



# Resultados de Investigación en Ciencia, Ingeniería y Sociedad

## COMPILADORES:

L. A. Castañeda Escobar  
A. de J. Acosta de la Rosa  
M. A. Cerdan

FONAGE 2015

UNA APLICACIÓN EN INGENIERÍAS



# **Resultados de Investigación**

## **en Ciencia, Ingeniería y Sociedad**

### **COMPILADORES:**

**L. A. Castañeda Escobar**  
**A. de J. Acosta de la Rosa**  
**M. A. Cerdán**



Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

**EDICIÓN** Independiente.

Mayo, 2016

**COMPILADORES:**

Castañeda Escobar Lizbeth Angélica

Acosta de la Rosa Alma de Jesús

Cerdán María Angélica

## Resultados de investigación en ciencia, ingeniería y sociedad.

**EDITORIA:**

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Libro realizado en cofinanciamiento de la Secretaría de Educación Pública – Subsecretaría de Educación Superior – Dirección General de Educación Superior Universitaria.

Derechos Reservados © INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE XALAPA. Mayo 2016.

Reservados los derechos de reproducción. Salvo prescripción diferente y bajo autorización explícita del titular. No se podrá utilizar o reproducir ninguna parte de esta edición, bajo ninguna forma y por ningún procedimiento electrónico o mecánico, fotocopias y microfilms, con la excepción anterior o bajo expresa autorización del titular.

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE XALAPA

© Área de Transferencia e Innovación.

5ª. Secc. de la Reserva Territorial S/N. Col. Sta. Bárbara. C.P. 91096.

Tel/Fax: 01 (228) 1 65 05 25, Ext. 114.

Editado en los Estados Unidos Mexicanos

ISBN. – 978-607-8212-06-4

El material recopilado en esta publicación será usado exclusivamente para fines de divulgación.



Publicado por: Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.

La reproducción de esta publicación es con fines educativos y otros propósitos no comerciales está autorizada, previo permiso escrito de los propietarios de los derechos de autor, siempre y cuando la fuente sea totalmente acreditada.

Se prohíbe la reproducción de esta publicación para la venta u otro propósito comercial sin el consentimiento escrito de los propietarios de los derechos de autor.

Citar: Castañeda L. A. E., Acosta A. J. R. (2015). Resultados de investigación en ciencia, ingeniería y sociedad. Volumen 1. Transferencia e innovación, Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. Xalapa, Veracruz, México. 1 + 93 pp.

ISBN: 978-607-8212-06-4

Disponible en: El tiro consta de 100 publicaciones digitales en CD-ROM.

Área de Transferencia e Innovación.  
5ª. Sección de la Reserva Territorial S/N  
C.P. 9196, Col. Santa Bárbara  
Tel. (228) 1 65 05 25 Ext. 114.  
[angelica.cerdan@itsx.edu.mx](mailto:angelica.cerdan@itsx.edu.mx)

## PRÓLOGO

En el marco de Primer Foro Nacional para la Evaluación del Desarrollo Profesional del Género Femenino. Una aplicación en Ingeniería (FONAGE 2015) se hizo un recuento profundo sobre la situación actual de las mujeres estudiantes, docentes e investigadoras que deciden ingresar y desarrollarse profesionalmente dentro de las carreras de ingeniería o alguna carrera de ciencias, haciendo énfasis en el fomento de la equidad educativa y de género. Al evento hubo una asistencia de más de 200 personas entre estudiantes, investigadores y docentes de ambos sexos de diversas instituciones académicas donde se intercambiaron ideas y experiencias sobre como mejorar y hacer más asertivas las acciones para un buen desarrollo de la equidad en las áreas de ciencias básicas. Entre las actividades que se presentaron en el FONAGE 2015 se realizó la convocatoria para la presentación de trabajos originales de investigación o desarrollo tecnológico, ésta convocatoria fue dirigida a investigadores y docentes colaborando con estudiantes, para presentar trabajos en versión en poster en el primer día del evento, la respuesta fue de 24 trabajos presentados en versión poster y 20 trabajos enviados en extenso, de éstos 20 trabajos es que éste libro se conforma. La publicación de éste libro se realizó con el afán de darle difusión a los trabajos de investigación y desarrollo tecnológico producidos dentro del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa (ITSX) así como otras Instituciones de Nivel Superior cercanas a Xalapa que participaron en el evento. Los trabajos presentados en éste libro son multidisciplinarios de las áreas de ingeniería, Óptica Biomédica, Electrónica, Óptica, Computo, Robótica, Control, Electromecánica, Energías Renovables y Mecatrónica.

La búsqueda del desarrollo de tecnología propia, debe ser para un país una de las prioridades para un mayor desarrollo económico e independencia tecnológica y científica, así que fomentar en las actuales y futuras generaciones la importancia de realizar proyectos innovadores que resuelvan problemas específicos que afectan a la población inmediata o a la población nacional, es una tarea que tanto docentes como investigadores de las diversas instituciones educativas a nivel superior deben promover.

Este primer libro derivado del FONAGE 2015 que titulamos “Resultados de Investigación en Ciencia, Ingeniería y Sociedad” nos da la oportunidad de conocer los diferentes proyectos que se están desarrollando en el ITSX e Instituciones de Educación Superior vecinas. Este libro está construido por tres capítulos, en el Capítulo I se muestran

trabajos de investigación en ciencia básica enfocados en resolver problemáticas en las áreas de Física y Química, en el Capítulo 2 se presentan proyectos de desarrollo tecnológico donde se propone nuevos diseños para sistemas y construcción de prototipos con aplicaciones variadas como metrología, bioquímica, software, energías renovables, robótica y mecatrónica, y en el último capítulo, se presentan trabajos enfocados al estudio de fenómenos sociales como son el Bullying que es un fenómeno que en la actualidad aqueja a las nuevas generaciones. En cada uno de éstos artículos podemos constatar el amplio ingenio, la creatividad, la gran capacidad intelectual, el profesionalismo y la pasión por la ciencia y la tecnología que se está desarrollando en las aulas de las Instituciones de Educación Superior de la Capital Veracruzana, todas estas características necesarias para fomentar, construir y divulgar la ciencia y tecnológica de alto nivel, hecha en casa.

Dra. Lizbeth A. Castañeda Escobar  
Presidente del Comité Organizador  
FONAGE 2015.

# Contenido

<b>Capítulo I. Investigación Científica y aplicada, resultados en producción de conocimiento.....</b>	<b>1</b>
Producción de hidrógeno. Una revisión. ....	2
Estructura y dinámica de partículas coloidales esféricas en capas paralelas.....	9
Ordenamiento y difusión de partículas con interacción tipo Coulomb en canales unidimensional .....	15
 <b>Capítulo II. Desarrollo tecnológico e ingeniería para la resolución de problemas estratégicos. ....</b>	<b>21</b>
2.1 Pruebas de principio y diseño de ingeniería. ....	22
Aplicación de la teoría TRIZ en el desarrollo de un nuevo producto en la empresa Solo Café de Calidad S. de R. L. de C. V. ....	23
Diseño y construcción de un prototipo de submarino autónomo .....	31
Esferómetro Digital .....	35
Seguidor de línea precisión y obstáculos (Pichibot) .....	38
2.2 Validación y mejora en entornos relevantes.....	43
Control y monitoreo de señales por radiofrecuencia en el proceso de purificación del agua .....	44
Germinación de las semillas de jitomate ( <i>lycopersicon esculentum</i> mill. vs río grande) utilizando dos sustratos. ....	47
Pastillero electrónico LOG para ayuda a apego a tratamiento médico. ....	53
Reloj rutinario para niños con autismo .....	57
VIATOR: Sistema digital para la gestión de publicidad móvil de turismo y recreación en Xalapa. ....	60
2.3 Escalamiento de tecnología y proyección a mercado. ....	65
Proyecto de recuperación de agua pluvial, para abastecer de agua a los diferentes proyectos de investigación que así lo requieran.....	66
Reclutamiento y selección de personal en TI por medio de videojuegos serios, perspectiva para entrada de una nueva tecnología .....	68
 <b>Capítulo III. En busca de un impacto en la sociedad y sectores.....</b>	<b>78</b>
Programa Menos-Bullying: una propuesta para reducir el acoso escolar en adolescentes con características de TDAH .....	79
Cirugía Personalizada de la Cornea con Laser Guiada por el Frente De Onda.....	85
 <b>Autores particulares por artículos .....</b>	<b>86</b>



# Capítulo I. Investigación Científica y aplicada, resultados en producción de conocimiento.

## I



# Producción de hidrógeno. Una revisión.

Castañeda Escobar Lizbeth. A<sup>1</sup>., Acosta Retureta Luis A.<sup>1</sup>, Aguirre Vélez Carlos. I.

1. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5A Reserva Territorial s/n, Col. Santa Bárbara, C.P. 91096, Xalapa, Veracruz, México.
2. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria, IPN. Calzada Legaria No. 694, Col. Irrigación, Del. Miguel Hidalgo, C.P. 11500, Ciudad de México, México.

## RESUMEN

El uso del hidrógeno como materia prima no es un concepto nuevo pues éste ha sido extraído y utilizado por y para la industria petroquímica desde hace varias décadas. Pero la preocupación ante el cambio climático, se va haciendo necesario un cambio de paradigma energético y el hidrógeno se visualiza como el próximo combustible para medios de transporte y como materia prima para la generación de electricidad. La implementación de la tecnología para usar este elemento aun presenta dificultades debido a la inmadurez de la tecnología utilizada hasta ahora. Este artículo presenta una revisión a los diferentes procesos de generación de hidrógeno y futuras tendencias sobre este nuevo paradigma.

Palabras Clave: Combustibles solares, fotocátalisis, fotosíntesis artificial, generación de hidrógeno.

## ABSTRACT.

The use of the hydrogen as a feedstock it is not a new concept, it has been extracted and used by and for the petrochemical industry for years. The problem of the climate change carries the necessity to change on the energetic paradigm and the hydrogen tend to be the next fuel and feedstock for the generation of electricity. Although the technology is not well developed, it promises a friendly coexistence with the environment. This article presents a review of generation processes for the hydrogen and the tenders on this new paradigm.

Keywords: Solar fuels, photocatalysis, artificial photosynthesis, hydrogen generation.

## 1. INTRODUCCION.

El hidrógeno es un elemento que se encuentra abundantemente en nuestro planeta en forma de moléculas, la mayor parte de éste se encuentra en el agua formando la molécula  $H_2O$ . En la atmósfera, en estado elemental (gas), se encuentra formado por moléculas diatómicas y la cantidad de éstas es pequeña debido a que son tan ligeras que escapan de la atmósfera haciendo difícil su obtención.

Otra manera de encontrarlo en el medio ambiente es en compuestos, entre ellos el metano ( $CH_4$ ), del cual se ha obtenido durante años mediante un proceso llamado reformado con vapor.

El hidrógeno se ha utilizado mayormente para producir amoníaco, compuesto importante para la industria farmacéutica, fertilizantes, explosivos, etc. En los últimos años, casi el 90% del hidrógeno producido se ha dedicado a la producción de este compuesto (amoníaco) y a la aplicación en refinerías de petróleo (50% y 37% respectivamente) junto con otras aplicaciones con menores porcentajes, completando una cifra de 60 millones de toneladas por año [1].

En la actualidad, debido a los graves problemas ambientales que enfrentamos, como el calentamiento global, el hidrógeno representa una opción ante otras posibles fuentes de energía. El cambio en el paradigma energético del hidrógeno tiene la ventaja que, al ser usado en celdas de combustible para la producción de electricidad, genera agua como producto de su reacción con el oxígeno atmosférico.

Pero para lograr que el hidrógeno sustituya a los combustibles actuales todavía se requiere de investigación y desarrollo en cada uno de los procesos que lo involucran: producción, almacenamiento y transformación [14].

Debido a lo extenso del tema del hidrógeno es que en este trabajo sólo se revisan las diferentes formas de producción.

## 2. DESARROLLO.

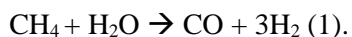
Existen diferentes formas de producir hidrógeno, debido a esto se dice que es un vector energético, es decir, que necesita de una fuente de energía para su obtención y que es un portador de energía. A continuación, se describen los principales mecanismos para la obtención de hidrógeno.

### 2.1. Hidrógeno a partir de combustibles fósiles.

Existen 3 métodos principales para producir hidrógeno a partir de combustibles fósiles: “cracking”, reformado y gasificación, de los cuales los dos últimos son los más utilizados por la industria petroquímica. En el cracking del petróleo, el hidrógeno se obtiene como un subproducto, en el reformado se aplica al gas natural, petróleo y otros hidrocarburos ligeros, mientras que la gasificación es al carbón e hidrocarburos pesados.

El metano ( $\text{CH}_4$ ), procesado por reformado con vapor, es el compuesto más utilizado para obtener hidrógeno, probablemente porque su composición contiene más hidrógeno en comparación con otros combustibles procedentes de los fósiles.

La reacción que ocurre en el reformado del vapor se muestra en la ecuación 1,



En este proceso el gas natural reacciona con vapor de agua y se realiza a través de dos o más etapas. En el primer reactor, el metano reacciona con un catalizador obteniéndose hidrógeno con monóxido de carbono. En el segundo reactor también se agrega vapor de agua, y el producto resultante del primer reactor se hace pasar por éste obteniéndose un gas con alto nivel de hidrógeno, pero con dióxido de carbono (gas síntesis) y residuos (cantidades muy pequeñas) de CO y cantidades, más pequeñas aún, de metano no reformado. El proceso en el primer

reactor se realiza a temperaturas de 1200 °K aproximadamente y con una presión de entre 20 – 30 bars. El gas natural contiene impurezas de azufre por lo que se requiere una etapa previa de eliminación para evitar problemas con la actividad catalizadora.

Por otra parte el metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) también se utiliza para la producción de hidrógeno, pero debido a razones económicas sólo se utiliza cuando existe un exceso de metanol, esto debido a que el metanol necesita del gas de síntesis ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ ) para ser producido, por lo que no es viable económicamente producirlo a menos que sea en esta particular situación.

