “Mitos, alcances y perspectivas de flexibilización laboral: un debate permanente”, *Análisis Laboral*, n.16, pp. 1-17, septiembre, 2002.
- [17] DE BRUN, J. Y LABADIE G., “Rigidez salarial, precios relativos y ajuste estructural: una interpretación del desempleo en Uruguay”, Documento de Trabajo No. 383, Banco Interamericano de Desarrollo, 1998.
- [18] LAGOS, R., “¿Qué se entiende por flexibilidad del mercado de trabajo?”, *Revista de la CEPAL*, n. 54, pp. 81-96, diciembre, 1994.
- [19] RIMBAU, E. Y TRIADÓ, X., “La flexibilidad laboral en la empresa”, *Capital Humano*, n. 197, pp. 38-48, marzo, 2006.
- [20] MARTÍNEZ, A., VELA, M., PÉREZ, M. Y DE LUIS, P., “Flexibilidad e innovación: el efecto moderador de la cooperación”, *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, v. 16, n. 4, pp. 69-88, 2006.
- [21] MERCEDES, P., YUCUMA, M. Y CUERVO, M., “Papel de gestión humana en procesos de flexibilidad funcional en empresas colombianas”, Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de Magister en Gerencia del Talento Humano, Universidad de Manizales, Colombia, pp. 17-32, 2014.
- [22] GUJARATI, D. Y PORTER, D.C., *Econometría*, 5ª edición, México, Editorial McGraw Hill, 2010.
- [23] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, *Síntesis metodológica de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera*, http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/encuestas/establecimientos/sm_emim.pdf. Accedido en diciembre de 2015.
- [24] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA “Indicadores del sector manufacturero. Cifras durante febrero de 2015”, http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2015/emim/emim2015_04.pdf. Accedido en abril de 2015.
- [25] GUERRERO, C. (2008), *Introducción a la econometría aplicada*, 1ª edición, México, Editorial Trillas, pp. 98-108, 2008.

DESARROLLO MULTIDISCIPLINARIO EN INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM VALLE DE MÉXICO. Compilado por: José Guadalupe Miranda Hernández, Luis Gabriela Morales Vega, Rigoberto Pérez Ramírez, Héctor Rafael Orozco Aguirre, Eduardo Rosas Rojas. Este trabajo es una compilación electrónica que se terminó de editar el 18 de abril de 2017 en el Centro Universitario UAEM Valle de México de la Universidad Autónoma del estado de México, en Atizapán de Zaragoza, Estado de México.