Otros procesos de reformado para la producción de hidrógeno, de los cuáles algunos aún están en desarrollo son, la oxidación parcial, el reformado autotérmico, reformado por plasma, reformado “*sorbent*”, reformado mediante membranas de transporte de ión y el reformado de microsurco. La oxidación parcial (POX, por siglas en inglés) es un proceso en el cual el combustible (fósil) se oxida mediante la reacción con oxígeno, obteniendo hidrógeno, monóxido de carbono y calor como producto, por lo que este proceso es exotérmico. El reformado autotérmico, toma el nombre por la combinación de dos reformados: oxidación parcial y reformado por vapor. En éste se aprovecha que la reacción de la oxidación parcial es exotérmica y se le aporta calor al reformado de vapor, el cual es un reformado con reacciones endotérmicas, es decir que necesita de un aporte de energía. El reformado por plasma se lleva a cabo mediante el aporte de energía por plasma, el cual se produce por arco voltaico. Este plasma genera temperaturas de entre 3000° y 10 000 °C lo que hace que se aceleren las reacciones, incluso sin utilizar un catalizador, haciendo un proceso más rápido. De igual forma se obtiene como producto hidrógeno combinado con hidrocarburos. Todos los reformados restantes están en desarrollo y la tendencia de los mismos es la de aumentar la velocidad de las reacciones y obtener una mayor pureza en la obtención del hidrógeno.

Existe otro proceso llamado Kvaerner en el que se utiliza electricidad y gas natural o combustibles más pesados. En este proceso se eliminan las combinaciones y se obtiene por

separado el hidrógeno y los óxidos de carbono y, aunque las emisiones son insignificantes, requiere de agua para refrigeración además de la electricidad y el combustible. Como ventaja de este proceso se puede decir que como subproducto se obtienen 1000 kW de vapor a temperaturas altas, pudiendo aprovecharlo para diferentes aplicaciones.

De cualquier forma, aunque las oficinas de la EERE (*Energy Efficiency and Renewable Energy*) y la FE (*Fossil Energy*) trabajan para reducir costos en la producción de hidrógeno a través del reformado de vapor, resalta que este proceso es una opción de aplicación inmediata y no como solución a largo plazo debido a que no ayudan a resolver el problema con gases de efecto invernadero.

## 2.2. Electrólisis.

El objetivo en la electrólisis es la disociación de la molécula de agua ( $H_2O$ ) mediante la aplicación de una diferencia de potencial.

Existen dispositivos que realizan la reacción inversa a la electrólisis llamados pilas de combustibles en donde se utilizan dos reactantes. La reacción se lleva a cabo en una unidad llamada electrolizador, el cual consiste de un ánodo y cátodo separados por un electrolito, que puede ser sólido o líquido. Existen 3 principales tipos de electrolizadores: electrolizador alcalino (electrolito líquido), electrolizador de óxido sólido y electrolizador PEM (*polymer electrolyte membrane*).

En la electrólisis con electrolizador alcalino ocurre en una solución compuesta de agua y un electrolito líquido (30% KOH) entre dos electrodos. Cuando se aplica un suficiente voltaje entre los electrodos, por atracción electrostática, los iones viajan a través del electrolito hacia el electrodo del signo correspondiente.

Los electrolizadores de óxido sólido usan un material cerámico como electrolito. El agua en el cátodo se combina con electrones de un circuito externo para formar hidrógeno gaseoso y los iones de oxígeno cargados negativamente, los cuales pasan por el electrolito hasta el ánodo para formar oxígeno gaseoso y generar electrones al

circuito externo. Debido a que este sistema opera a temperaturas entre los 700° y 800°C sólo es conveniente utilizar este proceso donde haya disponibilidad de calor.

Por su parte los electrolizadores PEM usan un polímero sólido conductor que cuando se aplica un voltaje a las placas de los electrodos, el oxígeno cargado negativamente cede un electrón al ánodo para generar protones, electrones y oxígeno molecular, los iones de hidrógeno viajan por el polímero conductor hacia el cátodo donde toma el electrón para volver a ser neutro.

El Departamento de Energía de EEUU (*Department of Energy*, DOE), se ha fijado como meta en el rubro de los electrolizadores PEM dirigidas hacia la producción de hidrógeno para el periodo de 2015-2020, que los trabajos de investigación presenten evaluaciones de las membranas bajo condiciones agresivas de presión y densidad de corriente.

En este sentido *Giner Inc.*, en el 2013 logró [12] en el rubro de membranas eficiencias de conversión del 74% para LHV (low heating value) y mayores al 87% para HHV (high heating value). Para ese mismo año Giner logró que los separadores de celdas de combustible contaran con una esperanza de vida mayor a 60,000 horas. La tabla 1 presenta los objetivos técnicos de Giner.

Características	Unidades	Objetivo* 2015/2020	Estado de Giner 2013
Coste normalizado de Hidrógeno <sup>b</sup>	\$/kg $H_2$	3.90/<2.30	3.64* (5.11) <sup>d</sup>
Eficiencia energética de sistema de electrolizador	% (LHV)	72/75	65
Eficiencia energética por celda (stack) del electrolizador	% (LHV)	76/77	74

\*Producción de Hidrógeno plan MYRDD 2012.

<sup>b</sup> Sólo producción.

<sup>c</sup> Utilizando H2A Ver.2 (basado en el costo de electricidad de \$0.039/kW).

<sup>d</sup> Utilizando H2A Ver.3 (basado en el costo de electricidad de \$0.057/kW).

Tabla 1. Objetivos alcanzados por Giner para 2013. [12].

Por otro parte, la reacción en una pila de combustible puede realizarse a la inversa (aportando un voltaje del tipo directo) para producir hidrógeno.

*Proton Energy System* combinó un sistema con su propia tecnología de electrolizadores con pilas Nexa de Ballard para generar hidrógeno en

los periodos de exceso de electricidad en sistemas de backup (respaldo).

La empresa *Proton OnSite* comercializa ya generadores de hidrógeno (series G) en base a las pilas de combustible del tipo PEM para distintas aplicaciones generando un rango, a través de toda la gama, que va desde los 200 cc/min a los 4800 cc/min de hidrógeno a presiones desde los 3bar a los 13.8 bar, y con una pureza del 99.9999% en el de mayor producción y todo esto con un consumo de agua desde los 12 cc/hr (0.24 lts/día) hasta los 36 cc/hr (0.86 lts/día).

### 2.3. Procesos térmicos.

Para los procesos térmicos debe haber una concentración de luz solar y ésta se consigue mediante dispositivos ópticos que reciben el nombre de colectores de concentración solar. Éstos constan de un receptor y de un concentrador, propiamente dicho. La luz incidente es reflejada desde el receptor hacia el concentrador y éste la absorbe para su posterior conversión en otro tipo de energía, que generalmente es energía térmica o química. Entre mayor sea la razón de concentración, mayor será la temperatura alcanzada, habiendo limitantes por parte de los materiales y del tamaño, a razón de viabilidad económica. Esta energía solar puede ser aportada hacia un fluido (cilindro parabólico) a través del concentrador, que está en contacto con el mismo, el cual es un tubo que se encuentra a lo largo de todo el receptor.

La generación de hidrógeno a partir de procesos térmicos en general se lleva a cabo con la utilización de concentradores solares de 3 tipos, mostrados en la Figura 1.

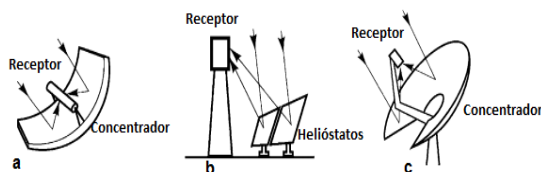


Fig. 1: Concentradores utilizados para temperaturas elevadas (más de 400°C). Figura tomada de [3]. a) CCP (cilindro parabólico); b) torre central; c) disco parabólico.

La separación térmica directa del agua es complicada debido a que necesita cerca de 2300 °C para llevarse a cabo [3]. La temperatura mencionada puede alcanzarse con concentradores (torre central y discos parabólicos) trabajando en conjunto o en instalaciones muy grandes, por lo que no es viable económicamente producir hidrógeno de esta manera.

Otra forma de producir hidrógeno es a través de ciclos termoquímicos para la disociación de agua [4]. Dentro de este rubro se encuentran varias organizaciones que han presentado trabajos de diferentes clases ante el DOE tales como: *Sandia National Labs*, *General Atomics*, *Savannah Rivers National Laboratory*, *the University of Colorado*, *Argonne National Laboratory*, entre otras. Los trabajos y clases presentados por cada organización se muestran en la Tabla 2.

Clase	Ciclo	Organización principal
Ciclos de ácido sulfúrico	Azufre - Yodo	General Atomics, Sandia National Labs, CEA
	Azufre híbrido	Savannah River National Laboratory
Ciclos de óxidos metálicos volátiles	Óxido de Zinc	University of Colorado
	Óxido de Cadmio	General Atomics
Ciclos de óxidos metálicos no volátiles	Manganeso - Sodio y Manganato - Sodio	University of Colorado
	Ferrita reactiva	Sandia National Laboratories
	Ferrita ALD	University of Colorado
Ciclos híbridos	Cloruro de Cobre Híbrido	Argonne National Laboratory
	Amoniaco - Azufre Fotolítico	SAIC

Tabla 2. Trabajos presentados ante la DOE. [4].

Los ciclos que se llevan a cabo antes de obtener hidrógeno dependen directamente de los materiales utilizados. Las investigaciones por ahora se concentran en encontrar materiales robustos para altas temperaturas, en el desarrollo de interfaces de receptores y reactores solares, entre otros. SNL (*Sandia National Laboratories*) para el 2013 sintetizó 55 diferentes óxidos [13], dentro de los cuales encontró materiales efectivos con mejores índices de producción de hidrógeno atacando directamente el costo de materiales. Por otra parte, SNL descubrió un rango de temperaturas de operación óptimas en receptores y reactores solares, parte importante para aumentar la relación de conversión STH (solar to hydrogen), lo cual hizo que se acercara

al objetivo de la relación de conversión del DOE que fue de 26% para el 2013.

La Unión Europea financió el proyecto HYDROSOL PLANT (*thermochemical HYDROgen production in a SOLar monolithic reactor*), el cual es una planta con una capacidad de 750kW. Este proyecto tiene como objetivo principal demostrar la viabilidad técnica de la producción solar de hidrógeno a partir de radiación solar concentrada, por lo que integrará todas las etapas de proceso: producción, purificación y almacenamiento del hidrógeno producido.

Como ya se mencionó, el hidrógeno también se puede obtener de procesos como el “cracking”, reformado y gasificación pero en este caso el aporte de calor viene dado por el sol (energía renovable) y no por un recurso no renovable como lo es la combustión de cualquier derivado del petróleo.

Para estos procesos se utilizan unos reactores termoquímicos que normalmente utilizan receptores del tipo cavidad, por la cual entra la radiación y por medio de varias reflexiones antes de ser absorbida, entra en el reactor. Cuanto mayor sea la razón de concentración, mayor será la temperatura alcanzada, pero también el coste de la instalación solar. Por lo que es favorable saber la temperatura necesaria para cada aplicación. En la Figura 2 se muestran las temperaturas necesarias para estos procesos:

Descarbonización de combustibles fósiles	Cracking	Descomposición térmica de hidrocarburos $C_xH_y \rightarrow xC(gr) + \frac{y}{2} \cdot H_2$	T≈1000
	Reformado	Descarbonización de hidrocarburos ligeros $C_xH_y + xH_2O \rightarrow \left(\frac{y}{2} + x\right) \cdot H_2 + xCO$	T≈1100
	Gasificación	Descarbonización de hidrocarburos pesados $C_xH_y + xH_2O \rightarrow \left(\frac{y}{2} + x\right) \cdot H_2 + xCO$	T≈1100

Fig. 2: Temperaturas necesarias para procesos endotérmicos. [2].

Estos procesos, aun utilizando el sol para aportar la energía requerida, generan óxidos de carbono (CO<sub>x</sub>) y utilizan gas natural u otro compuesto derivado de los combustibles fósiles.

## 2.4 Procesos Fotoquímicos.

Por otro lado se encuentran los procesos fotoquímicos en los cuales se requiere también de una fuente de energía y de algún portador de energía como los fotocatalizadores. Todos estos procesos pueden producir hidrógeno a partir de la disociación de la molécula de agua. Dentro de estos procesos está el de los electrodos semiconductores, también llamados de unión líquida, el de partículas de semiconductores y el de semiconductor sensibilizado.

Todos estos procesos necesitan de una fuente de luz y algunos de una fuente de energía eléctrica y, aunque ninguno llega siquiera al 10% [5] de eficiencia, cumplen con el perfil para los problemas ambientales actuales.

En general en estos sistemas ocurren 3 pasos antes de la obtención del hidrógeno: el primer paso es la absorción de fotones para formar pares electrón-hueco. Estos pares de electrón-hueco se forman debido a que un electrón pasa a la banda de conducción (excitación) como consecuencia de absorber energía proveniente de un fotón, mientras que en la banda de valencia se forma un hueco (+). Esta propiedad depende directamente del material que se utilice.

El segundo paso consiste en la separación de carga y la migración de los portadores fotogenerados, en este paso es importante la cristalinidad y el tamaño de la partícula. Mientras más alta sea la calidad cristalina, menores serán la cantidad de defectos y, mientras más pequeña sea la partícula hay menos probabilidad de recombinación de electrones con huecos, esto debido a que la distancia que este par debe migrar se hace menor.

El último paso tiene que ver con la superficie de reacciones químicas y en éste importan el carácter de la superficie (sitios activos) y la cantidad (área de superficie). Un co-catalizador es puesto en la superficie como sitio activo para llevar acabo la producción de H<sub>2</sub> mediante reacciones redox similares a las de la electrólisis, usualmente son Pt, NiO y RuO<sub>2</sub>.

Los sitios activos en la superficie para las reacciones Redox son de los puntos más importantes en estos sistemas ya que, de no existir, estos pares (electrón-hueco) se

recombinarían y consecuentemente no podrían oxidar ni reducir la molécula del agua para producir el hidrógeno. Muchos de los fotocatalizadores tienen propiedades de semiconductores, es decir la estructura de su banda es de la siguiente forma:

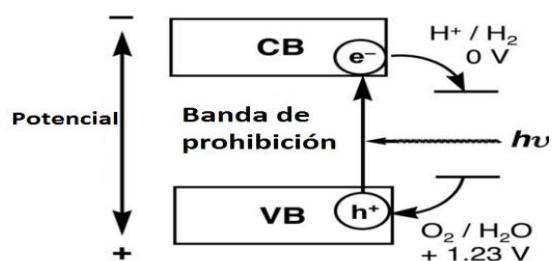


Fig. 3: Estructura de bandas en semiconductores utilizados como fotocatalizadores.

Cuando la energía incidente (fotones) es mayor que la banda de prohibición (band gap), se generan los electrones y huecos en las bandas de conducción y de valencia, respectivamente. Y posteriormente, estos generan las mencionadas reacciones redox.

Es importante resaltar que en un fotocatalizador semiconductor hay dos parámetros principales que son necesarios para el correcto funcionamiento de los mismos: el ancho de la banda de prohibición (band gap) y los niveles de las bandas de conducción y de valencia. El valor teórico mínimo para el band gap en la disociación del agua es 1.23eV [6].

Aunque los procesos basados en los recursos renovables no compiten aun con la producción de hidrógeno a partir de combustibles fósiles, éstos sí prometen un futuro amigable con el medio ambiente en las próximas décadas. La prueba de que se tiene mayor conciencia y se trabaja en investigaciones para el desarrollo en este rubro está en algunas aplicaciones que ya son realidad en la actualidad.

Por ejemplo, en California, Estados Unidos de Norteamérica, estado que lidera el desarrollo de las leyes en cuanto a emisiones se refiere, cuenta ya con las llamadas “Hydrogen stations”, dando apertura a que se incursione en este tema, siendo el primero en implementar políticas de ésta índole. [7]

Otro ejemplo donde existen proyectos que combinan las diferentes tecnologías que utilizan recursos renovables con el fin de fomentar el uso de las mismas es el ITHIER (Infraestructura Tecnológica de Hidrógeno y Energías Renovables), realizada por la fundación para el desarrollo de nuevas tecnologías del hidrógeno en Aragón, España. Este proyecto es una instalación que cuenta con un parque eólico de 635 kW con tres aerogeneradores diferentes, Instalación solar fotovoltaica de 100 kW con siete tecnologías distintas, un electrolizador de tecnología alcalina, subsistemas de gestión de energía, interconexión a red eléctrica, almacenamiento de hidrógeno y uso final de hidrógeno en pilas de combustible.

A manera de resumen se muestra una tabla comparativa entre los diferentes procesos de producción de hidrógeno.

Procesos	Ventajas	Desventajas	Tiempo de aplicación
Reformado con vapor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnología madura</li> <li>Fuente de producción primaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emisión de CO<sub>2</sub> (medida parcial)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corto plazo</li> </ul>
Electrólisis (pilas combustible)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vida útil larga</li> <li>Alta eficiencia</li> <li>Cero emisiones</li> <li>Sistemas simples (sin partes móviles)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiales costosos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediano plazo</li> </ul>
Térmicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energía renovable</li> <li>Cero emisiones de gases nocivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiales costosos</li> <li>Relación de conversión relativamente baja (26% al 2013)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Largo plazo</li> </ul>
Fotoquímicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cero emisiones</li> <li>Energía renovable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baja eficiencia (&gt;10%)</li> <li>Tecnología inmadura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Largo plazo</li> </ul>

Tabla 3. Ventajas, desventajas y tiempo de aplicación de los diferentes procesos de producción de hidrógeno.

### 3. CONCLUSIONES.

El uso del hidrógeno como vector energético que sustituya a los combustibles fósiles es una alternativa atractiva debido a: su disponibilidad, la potencia que se puede obtener de él (que no se compara con procesos fotovoltaicos) y los subproductos que se pudieran obtener si se

utiliza celdas de combustible ( $H_2O$  y electricidad).

Existen diferentes rutas de obtener hidrógeno, pero la mejor propuesta es la combinación de sistemas que lo generen con una buena eficiencia a partir de recursos renovables y con cero emisiones de gases nocivos para los seres humanos y el medio ambiente. Así, la obtención del “hidrógeno solar” mediante combinación de técnicas de concentración, fotoceldas y electrolizadores pueden ser una ruta prometedora.

Aunque para llegar a esa sustitución completa se debe seguir un camino de la transición en la que sea económicamente viable seguir utilizando el hidrógeno que se obtiene como subproducto del tratamiento de hidrocarburos.

#### 4. REFERENCIAS.

[1] L. G. Jodra, *EL HIDRÓGENO COMBUSTIBLE DEL FUTURO*, Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat. (esp.), vol.99, 19p, 2005.

[2] M. J. Montes\*, A. Abánades y J. M. Martínez, *Producción de hidrógeno a partir de energía solar*, \*Centro de Análisis de Desarrollo Energético Sostenible, FFII grupo de Termotecnia, ETSII-UPM.

[3] A. Steinfeld\* and A. Meier, *Solar Fuels and Materials*, \*ETH-Swiss federal Institute of technology, Paul Scherrer Institute, 2004.

[4] Robert Perret, *Solar Thermochemical Hydrogen Production Research (STCH)*, Sandia National Laboratories (Albuquerque, New Mexico), Cap. 3 y 4, Mayo, 2011.

[5] A. J. Bard\* and M. A. Fox, *Artificial Photosynthesis solar splitting of water to Hydrogen and Oxygen*, Austin, Texas, University of Texas, Department of Chemistry and Biochemistry, vol. 28, no. 3, 141-145, 1995.

[6] A. Kudo and Y. Miseki, *Heterogeneous photocatalyst materials for water splitting*, November 18, 2008.

[7] Union of Concerned Scientists, *How clean are Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles?* [Online]. Disponible en: [www.ucsusa.org/fuelcellsavings](http://www.ucsusa.org/fuelcellsavings)

[8] A. J. Heeger, *Solar fuels and artificial photosynthesis*, University of California at Santa Barbara, Department of Chemistry and Biochemistry, January, 2012.

[9] J. Ogden, C. Yang, M. Nicholas and L. Fulton, *THE HYDROGEN TRANSITION*, Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, July 29, 2014.

[10] R. P-Hernández, P. López, et. al,  *$H_2$  como fuente de energía renovable: producción por métodos catalíticos mediante el reformado de metanol*, Depto. Tecnología de Materiales, ININ,

*Programa de Ingeniería Molecular, IMP, Instituto de física, UNAM.*

[11] Félix Barreras y Antonio Lozano, *Hidrógeno. Pilas de combustible de tipo PEM*, LITEC, CSIC–Universidad de Zaragoza.

[12] Monjid Hamdan and Tim Norman, *PEM Electrolyzer Incorporating an Advanced Low-Cost Membrane*, Giner, Inc., 2013.

[13] Anthony McDaniel, *Solar Hydrogen production with a Metal Oxide-based thermochemical cycle*, Sandia National Laboratories, 2013.

[14] <http://energy.gov/eere/fuelcells/fuel-cell-technologies-office>



# Estructura y dinámica de partículas coloidales esféricas en capas paralelas

M. Ruiz-Hernandez<sup>1</sup>, M. Ralero De La Mora<sup>1</sup>, R. Castañeda-Priego<sup>1</sup>, S. Herrera-Velarde<sup>1</sup>.

- <sup>1</sup>. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5A Reserva Territorial s/n, Col. Santa Bárbara, CP 91096, Xalapa, Veracruz, México.
- <sup>2</sup>. División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato, Loma del Bosque 103, Lomas del Campestre, 37150 León, Guanajuato, México.

## RESUMEN

En el presente trabajo se presenta un estudio de simulación computacional mediante Dinámica Browniana para un sistema de partículas coloidales que interactúan repulsivamente y distribuidas de manera homogénea en dos capas planas paralelas que están separadas por una cierta distancia. En nuestro modelo, todas las partículas interaccionan unas con otras pero la transferencia de coloides entre capas no está permitida. En particular estamos interesados en estudiar cómo la distancia de separación entre capas afecta la estructura y difusión de las partículas. Con esta información se busca controlar y manipular las propiedades del sistema a través de un único y conveniente parámetro.

Palabras Clave: Dinámica Browniana, Coloides, Estructura, Difusión

## ABSTRACT

Here we present a Brownian dynamics computer simulation study of a model colloidal suspension consisting of spherical particles interacting repulsively and distributed homogeneously on two parallel planar layers that are separated by a certain distance. In our model all particles interact with each other but particles transfer between layers is not allowed. We are particularly interested in analyzing how the interlayer spacing modifies the structure and diffusion of the particles. Our aim is to demonstrate that the layer spacing is an excellent control parameter to manipulate the properties of the system.

Keywords: Brownian Dynamics, Colloids, Structure, Diffusion.

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de sistemas en condiciones de confinamiento es un tópico de gran interés en diversas disciplinas científicas. Por un lado, las propiedades estructurales de sistemas confinados dependen en gran medida tanto de la interacción de las partículas con las paredes como del grado de confinamiento del sistema [1,2]. Por otro lado, la difusión en sistemas cuasi-bidimensionales sobre un paisaje energético complejo, es un problema común en muchas áreas de física y fisicoquímica [3]. Por ejemplo, para comprender los mecanismos de migración superficial y crecimiento de cristales, es necesario encontrar la conexión entre el potencial de interacción y la difusión superficial de los átomos adsorbidos sobre la red cristalina. Otro ejemplo, pero en el campo de la biología celular, es la difusión lateral de proteínas ligadas a la superficie de una membrana.

## 2. DESARROLLO

Uno de los sistemas modelo más empleados para entender cómo se modifica el comportamiento estructural y dinámico en sistemas con dimensionalidad reducida y bajo la acción de campo externos, son los sistemas coloidales. Los coloides representan un sistema ideal debido a que es relativamente fácil controlar el rango de interacción entre partículas, a que se tiene acceso a una gran variedad de partículas en tamaños y formas y además estos sistemas pueden estudiarse



tanto desde una perspectiva experimental, teórica y mediante simulación computacional [2].

En el presente trabajo se reporta un estudio de simulación computacional para un sistema de partículas coloidales que interactúan repulsivamente y formado por dos capas paralelas. Uno de los objetivos principales de nuestro trabajo es entender cómo se modifica la estructura y dinámica del sistema en función de la separación entre las capas.

En las siguientes secciones presentamos nuestro modelo, la metodología de simulación computacional y los observables de interés. Posteriormente se presentan los resultados de la estructura y difusión; en esta última, se observa una conducta dinámica inusual.

## 2.1 Sistema Modelo

Nuestro sistema modelo consiste de dos capas planas, paralelas, que están separadas una cierta distancia  $l$ , (Figura 1). Cada capa está compuesta de partículas que interactúan repulsivamente y el intercambio de partículas entre las capas no está permitido. Bajo esta perspectiva, cada capa puede considerarse como un sistema bi-dimensional (2D) de  $N$  partículas con una densidad  $\rho = N/A$ , donde  $A$  es el área total de cada capa [1,4].

Al inicio de la simulación en cada monocapa se distribuyen  $N$  partículas coloidales de manera aleatoria con la única restricción de que no existan traslapes entre las partículas. Todas las partículas tienen el mismo diámetro  $\sigma = 2a$ , donde  $a$  es el radio. Para distancias de separación entre los centros de partículas  $r_{ij} > \sigma$ , la interacción viene dada por un potencial de Coulomb apantallado,

$$u(r) = A_Y \frac{\exp(-kr)}{r} \quad (1)$$

donde  $r$  es la distancia de separación entre los centros de dos partículas cualesquiera,  $A_Y$  es una constante de acoplamiento electrostático y  $k$  es el parámetro de Debye-Hückel el cual determina el alcance del potencial.

En la presente contribución reportamos resultados para una sola capa cuando se varía la amplitud del potencial  $A_Y$ , y para un sistema de capas paralelas para diferentes distancias de separación ( $l$ ).

## 2.2 Dinámica Browniana y observables

La Dinámica Browniana es una metodología de simulación computacional que toma su nombre del movimiento errático e incesante que experimenta una partícula coloidal suspendida en un medio huésped, denominado solvente. Este movimiento denominado Browniano, recibió a su vez dicho nombre, en honor al botánico Robert Brown quien fue uno de los primeros en tratar de entender y explicar el movimiento caótico de pequeñas partículas de polen suspendidas en agua.

En la actualidad los fundamentos teóricos del movimiento Browniano juegan un papel esencial no sólo en las ciencias físicas, sino también en sistemas menos tradicionales presentes en ciencias

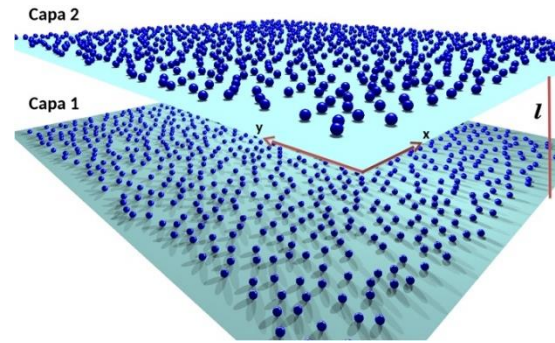


Fig. 1 Representación esquemática del sistema modelo de dos capas. Las partículas se mueven en dos dimensiones pero la dimensionalidad efectiva del sistema depende de la distancia de separación entre capas de la tierra, ciencias ambientales, ciencias de la vida así como en aspectos ingenieriles y tecnológicos [5].

La trayectoria que sigue una partícula coloidal es de carácter estocástico debido a las múltiples colisiones que experimenta con las moléculas del solvente. En nuestro modelo

consideramos que cada partícula está confinada a una de las monocapas y la trayectoria de la partícula  $i$  que cumple con el movimiento Browniano, cuando se desprecia las interacciones mediadas por el solvente (interacciones hidrodinámicas), está dada por [6],

$$\vec{r}_i(t + \Delta t) = \vec{r}_i(t) + \beta D \vec{f}_i(t) \Delta t + \delta \vec{r}_i(t) \quad (2)$$

donde  $\vec{r}_i(t)$  representa la posición de la partícula  $i$  al tiempo  $t$ ,  $\vec{f}_i(t)$  es la fuerza total que actúa sobre la partícula. Esta fuerza lleva la contribución de la interacción de partículas en la misma capa y la contribución análoga debido a partículas de la capa vecina.  $D_0$  es el coeficiente de difusión de partícula libre para una esfera de radio  $a$  inmersa en un solvente de cierta viscosidad. Finalmente,  $\delta \vec{r}_i(t)$  representa un desplazamiento aleatorio muestreado sobre una función de distribución Gaussiana cuyo valor promedio es cero y con una varianza  $\langle \delta \vec{r}_i(\Delta t)^2 \rangle = 2D_0 \Delta t$ . Este desplazamiento simula el golpeteo incesante de las moléculas del solvente sobre la partícula coloidal.

La ecuación (2) determina la trayectoria de cada partícula coloidal y la dinámica del sistema completo es simulada considerando una distribución de al menos  $N = 400$  partículas en cada monocapa. Para todos los sistemas estudiados se utilizó una caja de simulación cuadrada de longitud  $L/d = N$ , aplicando condiciones periódicas a la frontera en ambas direcciones. Después de alcanzar el estado de equilibrio, calculamos los observables de interés cada 50 configuraciones. El paso en el tiempo típico utilizado en las simulaciones de DB es de  $\Delta(t) = 2 \times 10^{-4} (\rho D_0)^{-1}$ . Dado que únicamente se tiene una especie de partículas y que la densidad en cada capa es la misma, cualquier cambio estructural y difusivo será consecuencia directa de la separación entre las capas. Finalmente, cabe mencionar que la fracción de empaquetamiento se escogió de tal forma que cuando la distancia de separación sea cero el sistema exhiba un

comportamiento de fase similar al de un estado líquido.

### 2.3 Propiedades estructurales

Para monitorear los cambios estructurales en el sistema, calculamos la denominada función de distribución a pares,  $g(r)$ . Esta función mide la probabilidad de encontrar a una partícula a una distancia  $r$  dado que una partícula está ubicada en el origen. La  $g(r)$  nos brinda información de la forma en que están distribuidas las partículas del sistema y permite cuantificar la correlación entre las mismas. Esta función de distribución radial es un observable que es posible medir mediante microscopía confocal lo que permite una comparación directa entre datos de simulación y experimentales. En nuestro estudio la  $g(r)$  se calcula utilizando configuraciones de equilibrio a través de la relación,

$$g(r) = \left\langle \frac{A}{N^2} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j>i}^N \frac{\delta(r-r_{ij})}{2\pi r dr} \right\rangle \quad (3)$$

donde los corchetes angulares representan un promedio temporal sobre un cierto número de configuraciones, y  $r_{ij}$  es la distancia relativa entre las partículas  $i$  y  $j$  en una configuración dada.

### 2.4 Propiedades dinámicas

Otro de los observables de gran interés y que puede obtenerse tanto vía experimento o simulación computacional es el desplazamiento cuadrático medio. Utilizando las trayectorias de equilibrio de las partículas, generadas a través de la Dinámica Browniana es posible cuantificar el comportamiento difusivo para cada monocapa por medio de la siguiente relación,

$$W(t) \equiv \langle \Delta r(t)^2 \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \langle [\vec{r}_i - \vec{r}_i(0)]^2 \rangle \quad (4)$$

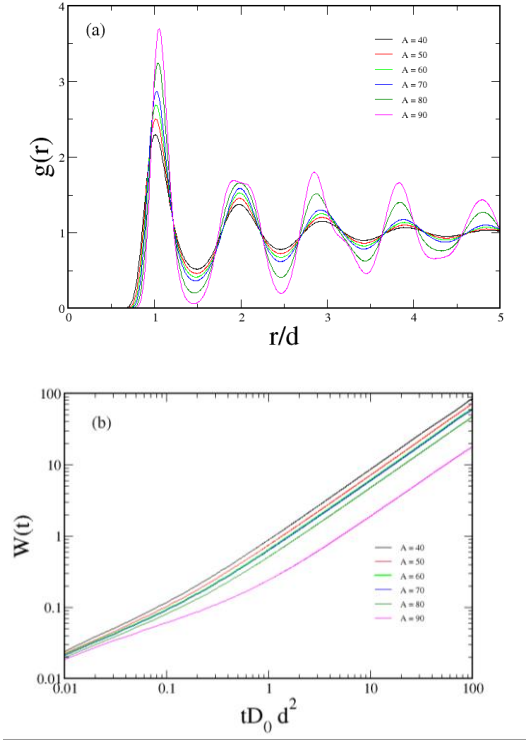


Fig. 2 (a) Función de distribución radial y (b) Desplazamiento cuadrático medio, para partículas interactuando con potencial repulsivo, cuando el sistema consiste de una sola capa de densidad  $\rho = \rho_1 + \rho_2$ .

## 2.5 Resultados y discusión

El primer análisis que presentamos es cuando la distancia de separación entre monocapas es cero (figura 2). Esto es equivalente a estudiar una sola capa con una densidad total  $\rho = \rho_1 + \rho_2$ . Los resultados para  $l/\sigma = 0$  fueron obtenidos con una densidad en cada monocapa de  $\rho_1 = \rho_2 = 0.5$ ,  $kd = 1$  y  $\sigma/d = 0.357$ . Mientras que la magnitud en unidades reducidas de la constante de acoplamiento electrostático se varía en el rango de  $A_Y = 40$  hasta  $A_Y = 90$ .

Para valores de  $A_Y \leq 70$  la función de distribución radial de la monocapa presenta un comportamiento estructural característico de sistemas interactuando repulsivamente (figura 1a). De lo primero que podemos notar es que la primera capa de partículas vecinas se encuentra a una distancia aproximada de

$r = d \sim 3\sigma$ , esta distancia entre las partículas se conoce como el hueco de correlación y es un claro indicio de que las partículas no experimentan la interacción de esfera dura. El sistema muestra cierta estructura pero el orden corresponde todavía a un líquido, esto es, para una distancia entre partículas de aproximadamente cuatro veces la distancia promedio la  $g(r)$  va decayendo al valor del gas ideal  $g(r) \approx 1$ . Conforme se incrementa el valor de  $A_Y$  la probabilidad de encontrar a una partícula a una distancia promedio aumenta y la  $g(r)$  se vuelve más estructurada, lo cual indica que las correlaciones entre partículas también aumentan. De hecho, para valores  $A_Y = 90$  el segundo pico de la función de distribución radial tiene un ligero desdoblamiento el cual es una huella del inicio de una transición del estado líquido al estado cristalino.

El comportamiento dinámico se monitorea a través del desplazamiento cuadrático medio (figura 2b). Lo que se observa es que la difusión de las partículas disminuye de forma monótona conforme se aumenta el valor de  $A_Y$ . Es interesante notar el cambio dramático que experimenta el  $W(t)$  al aumentar el valor del acoplamiento electrostático de  $A_Y = 80$  a  $A_Y = 90$ . Este cambio brusco en el comportamiento difusivo corrobora que en esta región el sistema está cerca de una transición líquido-sólido [7].

El segundo conjunto de resultados corresponde a diferentes distancias de separación entre monocapas (figura 3). Para este estudio, se escogió un valor constante del acoplamiento electrostático de  $A_Y = 75$  y se mantuvieron constantes los valores de los otros parámetros. Cuando la separación entre capas es  $l \geq 1.8\sigma$  podemos notar de la figura 3a, que la primera capa de vecinos se encuentra a una distancia promedio de  $r/d \approx \sqrt{2}$ , esto es un indicativo de que a estas distancias el sistema se comporta como si estuviera compuesto de dos monocapas independientes cada una con una densidad  $\rho_1 = \rho_2 = 0.5$ .

El caso para  $l = 1.2\sigma$  es completamente diferente, la  $g(r)$  exhibe dos picos prácticamente de la misma altura; esto indica que se tiene la misma probabilidad de encontrar una partícula a una distancia  $r_1/d \approx \sqrt{2}$  y a  $r_2/d \approx 2$ . Estas distancias son una huella de las correlaciones cruzadas entre capas y de que el sistema tiene una dimensionalidad efectiva cuasi-bidimensional, esto es, debemos considerar que una partícula dada interacciona con partículas de su misma capa y con partículas de la capa vecina.

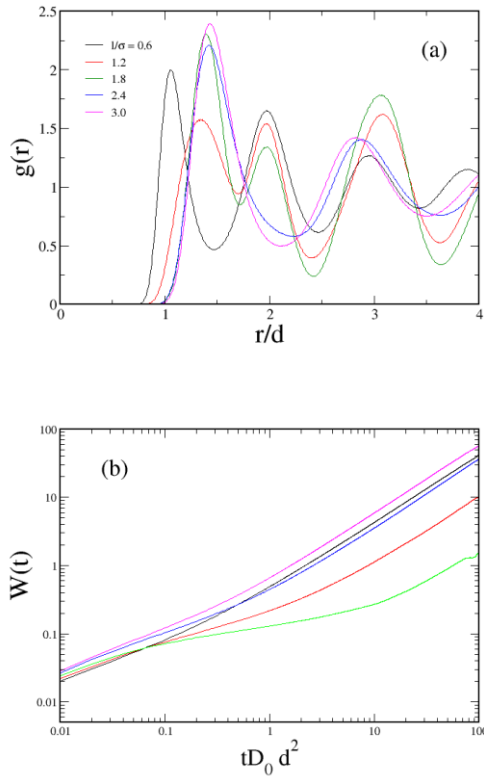


Fig. 3 (a) Función de distribución radial y (b) Desplazamiento cuadrático medio para dos capas paralelas. Las partículas interactúan con un potencial repulsivo. Cada curva representa una distancia de separación diferente. Cada monocapa tiene una densidad de  $\rho_1 = \rho_2$ .

Conforme se aumenta la distancia de separación entre capas el segundo pico va disminuyendo, i.e., las capas se van

descorrelacionando conforme aumenta la distancia de separación.

El comportamiento difusivo de las partículas cuando las capas están separadas a diferentes distancias presenta una dinámica bastante inusual (figura 3b). Para comprender lo que sucede en el sistema es conveniente considerar tres regímenes de interacción entre partículas [8]: i) sistema de una sola monocapa, ii) sistema de dos monocapas pero altamente correlacionadas y iii) sistema de dos capas completamente descorrelacionadas. De esta forma, en el primer y tercer régimen, las partículas sólo interactúan con partículas de su misma capa y en el régimen intermedio se debe considerar la interacción partícula-partícula en la misma capa y la interacción cruzada.

Dado que el régimen 1 (línea negra) presenta una mayor densidad de partículas, este sistema exhibe las siguientes características: a) una menor difusión que en el caso de capas independientes y descorrelacionadas (línea morada), y b) una difusión mayor que la mostrada para sistemas de capas independientes pero correlacionadas (líneas roja y verde).

El régimen 3 corresponde al límite de separación infinita donde las capas están descorrelacionadas. En este escenario el empaquetamiento es menor en cada capa y por lo tanto las partículas tienen mayor libertad para difundirse en ambas direcciones (línea morada). Esta libertad de movimiento debido a la disminución de vecinos se ve reflejada en el comportamiento dinámico como un aumento en la difusión.

Sin embargo para el régimen 2, existe una alta correlación entre las partículas de diferente capa. De hecho, una partícula en una de las capas ahora interactúa con las partículas de su propia capa más las partículas vecinas de la capa adyacente, entonces, el número de vecinos es mayor que en los otros dos regímenes. Esta correlación juega un papel esencial en la dinámica de las partículas que muestran un comportamiento difusivo menor

(líneas roja, verde y azul) que en los regímenes 1 y 2.

### 3. CONCLUSIONES

El presente trabajo de simulación computacional nos permite apreciar de manera clara la forma en que la magnitud de las interacciones entre partículas repulsivas afecta a la estructura y dinámica de un sistema. Cuando nuestro modelo de capas paralelas presenta una dimensionalidad intermedia entre  $2D$  y  $3D$ , se observan procesos dinámicos bastante interesantes y contraintuitivos. De los resultados obtenidos resulta claro que la distancia de separación entre capas se puede utilizar como un excelente parámetro para controlar las interacciones y con ello manipular el comportamiento estructural y difusivo de las partículas.

Existen otros escenarios de gran interés que podrían resultar relevantes por sus posibles aplicaciones tecnológicas. Por ejemplo, formación de cristales coloidales, difusión de coloides y biomoléculas sobre superficies corrugadas o sustratos. Actualmente en el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa estamos realizando trabajo de simulación en cada una de estas direcciones.

### 4. REFERENCIAS

C. Contreras-Aburto, J.M Méndez-Alcaraz and R. Castañeda-Priego, "Study and effective interactions in parallel monolayers of charged spherical colloids", *J. Chem. Phys.*, Vol. 132, 174111, 2010.

S. Herrera-Velarde *Sistemas coloidales en presencia de campos externos*, Tesis de Doctorado, Universidad de Guanajuato, 2008.

X-g. Ma, P-Y. Lai, and P. Tong "Colloidal diffusion over a periodic energy landscape", *Soft Matter*, Vol. 9, 8826, 2013.

S. Herrera-Velarde, A. Delgado-González, E. C. Euán-Díaz and R. Castañeda-Priego, "Directed Self-Assembly of Colloids on Parallel Layers by a One-Dimensional Modulated Substrate," *Journal of Nanofluids*, Vol. 1, pp. 44-54, 2012

D. Chowdhury "100 years of Einstein's theory of Brownian motion: from Pollen grains to protein trains - I", *Resonance*, Vol. 10, pp. 63-78, 2005.

D. L. Ermak, "A computer simulation of charged particles in solution. I. Technique and equilibrium properties", *J. Chem. Phys.*, Vol. 62, 4189, 1975.

T. M. Truskett et al, "Structural precursor to freezing in the hard-disk and hard-sphere systems", *Physical Review E*, Vol. 58, pp 3083-3088, 1998.

C. Contreras-Aburto, C. A. Báez, J.M Méndez-Alcaraz and R. Castañeda-Priego, "Long-time self diffusion of charged spherical colloidal particles in parallel planar layers", *J. Chem. Phys.*, Vol. 132, 174111, 2010.

# Ordenamiento y difusión de partículas con interacción tipo Coulomb en canales unidimensional

L. Olivares-Martínez<sup>1</sup>, A. Contreras-Zavaleta<sup>1</sup>, R. Castañeda-Priego<sup>1</sup>, S. Herrera-Velarde<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Subdirección de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5A  
Reserva Territorial s/n, Xalapa, Veracruz, México.  
División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato, Loma del Bosque  
103, Lomas del Campestre, 37150 León, Guanajuato, México.

## RESUMEN

En este trabajo presentamos resultados preliminares de las propiedades estructurales y dinámicas de partículas cargadas que se mueven a lo largo de un canal del mismo ancho que su diámetro. Las partículas interactúan a través de un potencial de largo alcance, a decir, el potencial de Coulomb. El estudio de simulación computacional se realiza con el software libre de dinámica molecular *ESPResSo*. Para estudiar las interacciones electrostáticas se utiliza un método altamente especializado denominado *MMMID*. Este escenario donde se combina un alto confinamiento y un potencial de largo alcance podría resultar útil para elucidar la posibilidad de una transición de fase en sistemas unidimensionales.

Palabras Clave: Dinámica Langevin, Coulomb, Estructura, Difusión

## ABSTRACT

In this work we present preliminary results of structural and dynamical properties of a system of particles that interact through the long-range repulsive Coulomb potential; the charged particles are forced to move along a channel of equal size that the diameter of the particles. All the simulations have been performed with the free molecular dynamics software *ESPResSo*. In order to take in account the electrostatics interactions, we employ a highly sophisticated method called *MMMID*. The combination of high confinement with very long range interactions provides a scenario that could be useful to elucidate the possibility of a phase transition in one dimensional

systems. Keywords: Langevin Dynamics, Coulomb, Structure, Diffusion

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe la idea generalizada de que los sistemas uni-dimensionales (*1D*) no presentan transiciones de fase termodinámicas, excepto quizá, cuando las interacciones entre partículas son de muy largo alcance. Por ello, la existencia (o no existencia) de una transición termodinámica en sistemas *1D* ha sido un tema de gran interés. Sin embargo, establecer las fronteras físicas donde tal transición podría ocurrir es todavía un tópico controversial que permanece en debate.

Recientemente Cuesta y Sánchez realizaron un estudio sistemático acerca de la existencia o no-existencia de transiciones de fase en sistemas uni-dimensionales con interacciones de corto alcance [1]. En su trabajo presentan una reseña detallada del teorema de van Hove; este teorema representa la prueba más famosa de la no existencia de transiciones de fase en sistemas en *1D*.

En el trabajo de van Hove se muestra que si  $N$  partículas idénticas, restringidas a moverse a lo largo de un segmento de longitud  $L$  y que interactúan a través de un potencial de muy corto alcance del tipo esfera dura y en ausencia de campos externos, entonces, para este tipo de sistemas no puede ocurrir una transición de fase.

A pesar de que el teorema de van Hove sólo aplica bajo ciertas condiciones, en muchas ocasiones es utilizado como un teorema general para descartar la existencia de fase en cualquier

sistema  $1D$ . De hecho como se discute en [1,2], hasta este momento no existe un teorema generalizado que sea válido para cualquier sistema en  $1D$ .

En este trabajo presentamos resultados de simulación computacional para un sistema de partículas interactuantes con un potencial de largo alcance y que están confinadas a moverse a lo largo de una línea. En las siguientes secciones presentamos nuestro modelo, los observables de interés y reportamos cómo evoluciona la estructura y la dinámica en función de la intensidad de la interacción entre partículas.

## 2. DESARROLLO.

### 2.1 Sistema modelo

Nuestro modelo consiste de un sistema de partículas de diámetro  $\sigma = 2a$ , donde  $a$  es el radio. Las partículas están confinadas y se mueven a lo largo de un canal del mismo ancho que el diámetro de las partículas, esto es, nuestro sistema es estrictamente unidimensional (figura 1).

La única interacción presente en el sistema es la interacción partícula-partícula y está dada por el potencial de largo alcance (figura 1),

$$u(r) = \lambda_B (k_B T) \frac{q_1 q_2}{r} \quad (1)$$

donde  $\lambda_B$  representa la longitud de Bjerrum,  $k_B$  es la constante de Boltzmann y  $T$  es la temperatura del sistema,  $q_i$  representa la carga presente en las partículas y  $r$  es la distancia de separación entre los centros de dos partículas cualesquiera.

### 2.2 Metodología computacional y observable

Para generar las trayectorias de las partículas utilizamos el paquete de simulación computacional *ESPResso* [3,4]. *ESPResso* (Extensive Simulation Package for Research on Soft Matter), es un software bastante versátil, de uso libre para realizar y analizar estudios de

Dinámica Molecular de sistemas de muchas partículas desde una perspectiva de grano grueso e incluso atomística. *ESPResso* es ampliamente utilizado para simular sistemas como polímeros, cristales líquidos, coloides, ferrofluidos y sistemas biológicos.

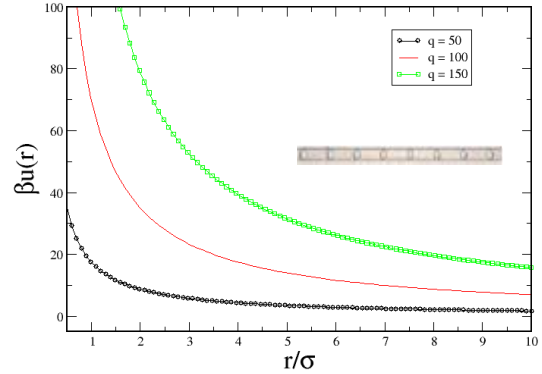


Fig. 4 Potencial de Coulomb para diferentes valores del parámetro control ( $q$ ). La figura muestra de forma esquemática nuestro modelo de partículas.

La trayectoria que sigue una partícula  $i$ , es obtenida a través de una dinámica de Langevin. *ESPResso* utiliza el algoritmo de velocidad de Verlet para realizar la integración de las ecuaciones de movimiento y cuenta con una serie de termostatos que permiten simular condiciones a temperatura constante. Las simulaciones en este trabajo fueron realizadas en el ensamble ( $NVT$ ), empleando el denominado termostato de Langevin. De manera general la ecuación de movimiento tiene la siguiente forma,

$$m\vec{a} = \vec{F}_i - \gamma\vec{v}_i + \vec{R}_i(t) \quad (2)$$

donde  $\vec{a}_i$  representa la aceleración de la partícula  $i$  al tiempo  $t$  y  $\vec{F}_i$  es la fuerza total que actúa sobre la partícula. Esta fuerza lleva la contribución de la interacción de todas las partículas y de campos externos en caso de que los hubiera, por ejemplo de paredes confinantes,  $\gamma$  es un coeficiente de fricción y  $\vec{R}_i$  representa la fuerza aleatoria del baño térmico que actúa sobre cada partícula. Esta fuerza debe cumplir que  $\langle \vec{R}_i \rangle = 0$  y en las simulación se



considera que no existe correlación entre las fuerzas a diferentes tiempos,  $\langle \vec{R}_i(t) \vec{R}_j(t') \rangle = 6k_B T \gamma_i \delta(t - t')$ .

La implementación de potenciales de interacción de corto alcance es fácil de realizar en cualquier código de dinámica molecular, sin embargo, para utilizar de manera correcta interacciones de largo alcance se requiere de mucho cuidado debido al gran número de posibles interacciones entre partículas. Una de las grandes fortalezas de ESPResSo es que cuenta con métodos altamente sofisticados y eficientes para el manejo correcto de las interacciones electrostáticas en sistemas en 3D, 2D y 1D [3,4].

Nuestro sistema de interés es periódico sólo en una dirección, por ello, para calcular la interacción partícula-partícula empleamos el método denominado *MMM1D* [5]. Este método se encuentra implementado en ESPResSo y nos permite calcular interacciones electrostáticas en geometrías con periodicidad en una dimensión. El método *MMM1D* es bastante robusto y es más rápido que métodos basados en sumas de Ewald. Además es numéricamente estable y permite controlar el error en el cálculo de la energía y fuerzas electrostáticas. Una descripción detallada del formalismo teórico, implementación y resultados relacionados con el método *MMM1D* puede encontrarse en [5].

La ecuación (2) determina la trayectoria de cada partícula en nuestro sistema. La dinámica es simulada considerando  $N = 625$  partículas de diámetro reducido  $\sigma = 1.0$ , distribuidas de manera aleatoria al inicio de la simulación. Utilizamos una caja de simulación de longitud  $L = N/\rho$ , donde  $\rho = 0.1$  es la densidad del sistema; debido a las restricciones geométricas aplicamos condiciones periódicas sólo en la dirección en que se mueven las partículas. Después de alcanzar un estado de equilibrio, calculamos los observables de interés cada 50 configuraciones. El paso reducido en el tiempo utilizado en las simulaciones es de  $\Delta t = 2 \times 10^{-3}$  y el tiempo reducido máximo alcanzado en las simulaciones es de 400. En nuestro estudio se mantiene constante el diámetro y la densidad de

partículas. El único parámetro de control para controlar la intensidad de las interacciones es el valor de la carga ( $q_i$ ).

### Propiedades estructurales

Para monitorear el ordenamiento del sistema unidimensional, calculamos la denominada función de distribución a pares,  $g(x)$ . Esta función mide la probabilidad de encontrar a una partícula a una distancia  $x$  dado que una partícula está ubicada en el origen. En nuestras simulaciones la  $g(x)$  se calcula utilizando configuraciones de equilibrio a través de la relación,

$$g(r) = \langle \frac{1}{N\rho} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j>i}^N \delta(x - x_{ij}) \rangle \quad (3)$$

donde los corchetes angulares representan un promedio temporal sobre un cierto número de configuraciones, y  $x_{ij}$  es la distancia relativa entre las partículas  $i$  y  $j$  en una configuración dada.

Para cuantificar el grado de ordenamiento y caracterizar la escala de longitud predominante en el sistema, calculamos el factor de estructura estático  $S(q_x)$ . Este observable puede obtenerse a través de técnicas experimentales de dispersión de luz lo cual permite una comparación directa con resultados de simulación. En las simulaciones el  $S(q_x)$  se obtiene a través de la relación,

$$S(q_x) = \frac{1}{N} \langle \left( \sum_{i=1}^N \cos(q_x x_i) \right)^2 + \left( \sum_{i=1}^N \sin(q_x y_i) \right)^2 \rangle \quad (4)$$

donde  $q_x$  es la magnitud del vector de onda en el espacio recíproco.

### 2.3 Propiedades dinámicas

El comportamiento dinámico a lo largo del canal es cuantificado a través del desplazamiento cuadrático medio  $W(t)$ . Utilizando las trayectorias de las partículas en el equilibrio, es



posible calcular el desplazamiento cuadrático a través de la relación,

$$W(t) \equiv \langle \Delta x(t)^2 \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \langle [x_i - x_i(0)]^2 \rangle \quad (5)$$

donde  $x_i(t)$  es la posición de la partícula al tiempo  $t$ .

## 2.4 Resultados y discusión

Uno de los grandes problemas que uno enfrenta al caracterizar un sistema  $1D$  es que no existe un parámetro de orden o función de correlación que permita elucidar en que momento estamos cerca de una transición de fase. Por ello en [6] se propuso un criterio heurístico basado en la altura del primer pico del factor de estructura  $S(q_x)$ . En nuestro análisis monitoreamos la evolución de este observable en función de la carga electrostática  $q$ .

Desde el punto de vista estático, se puede esperar que un sistema dado experimente una transición líquido-sólido cuando el orden presente sea de largo alcance y las partículas se encuentren distribuidas en todo el espacio disponible con una máxima distancia de separación posible. Para partículas que interactúan repulsivamente esto sólo ocurre cuando la separación entre centros de partículas corresponde a la distancia promedio  $d = 1/\rho$ , de otra forma la energía libre del sistema no podría minimizarse.

La evolución estructural del sistema en función de la carga (figura 1a), nos muestra que para valores de  $q \leq 75$  la  $g(x)$  exhibe las mismas características de sistemas repulsivos en  $2D$  y  $3D$ : i) las partículas no sienten la interacción de coraza-dura, esto es, están separadas a distancias mayores a sus diámetros, ii) el orden es típico de un sistema fluido, i.e., la  $g(x)$  decae al valor de gas ideal y iii) las partículas están distribuidas uniformemente a lo largo del canal. Sin embargo para valores  $q \geq 100$  la  $g(x)$  se vuelve altamente estructurada y las correlaciones entre partículas están presentes incluso a muy largas distancias (figura 1b). De hecho, para estos sistemas existe sólo una longitud característica en el sistema que es la distancia promedio, es decir, las partículas están acomodadas a lo largo del canal separadas

por múltiplos de  $d$ . Otra característica a notar en la  $g(x)$  es que los máximos están claramente separados por valles, i.e., por regiones donde la probabilidad de encontrar partículas es cero. Las características anteriores son un claro indicio de

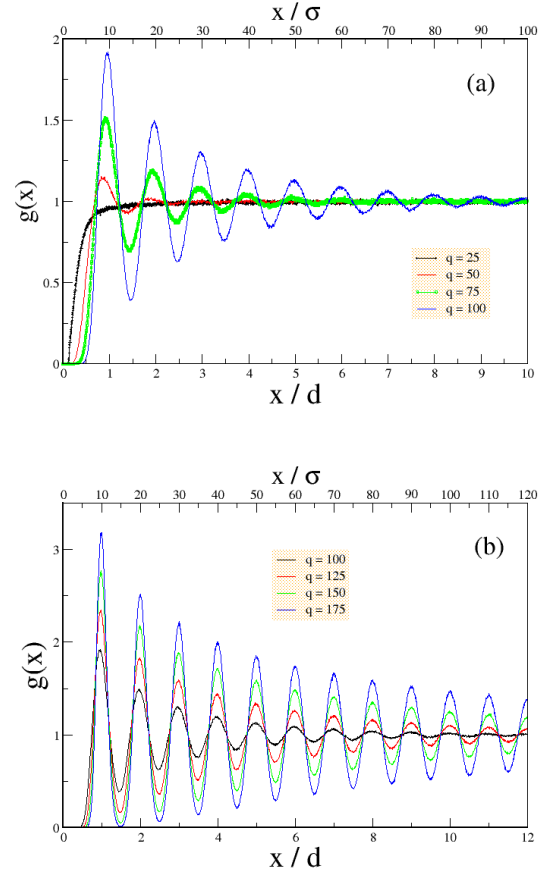


Fig. 2 Función de distribución a pareja (a) valores de la carga donde el sistema está en una fase fluida y (b) valores de la carga donde el sistema muestra un alto grado de ordenamiento que las partículas están altamente localizadas y fuertemente correlacionadas a lo largo del canal [6].

Las características estructurales del sistema analizadas a través de la  $g(x)$  son corroboradas por el comportamiento del  $S(q_x)$ . Se puede observar que para aquellos sistemas donde la  $g(x)$  presenta correlaciones de corto alcance, el  $S(q_x)$  presenta una curva suave y la posición de los máximos indican que no existe una escala de longitud característica o predominante (figura

2a). Sin embargo, en aquellos casos donde la  $g(x)$  presenta correlaciones de largo alcance, el primer pico del  $S(q_x)$  alcanza una gran altura y es muy angosto (figura 2b); además todos los picos están en posiciones que son múltiplos enteros de  $q_x d \approx 2\pi$ . Todas estas características en sistemas  $2D$  y  $3D$  son clara evidencia de una transición líquido-sólido.

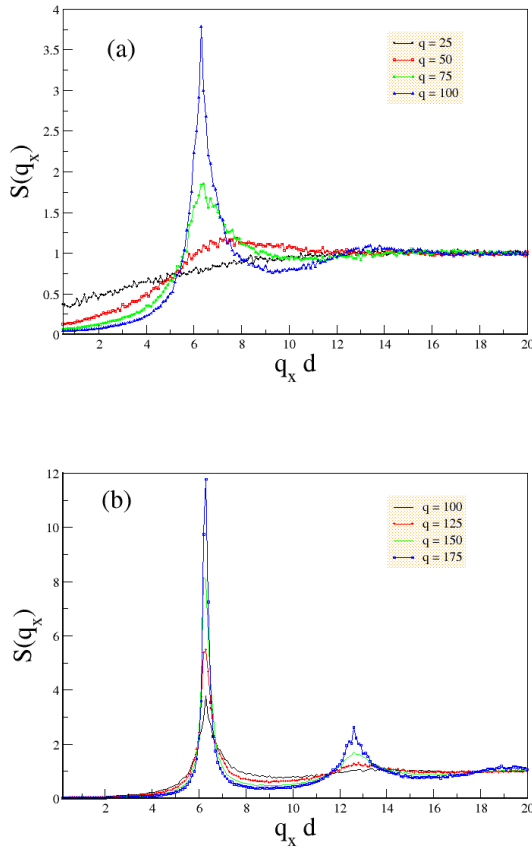


Fig. 5 Factor de estructura estático para (a) valores de la carga donde el sistema está en una fase fluida y (b) valores de la carga donde el sistema muestra un alto grado de ordenamiento.

Para sistemas en  $1D$  se interpretan como una transición estructural desorden-orden. La transición al estado de alto orden estructural típico de un sólido, para sistemas  $1D$  ocurre cuando el primer pico del factor de estructura es de  $S(q_x) \approx 7$ , lo cual ocurre para nuestros sistemas en el rango de  $q = 125$  a  $q = 150$ . En ese rango de valores el primer pico aumenta su

altura dramáticamente y rebasa el valor de 7, por lo cual consideramos que este sistema cumple con el criterio estructural propuesto en [6].

La conducta dinámica de sistemas coloidales  $1D$  con interacciones de coraza dura o repulsivos exhiben un comportamiento difusivo anómalo a tiempos muy largos caracterizados por  $W(t) = F\sqrt{t}$ . Para corroborar este comportamiento medimos el desplazamiento cuadrático medio  $W(t)$  para todos nuestros sistemas (figura 3) y encontramos que sin importar el acoplamiento y alcance de las interacciones electrostáticas, todos los sistemas presentan una conducta dinámica similar a la observada en sistemas coloidales con interacciones repulsivas de corto y medio alcance [6].

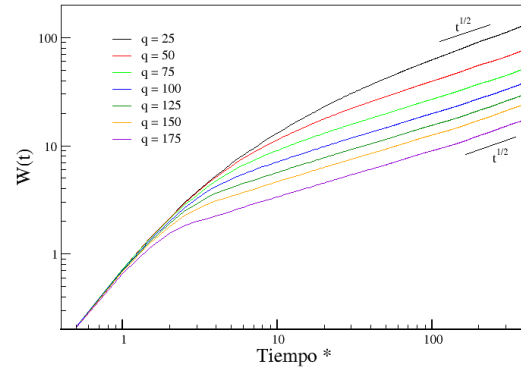


Fig. 6 Desplazamientos cuadráticos medios para un sistema de partículas interactuando a través del potencial de Coulomb para diferentes valores de la carga

Desde una perspectiva dinámica, en sistemas abiertos la transición al estado sólido está marcada por un valor límite constante del  $W(t)$ , esto es, cuando la partícula queda encerrada por partículas vecinas que le impiden seguir difundiéndose. Sin embargo, este criterio no puede emplearse en sistemas  $1D$  ya que no existe pasaje mutuo de partículas y el efecto de encajuelamiento no se presenta. De tal forma que incluso para sistemas muy densos o altamente interactuantes la conducta dinámica sigue siendo

anómala y descrita por  $W(t) = F\sqrt{t}$ . Entonces, de manera intuitiva se espera que un alto ordenamiento estructural vaya acompañado de una reducción considerable en la difusión de las partículas. El estudio sistemático de la reducción en la difusión de las partículas está actualmente en proceso por el grupo de simulación computacional de materia condensada del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. Resultados en esta dirección serán publicados posteriormente.

### 3. CONCLUSIONES

El sistema de partículas con interacciones repulsivas de largo alcance presenta características típicas de una fase sólida cuando la intensidad y alcance del potencial alcanza un cierto valor crítico. Al parecer este sistema cumple con el criterio heurístico de ordenamiento propuesto para sistemas coloidales repulsivos en  $1D$ . Sin embargo es necesario un estudio más sistemático de la estructura en la región donde se observa la transición, el cual debe ir acompañado de un análisis de la reducción en la difusión. Trabajo en ambas direcciones está actualmente en proceso.

### 4. REFERENCIAS

A. Cuesta and A. Sánchez, "General Non-Existence Theorem for Phase Transitions in One-Dimensional Systems with Short Range Interactions, and Physical Examples of Such Transitions", *J. Statistical Physics*, Vol. 115, pp 869-893, 2004.

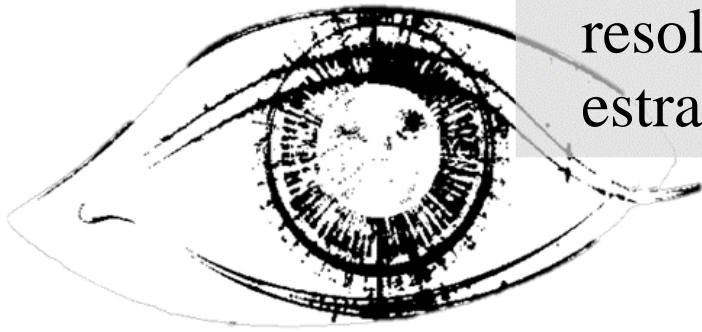
S. Ares, J. A. Cuesta, A. Sánchez, and R. Toral, "Apparent phase transitions in finite one-dimensional sine-Gordon lattices", *Phys. Rev. E*, Vol. 67, 046108, 2013

A. Arnold, O. Lenz, S. Kesselheim, R. Weeber, F. Fahrenberger, D. Roehm, P. Košován and C. Holm. "ESPResSo 3.1—Molecular Dynamics Software for Coarse-Grained Models" Meshfree Methods for Partial Differential Equations VI, volume 89 of *Lecture Notes in Computational Science and Engineering*, pages 1-23, Editors: M. Griebel and M. A. Schweitzer, 2013. Springer

H-J Limbach, A. Arnold, B. A. Mann and C. Holm. "ESPResSo—An Extensible Simulation Package for Research on Soft Matter Systems". *Comput. Phys. Commun.* Vol. 174 pp 704-727, 2006

A. Arnold and C. Holm, "MMM1D: A method for calculating electrostatic interactions in one-dimensional periodic geometries", *J. Chem. Phys.*, Vol. 123, 144103, 2005.

S. Herrera-Velarde, A. Zamudio-Ojeda, and R. Castañeda-Priego. "Ordering and single-file diffusion in colloidal systems". *J. Chem. Phys.*, Vol.133, 114902, 2010.



Capítulo II. Desarrollo  
tecnológico e ingeniería para la  
resolución de problemas  
estratégicos.

# II



## 2.1 Pruebas de principio y diseño de ingeniería.

# **Aplicación de la teoría TRIZ en el desarrollo de un nuevo producto en la empresa Solo Café de Calidad S. de R. L. de C. V.**

L. Rivera Aguirre<sup>1</sup>, M. A. Cerdán<sup>1</sup>, M. P. Ralero de la Mora<sup>1</sup>, A. Flores Aguilar<sup>2</sup>, J. A. Moreno Ortega<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, 5ª. Secc. de la Reserva Territorial s/n. Col. Sta. Bárbara C. P. 91096, Xalapa, Ver., angelica.cerdan@itsx.edu.mx, lisseth.rivera@itsx.edu.mx, manuel.ralero@itsx.edu.mx.

<sup>2</sup> Solo Café de Calidad, S. de R. L. de C. V., Adolfo López Mateos No. 35-A, Col. Centro CP 91500, Coatepec, Ver. ingenieria@solocafe.com.mx, josue@solocafe.com.mx

## **RESUMEN**

El mayor requerimiento de agua en el proceso de beneficiado húmedo de café es en la etapa de despulpe, generándose pulpa y mucílago, dos subproductos con alta capacidad contaminante para el agua aplicada en el proceso. Dado que la capacidad de resolución de problemas técnicos en el desarrollo e innovación requiere del uso de la experiencia y conocimiento de expertos, la Teoría de Solución de Problemas Inventivos (TRIZ), ha sido aplicada por la empresa Solo Café de Calidad. S. de R. L. de C.V. en la innovación de sus productos, buscando dar solución a la problemática de alto consumo de agua en los sistemas de despulpe, con la finalidad de desarrollar un módulo ecológico de despulpe y desmucilaginado de café, de bajo consumo de agua, que conserve la integridad del grano, y al mismo tiempo incremente la productividad por hora.

Palabras Clave: TRIZ, innovación, maquinaria para beneficiado de café.

## **ABSTRACT**

The highest requirement of water in the process of wet processing of coffee is at the stage of pulping, generating pulp and mucilage, two products with high contaminant capacity for water applied in the process. Since the ability to solve technical problems in the development and innovation requires the use of the experience and the knowledge of experts, the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) has been applied by the company Solo Café de Calidad, S. R. L. de C.V. in product innovation, seeking to

solve the problem of high water consumption pulping systems, in order to develop an ecological module pulping and degumming of coffee, low water consumption, which maintains the integrity of grain, and at the same time increase productivity per hour.

Keywords: TRIZ, innovation, machinery for coffee processing.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El mayor requerimiento de agua en el proceso del café es en la etapa de despulpe y lavado (40 lts/kg) [1], donde se desprende el mucílago y la pulpa a través de acciones mecánicas facilitadas por grandes cantidades de agua. En este proceso el cuidado de la calidad del grano se vuelve crítico, dado que se ve afectado por la acción mecánica a la que es sometido [2] y el agua residual del proceso contiene sustancias adicionadas de origen orgánico viéndose afectada en su calidad, lo que genera un problema de tipo ambiental [3].

La capacidad para resolver problemas técnicos depende la frecuencia y habilidades con las que el investigador haya enfrentado problemas similares con anterioridad. Consecuentemente, esta capacidad está basada fundamentalmente en el conocimiento, ya que el objetivo es reusar el conocimiento adquirido previamente en situaciones similares. La Teoría de Solución de Problemas Inventivos o teoría TRIZ es un enfoque capaz de asistir este proceso y, en consecuencia, muy útil para acelerar el proceso de innovación [4]. Así, la empresa Solo Café de Calidad S. de R.L. de C.V. y su área de desarrollo e innovación, en busca de la

innovación en sus productos y dar solución a la problemática del alto consumo de agua en este proceso, se puso como reto analizar los sistemas de despulpe con la finalidad de desarrollar un módulo ecológico para despulpado y desmucilaginado del café

## 2. DESARROLLO

Tomando en consideración las características del proceso de beneficio húmedo del café, se pueden hacer las siguientes observaciones:

- En el proceso de beneficio húmedo del café se generan dos subproductos: la pulpa y el mucilago, los cuales tienen una alta capacidad contaminante para las aguas utilizadas en el proceso.
- Cuando el café es despulpado de manera tradicional utilizando agua y transportando la pulpa hidráulicamente, la pulpa puede perder más de la mitad de su materia seca, lo cual constituye casi la tercera parte de la capacidad contaminante total de los subproductos del proceso.

Así el objetivo del diseño surge a partir de la necesidad de diseñar un módulo para despulpe y desmucilagar de bajo consumo de agua y que conserve íntegra la calidad de grano.

### 2.1 Aplicación de la Teoría TRIZ

TRIZ es un método sistemático para incrementar la creatividad basado en el estudio de los modelos de evolución de patentes y en otros tipos de soluciones a problemas. Las empresas que resuelven problemas de forma intuitiva así como estructurada han mencionado que el método TRIZ les proporciona ideas adicionales.

El TRIZ es la primera técnica que se ha definido como “basada en el conocimiento”, en este sentido, Solo Café de Calidad y su centro de investigación y desarrollo tecnológico tiene el conocimiento y la experiencia para aplicar esta metodología ya que durante los últimos años de producción ha logrado incrementar y reforzar sus capacidades de innovación en tecnologías limpias avanzadas aplicadas a los procesos

agroindustriales, y para este caso en específico, el del café.

A continuación se describe la metodología llevada a cabo para la aplicación de la metodología TRIZ en el proceso de diseño del módulo ecológico despulpador - desmucilaginator:

Paso 1. Reconocimiento de las necesidades del cliente. Es importante resaltar que la teoría TRIZ no posee una herramienta para la detección de las necesidades y en este caso de aplicación la empresa utilizó el Benchmarking.

Paso 2. Definición del problema. La información disponible de las necesidades de los clientes proporcionó las bases para la definición del “diseño del problema” que involucra aspectos tales como materiales, medios de producción, especificaciones ergonómicas, el mismo mercado y en general todos aquellos recursos necesarios para la elaboración de dicho producto.

Paso 3. Desarrollo de conceptos ideales que podrían satisfacer las dimensiones del producto.

Paso 4. Validación.

Paso 5. Transformación del concepto seleccionado en especificaciones del producto y requerimientos de producción.

2.2 Aplicación de la teoría TRIZ en el desarrollo de un nuevo producto en la empresa Solo Café de Calidad S. de R. L. de C.V.

#### 2.2.1 Definición del producto

El café cereza recién cortado es un producto delicado, por tal motivo el proceso de beneficiado húmedo debe empezar de la mejor manera, de modo que la maquinaria utilizada no afecte la calidad del grano.

Solo Café en su proceso de mejora continua busca desarrollar un módulo de despulpe y desmucilaginado haciendo uso del método TRIZ y de la investigación y observación de las necesidades de los productores de café, como son: espacios reducidos de beneficiado,



reducción de utilización de agua y aumento de productividad por hora de despulpe.

#### Paso 1. Reconocimiento de las necesidades del cliente

El desarrollo del proyecto requirió realizar el presente estudio de benchmarking donde se hace una comparación tecnológica que sirve como pauta en el diseño del módulo ecológico, conociendo las ventajas y desventajas de los competidores de las marcas consideradas.

Las herramientas utilizadas para la obtención de información necesaria fueron:

**Encuesta:** Se diseñó una hoja de datos relevantes para facilitar la recopilación de información de los equipos de las distintas marcas internacionales y nacionales que participan en el presente estudio.

**Entrevistas y visitas:** Se realizaron entrevistas y visitas a empresas que cuentan con el equipo de los diferentes distribuidores en las cuales se han identificado datos importantes para una mejora tecnológica.

**Protocolos para realizar pruebas mecánicas:** Formalización de procedimientos de prueba de eficiencia energética, calidad del proceso, etc., a los equipos (módulos despulpadores de café) para realizar comparaciones entre las diversas marcas consideradas en el estudio.

En las tablas 1 y 2 se presenta de manera resumida los resultados del benchmarking.

Tabla 1: Comparativo e módulos de despulpe por marca.

PAÍS	COLOMBIA						BRASIL		COSTA RICA	
MARCA O EMPRESA	INGESEC		PENAGOS		JM ESTRADA		PINHALENSE		BENDIG	
MODELO	DIN-1200 NG	DIN-5000 NG	ECO LINE 800	ECO LINE 1600	BECOL SUB 1000	5000	ECO FLEX-1	ECO FLEX-4	BEC-3	BEC-10
CAPACIDAD (Kg cc/h)	1200	5000	800	1600	1000	5000	1200	5000	750	2500
ELEVADOR DE CAFÉ CEREZA	X	X	N/A	N/A	X	X			X	X
PRELIMPIEZA	N/A	sifon retención de piedras	N/A	N/A	X	X	SEPARADOR DE VERDES		X	X
DESPUHPADORA	1200	(2) 2500	800	2 (800)	1000		1200	2 (2500)	750	2500
DESPUHPADORA DE REPASO	N/A	1200	N/A	N/A					OPCION AL	
CRIBA SELECCIONADORA	X	X	X	X	X	X			ZARANDA A VIBRA.	ZARANDA VIBRA.
DESMUCILAGINADOR	X	X	X	X	X	X	OPCION AL	OPCION AL	D.M EN SECO	X
POTENCIA DESMUCIL (HP)	3	10			3	10	3	7.5		
TORNILLO SINFIN P/ PULPA Y MUC.					Ø4" x 3m	Ø6" x 5m			X	X
CONSUMO DE AGUA	3 lt/min	1 Lt/kg cp	180 Lt/h	320 Lt/h					0.28 Lt/Kg	0.28 Lt/Kg

Tabla 2: Comparativo de rendimientos en módulos de despulpe por marca.

PAÍS	BRASIL			MÉXICO		COSTA RICA		
MARCA	PINHALENSE			BONASA		BENDIG		
MODELO	DC1	DC3	DC6	2	4	DPI-10	DPI-15	DPI-20
Ø CIL.				6"	6"			
LARGO CIL.				8"	12"	12"	24"	24"
RPM						140	140	125
CAPACIDAD	750	2000	4000			2000	3000	4000
POTENCIA				0.5-1	0.5-1	1.1	2.2	2.2
VOLANTA								
# CHORROS				2	2			
FAB CILINDRO				COBRE TROQUELADO		AL. FUNDIDO/ Fe COLADO		
FAB PECHERO				FUNDICIÓN		HULE Y FUNDICIÓN		

Con objeto de facilitar el análisis y comprensión de los diferentes modelos de maquinaria, como son los módulos despulpadores de café, de las empresas proveedoras, se evaluaron un conjunto de factores que caracterizan el diseño, rendimiento y eficiencia de las diversas marcas, lo cuales proyectaron posibles mejoras en el modelo a diseñar. A continuación se mencionan las variables evaluadas.

#### Producto

- Rendimiento energético
- Capacidades de proceso
- Gasto en agua
- Impacto ambiental
- Dimensiones

#### Tecnología

- Modularización de la tecnología
- Tipo de tecnología
- Tipos de fallas y frecuencia
- Materiales de fabricación
- Inclusión de nuevas tecnologías

#### Proveedor



- a) Disponibilidad de refacciones
- b) Soporte post- venta
- c) Soporte a venta
- d) Centro de distribución y mantenimiento
- e) Nacional / extranjero

Obteniendo de esta manera los requerimientos del cliente:

- a) Facilidad de instalación
- b) Facilidad de operación
- c) Facilidad de accionamiento
- d) Facilidad de reparación
- e) Medidas de seguridad
- f) Calidad de agua residual
- g) Consumo de agua
- h) Consumo energético
- i) Capacidad

## Paso 2. Definición del problema

Analizando los datos obtenidos hasta el momento, se identificó una contradicción la cual representa un problema para el diseño del producto, ya que en el proceso de beneficio húmedo del café se generan dos subproductos: la pulpa y el mucilago, los cuales tienen una alta capacidad contaminante para las aguas utilizadas en el proceso y cuando el café es despulpado de manera tradicional utilizando agua y transportando la pulpa hidráulicamente, la pulpa puede perder mas de la mitad de su materia seca, lo cual constituye casi la tercera parte de la capacidad contaminante total de los subproductos del proceso.

Para resolver la contradicción fue necesario el uso de la matriz de contradicciones (Ver tabla 3), una de las herramientas más populares de TRIZ. La finalidad de esta es reducir el espacio de solución para encontrar de forma más rápida soluciones potenciales, para esto se deben de analizar los principios de solución asociados a la contradicción, los cuales se encuentran en una base de principios.

Tabla 3: Análisis de teoría de contradicciones.

Contradicción:	Alto consumo de agua en el proceso / Agua residual contaminada	
Principios aplicados para resolver este tipo de contradicción:	TRIZ 2, 15 y 33.	
Principio	Postulado	Acción/ Resultado
2. Extracción	Separar o quitar la parte que genera el problema de contradicción.	Se visualizó que la máquina despulpadora de café de alta velocidad comprende de una armazón de soporte, una tolva de recepción de material, un cilindro con una camisa metélica con un pechero y un elemento motriz que impulsa la unidad, caracterizadas porque incluye a continuación una zaranda oscilante con elementos de separación del grano acoplada a una segunda despulpadora y porque el pechero incluye un bloque con unas aberturas o lumbreras biseladas hacia el exterior que alojan las zapatas del pechero y sus prensadores y se sujetan a la misma por medio de una platina provista de sujetadores y por medio de una barra.
15. Incremento dinámico	Hacer que las características de un objeto o el ambiente se adapten para un rendimiento óptimo en cada etapa de su función.	La regulación de la luz entre el pechero y el cilindro se obtiene por medio e excentrico a mando, "Desmondromico" que en determinada posición permite el desencanche del soporte móvil de la base y su libre rotación.
33. Homogeneidad	Objetos secundarios que interactúan con el objeto principal deben fabricarse del mismo material o materiales similares al objeto principal.	Las sub-partes del módulo estará diseñada de acero inoxidable que logra un mayor tiempo de vital útil de la máquina evitando mantenimientos por corrosión y desgaste de pintura.

## Paso 3. Desarrollo de conceptos ideales que podrían satisfacer el diseño del producto

Se realizó un estudio comparativo entre marcas internacionales, con la intención de ubicar el módulo despulpador de café desarrollo por Sólo Café de Calidad S. de R.L. de C.V., resaltando en la siguiente tabla derivada del benchmarking, especificaciones con las que cuenta cada maquinaria para comparar los módulos preexistentes y el desarrollado. En la tabla 4, se muestra el análisis comparativo.

Tabla 4: Comparativo de 3 marcas comerciales y el propuesto por SKF.

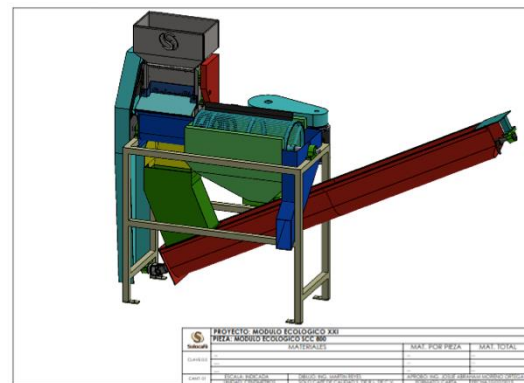
CARACTERÍSTICAS	MODELOS A COMPARAR			
	Modelo 1 PENAGOS	Modelo SKF	Modelo BENDING	Modelo INGESEC
Consumo energético	S	+	+	-
Consumo de agua	S	-	-	S
Daños a granos	S	+	-	-
Capacidad de producción por hora	S	+	S	-
Ergonomía en el mantenimiento	S	+	-	S
Capacidad de la criba	S	+	+	-
Material de construcción	S	+	S	S
Mejoras	0	1	3	4
Oportunidad	0	+	-	-
Logro	6	+	-	-

S = Cubierto, igual al modelo de la línea base.

- = Menor o menos favorecedor aspectos que son menores con relación al valor del modelo de la línea base.

Escala: Se indica la escala del dibujo, para tomar en consideración a la hora de manufacturar.

Fecha de elaboración: Se indica la fecha en que se realizó dicho plano. Los planos que se presentan a continuación, fueron realizado y aprobados por personal calificado de Solo Café de Calidad S. de R.L de C.V. Cada una de las piezas, fueron fabricadas bajo especificaciones y analizadas previamente para detectar anomalías en la construcción.



Con la finalidad de cumplir los requerimientos que presentaron los clientes potenciales a los que se dirigía el producto, se generaron las especificaciones de construcción de prototipos. Sin embargo, fue necesario verificar la funcionalidad y operación de los mismos, a través de la aplicación de protocolos de pruebas para verificar que se cumplieran los requisitos de calidad del servicio que ofrece el producto, por lo que se definieron pruebas de calidad aplicadas a los prototipos de módulos despulpadores de café y estas pruebas fueron integradas con base a los aspectos que impactan en mayor escala en la elección de los clientes como son:

- Eficiencia de la despulpadora de café.
- Eficiencia del desmucilaginador de café.
- Consumo energético durante la operación.
- Ergonomía en el módulo despulpador de café.
- 

El prototipo ejecutado como primer modelo (figura 2), presenta una estructura base, en la cual soporta cada uno de sus componentes. Tal prototipo se realizó con la intención de probar las características del nuevo desarrollo, así como para validar su funcionamiento de operación en el laboratorio de pruebas y así poder iniciar la construcción de los 10 prototipos propuestos para asegurar la calidad del producto a ofertar en el mercado.



Figura 2: Prototipo desarrollado.

La aplicación de protocolos confirmó que el prototipo final del módulo para despulpe desarrollado ofreció resultados sorprendentes que superaron las expectativas ya que logró dar un rendimiento de 2000 kg/hr cuando se esperaba menos, la despulpadora logró separar muy bien el café despulpado de la pulpa y despulpar hasta el 90% de granos, los granos que no alcanzaron a despulparse fue por defectos debidos al corte, es decir era café muy pequeño que aún no estaba maduro o café que ya se había secado en la planta, el diseño de la criba logró recuperar el café que no se despulpa debido a su tamaño para después calibrar nuevamente la despulpadora y hacer un repaso de café y finalmente el desmucilaginador presento las características esperadas haciendo que en

conjunto el módulo funcionara mejor que el modelo de línea base dejando una gran oportunidad en el mercado.

También se realizó un análisis físico-químico al café después de haber realizado el proceso de despulpe, realizando la evaluación correspondiente a la calidad del producto (café despulpado), de lo cual vale la pena destacar que el porcentaje de café despulpado presentó el 96% del total de la carga de café cereza utilizada en la prueba, lo que representa un valor considerado para dar un veredicto de aceptabilidad como resultado de la evaluación. De igual forma, en la evaluación aplicada para definir la calidad con la que el café resultaba después de ser procesado a través del sistema del desmucilaginador, se obtuvo un porcentaje del 95% en la calidad del grano, quedando con mucilago un mínimo del 5% de la carga.

Se realizó el estudio ergonómico del módulo ecológico con la finalidad de evaluar uno de los aspectos más relevantes en la operación de este tipo de maquinaria, ya que se evaluaron diferentes elementos componentes de la maquinaria, obteniéndose resultados positivos ya que en los controles de operación donde se ubica el interruptor de encendido/apagado del módulo tiene una posición adecuada lo que facilita la manipulación del mismo, cuenta con interruptores de seguridad y la posición de este también es de fácil acceso, se integraron instrucciones de uso de fácil interpretación, etiquetas de advertencia y etiquetas de seguridad. En otro de los aspectos evaluados se consideró que la limpieza y mantenimiento de la maquinaria, tanto en la despulpadora como en el desmucilaginador fueran actividades fáciles de realizar.

Evaluando el consumo energético del modulo despulpador - desmucilaginador de café se registró un voltaje de 110 V, 12 Amperes y 0.746 KW de potencia en el proceso de operación, contando con un ciclo del proceso de 3 horas y con una capacidad de despulpado de 2000 kg/h.

Paso 5. Transformación del concepto seleccionado en especificaciones del producto.

El módulo de despulpe y desmucilaginado comparándolo con otros productos de función similar tiene como principales ventajas:

a) Bajo consumo de agua:

- El modelo con motor, no necesita agua para despulpar.
- El modelo manual requiere un ligero flujo de agua para mejor despulpe del café.

b) Reducción de contaminación de aguas residuales:

- Al no utilizar agua para despulpar, se evita la contaminación del agua.

c) Fácil mantenimiento:

- Estructura de acero inoxidable que logra un mayor tiempo de vida útil de la máquina, evitando mantenimientos por corrosión y desgastes de pintura.
- De fácil limpieza e instalación.
- No necesita obra civil para su instalación,
- Al no requerir grandes mantenimientos, se ahorra el dinero que pudiera utilizar en ellos.

d) Aprovechamiento de subproductos:

- La pulpa seca puede ser utilizada para compostaje y abono orgánico. Estando seca no despiden olores desagradables y la descomposición se vuelve más rápida.

La tabla 5, presenta los datos técnicos del módulo ecológico.

Tabla 5: Datos técnicos del módulo ecológico.

Modelo	Cereza XXI
Capacidad con motor	2000 Kg/hora
Potencia total	4 HP
Voltaje	110 V
Número de salidas	2
Peso Neto	100 Kg
Dimensiones generales	2.61 x 0.95 x 1.74 m

Las figuras 3 y 4 presentan las principales vistas del módulo ecológico.

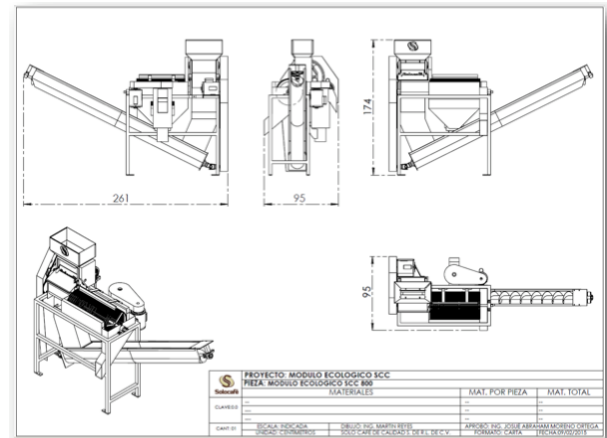


Figura 3: Módulo ecológico (Dimensiones).

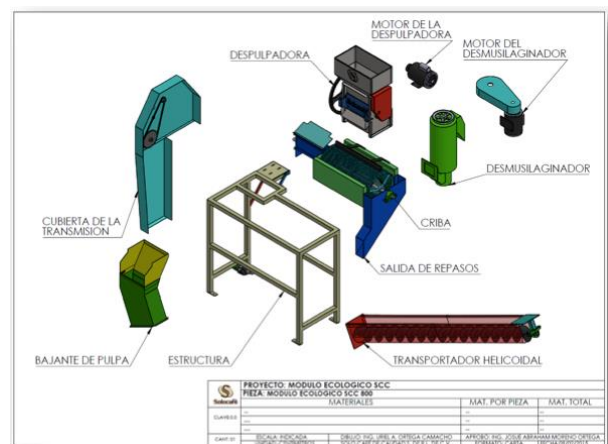


Figura 4: Módulo ecológico (Vista explosionada).

Para instalar el módulo se debe de tomar en cuenta los siguiente:

- Ubicar el módulo o despulpadora con la salida de café despulpado junto al tanque de fermentación.
- Anclar el modulo al piso, manteniendo el nivel de la maquina estable.
- El sitio de instalación requiere uso de corriente eléctrica a 110 V. Se requiere un interruptor termomagnético a 60 Amperes para soportar un motor de 4 HP.
- El sitio de ubicación requiere de instalación hidráulica para lavar la despulpadora después de su uso.
- El sitio de ubicación requiere de instalación de drenaje.

### 3. CONCLUSIONES

Este documento menciona como Solo Café de Calidad elaboró el diseño de un nuevo producto mediante la aplicación de varios conceptos fundamentales de la teoría TRIZ. Además, se muestra cómo se combina TRIZ con técnicas tales como el Benchmarking, y la Teoría de Contradicciones con el propósito de acelerar el proceso de diseño, obteniendo criterios que posibilitan la selección de soluciones potenciales en un corto periodo de tiempo. Debido su naturaleza, TRIZ tiene la versatilidad de ser aplicada a diversos campos de estudio donde se requiera resolver un problema, esta capacidad de TRIZ explica la extensa cantidad de aplicaciones en los procesos, productos y servicios en diversos ámbitos.

La información obtenida mediante la metodología TRIZ, se tomó como referencia para la construcción del primer prototipo del desmucilagador ahorrador de agua, teniendo como certeza que los usuarios finales quedarán satisfechos con los resultados de su adquisición; además que el ser una tecnología mexicana le da mayor ventaja al módulo ya que pueden tener más accesibles las piezas para refacción así como el servicio post-venta.

Es así, como la empresa Solo Café de Calidad S. de R.L. de C.V. Redobla su compromiso día con día al buscar implementar estrategias de innovación para reforzar las capacidades internas y brindar soluciones innovadoras sostenibles al sector agroalimentario.

### 4. REFERENCIAS

N.R. Valencia, "Estudio de un biosistema integrado para el post-tratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrófitas acuáticas", Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, 2009, pp 5-7.

J.C. Botero & W.H.B. Sánchez, "Buenas prácticas agrícolas en el beneficio del café en Colombia", Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, 2012, pp 38-45.

V.M. Velasco, G.I.P. Quintero & N.R. Valencia, "Impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo del café", Cenicafé, Vol. 48, 4, 1997, pp 234-252.

G. F. Téllez, J.G. González & E.A.M. Rivera, "Modelo de innovación asistido por TRIZ, como alternativa de desarrollo y

fortalecimiento de empresas emergentes en México", Congreso Internacional de Investigación. Academia Journals en Ciencias y Sustentabilidad, Vol. 2, 2015, accesible en línea en [http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16025/modelo\\_de\\_innovacion\\_asistido\\_por\\_triz\\_como\\_una\\_alternativa\\_de\\_desarrollo\\_y\\_fortalecimiento\\_de\\_empresas\\_emergentes\\_en\\_mexico.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16025/modelo_de_innovacion_asistido_por_triz_como_una_alternativa_de_desarrollo_y_fortalecimiento_de_empresas_emergentes_en_mexico.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Consultado el 3 de septiembre de 2015.

# Diseño y construcción de un prototipo de submarino autónomo

Juan M. Olguín M.<sup>1</sup>, Juan C. Martínez H<sup>1</sup>, Daniel. Reyes V.<sup>1</sup>, José A. Marcos P.<sup>1</sup>,

<sup>1.</sup> Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5A Reserva Territorial s/n, Col. Santa Bárbara, CP 91096, Xalapa, Veracruz, México.

## RESUMEN

La intención del presente trabajo es la de crear un dron marino (o acuático), el cual permita la investigación del fondo marino. Este realizará diversas labores tales como: auxiliar en la investigación de la vida acuática, vigilancia de mantos acuíferos, investigación de nuevos sitios marinos donde sea difícil el acceso a los humanos, exploración de las zonas de riesgo donde se puedan producir derrumbes para salvaguardar la vida de los buzos, monitoreo de la contaminación a distintas profundidades. Este proyecto lleva la intención de cuidar tanto la vida humana como la marina, en la exploración de nuevos lugares o de difícil acceso, economizando los tiempos y costos de inmersión, así como de minimizar el daño de la vida marina.

Palabras Clave: vida acuática, exploración, monitoreo, dron.

## ABSTRACT

The intention of this work is to create a sea (or water) drone, which allows the investigation of the seabed. This will perform various tasks such as research assistant in aquatic life, groundwater monitoring, research of new marine sites wherever difficult access to human exploration risk areas where landslides may occur to safeguard life divers, pollution monitoring at different depths. This project is intended to take care of both human life and the marina, in exploring new places or difficult to access, saving time and costs immersion and minimize damage marine life.

Keywords: aquatic life, exploration, monitoring drone.

## 1. INTRODUCCIÓN

La creación de un vehículo acuático no tripulado no es algo nuevo, ya que se encuentran un sin fin de estos prototipos en la red, sin embargo una de las limitantes con las que se enfrentan todos estos prototipos es que dependen del “cordón umbilical” que le permita controlar su descenso, su dirección y mediante la cámara indicar su posición.

Sin embargo este proyecto propone que sea completamente autónomo y reaccione a eventos que se den en los lugares donde se le indique, hacer que la cámara se active a consideración del sistema realizado.

## 2. DESARROLLO.

El prototipo se tiene pensado elaborar, mediante el uso de material reciclado o de fácil adquisición tales como:

- Cámara para microcontrolador Arduino,
- Tubos de PVC,
- Motores,
- Cables y Vidrio
- Led's para iluminar a cierta profundidad, donde ya no entre la luz solar.

Una de las grandes limitantes que se tiene es la presión ejercida debajo del agua. Tomar en cuenta que un buzo no puede sumergirse varias veces en el mismo día, ya que altas presiones conllevan varias horas de descompresión del cuerpo humano.

Mediante la implementación de este prototipo se pretende arriesgar menos vidas que las que actualmente se llevan

Desde hace muchos años, el hombre ha intentado descubrir el mundo en toda su extensión, sin embargo no le ha parado la limitación de sus características físicas, por lo que desde hace

algunos siglos ha buscado conquistar todos los terrenos.

Así se tiene que el primer sumergible del cual se tiene conocimiento data del año 1620, construido por el holandés. Cornelius Van Drebbel. Este ingeniero fue contratado por el rey de Inglaterra como inventor y trató de convencer a la Armada Británica de que este tipo de embarcaciones submarinas eran el futuro.

Para ello tomó un barco de pesca le instaló un techo de madera y cubrió todo con cuero engrasado. El barco era movido con la fuerza de doce remeros que respiraban gracias a un tubo (un esnórquel). La primera navegación con inmersión se realizó en el río Támesis en 1620, con una profundidad de unos 12 pies (3.65 metros).

El rey pareció satisfecho con estas demostraciones reales, pero la Armada Británica no veía la utilidad militar del artilugio y hasta tres siglos después, la iniciativa no prosperó.

Van Drebbel diseñó otros dos modelos más grandes. Se dice que el Rey Jacobo I de Inglaterra paseó en uno de ellos para demostrar su seguridad. Pese a sus exitosas demostraciones, la invención no consiguió despertar el interés de la Armada Británica, en una época en la que la posibilidad de un combate submarino estaba aún muy lejana en el futuro.

Esta idea evolucionó con la creación de los submarinos que hoy en día conocemos y que han servido con fines tanto de investigación como bélicos, se podría citar la segunda guerra mundial, en la cual los alemanes, rusos y norteamericanos los utilizaron para intentar ganar las guerras.

En la actualidad, un dron es un dispositivo más actual y el cual prácticamente tiene funciones de reconocimiento, normalmente es reconocido como un vehículo autónomo no tripulado, sin embargo este tipo de vehículos no solo se limita a ser aéreo, si no que pueden ser terrestres, y como en este caso acuático.

Se han buscado diversas problemáticas a resolver, por las cuales se dio el interés de realizar este proyecto, inicialmente fue pensado como un proyecto más de entretenimiento que de carácter social, sin embargo esto no es prohibitivo para que pueda resolver diversas problemáticas, tal como la observación del medio acuático (biosfera marina), con el fin de reducir los riesgos que corren los buzos al realizar inmersiones, que no sean de otro tipo más que del de entretenimiento.

Los riesgos se listan a continuación:

- Zonas de alto riesgo de derrumbes de cenotes,
- Cuevas marinas de espacio muy reducido donde pueden llegar a quedar los buzos atrapados,
- Reducir las molestias a las especies animales que viven en las profundidades.

### 3. CONCLUSIÓN

Este prototipo, será fabricado a partir de cámara, tubos de PVC, pequeños motores, cables y algunos cristales y microcontroladores. La intención es poder ver y analizar la vida marítima que se encuentra en lagos, ríos e inclusive en el mar, para poder llegar a realizar todo esto, es necesario que los componentes del vehículo sean de una excelente calidad, ya que se necesitarán los cables necesarios para poder alcanzar un nivel muy bajo, además de los motores que harán que el submarino pueda moverse con facilidad de un lado a otro, y que no solo se enfoque en una pequeña visión pudiendo ver una mayor área, con respecto a la cámara necesitaremos una de buena calidad fotográfica, así como una excelente resolución capaz de captar a una buena distancia, evidentemente a 300 metros de profundidad los rayos solares no llegan, por lo que será necesario el uso de lámparas de Led con las cuales se pueda iluminar el vehículo, el uso de esta cámara permitirá observar con toda libertad posible los fenómenos que se produzcan debajo de los mares además de que el uso de la cámara es netamente para la observación, ya que



el dron no tiene sentidos, ni tampoco se pretende introducir un computador que permita realizar el procesamiento de imágenes para dirigirse, este será guiado por sensores, actualmente se esa trabajando en la burbuja que contendrá el dron para soportar la cámara, ya que como se comentó en párrafos anteriores, la presión es un factor importante en las inmersiones, ya que si no se tiene bien cubierto todo el sistema (dron), este podría llegar a verse afectado, comprometiendo así la estructura del vehículo.

Uno de los objetivos con lo que se cuenta para la creación de este tipo de dron, es que sea capaz de tomar imágenes y sensar un ambiente (ecosistema) marino, que mediante componentes digitales y materiales reciclables se construya con el fin de poder recortar recursos de materiales de investigación de campos, aumentar el tiempo de observación y reducir los riesgos para los buzos que se sumerjan en zonas de alto riesgo.

Para la creación de este prototipo será construido con el siguiente material:

- Tubos de PVC, los cuales serán el cuerpo del vehículo,
- Silicón para mantener unidas las piezas y evitar que se meta el agua en las cabinas del vehículo,
- Cámara 4k para que las imágenes y videos tomados sean de excelente calidad,
- Motores los cuales nos brindarán el movimiento del vehículo, así como su inmersión y emersión,
- Cables, los cuales comunicarán todo el sistema electrónico entre sí.
- Microcontroladores, los cuales permitirán al dron tomar las decisiones de lo que realizarán,
- GPS, estos dispositivos serán utilizados para que el vehículo sepa cuál es su posición exacta en un momento determinado,
- Cristales, que permitan al vehículo poder capturar lo que ocurre en el exterior del mismo,

- Tarjeta de comunicación para transmitir los datos sensados como recibir nuevas instrucciones por parte del operador.

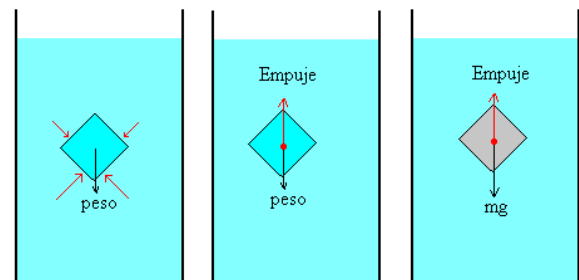
Una de las características que hasta este momento no se ha comentado, es que la innovación de este proyecto es que no depende de cables, ya que será manipulado inalámbricamente, así como permitirle su propia autonomía de decisión, permitiéndole enviar los datos sensados (contaminación, topografía del área, componentes y nutrientes en el agua, etc.) de manera inalámbrica de un área específica.

Dentro de las diferentes pruebas que se han realizado para su construcción se está evaluando cuál de ellas es la más conveniente, ya que el principio de Arquímedes, dice lo siguiente:

El principio de Arquímedes afirma que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso de fluido desalojado.

Esta explicación, consta de dos partes:

1. El estudio de las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido.
2. La sustitución de dicha porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones.



Porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido.

Consideremos, en primer lugar, las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto de fluido. La fuerza que ejerce la presión del fluido sobre la superficie de separación es igual



a  $p \cdot dS$ , donde  $p$  solamente depende de la profundidad y  $dS$  es un elemento de superficie.

Puesto que la porción de fluido se encuentra en equilibrio, la resultante de las fuerzas debidas a la presión se debe anular con el peso de dicha porción de fluido. A esta resultante la denominamos empuje y su punto de aplicación es el centro de masa de la porción de fluido, denominado centro de empuje.

De este modo, para una porción de fluido en equilibrio con el resto, se cumple

$$\text{Empuje} = \text{peso} = \rho_f \cdot gV$$

El peso de la porción de fluido es igual al producto de la densidad del fluido  $\rho_f$  por la aceleración de la gravedad  $g$  y por el volumen de dicha porción  $V$ .

Mediante este principio, se podrá manipular la inmersión y emersión del dron mediante la inundación de compartimentos específicos, buscando que el sistema de control del vehículo permita de manera inteligente el llenado o vaciado de dichos compartimentos para mantener el vehículo estabilizados.

#### **4. REFERENCIAS**

*Doherty, P. (2009). Exploratorium teacher Institute. The Exploratorium Science Snackbook. Jossey-Bass. Wiley.*

*Sendra Compte, S. (2011). Comunicaciones inalámbricas subacuáticas a 2.4 GHz para la transmisión de datos con altas tasas de transferencia. Universidad Politécnica de Valencia.*

# Esferómetro Digital

Castañeda Escobar Lizbeth.A<sup>1</sup>. Tejeda Yopez Danielle L.<sup>1</sup>.

- <sup>1</sup>. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5A Reserva Territorial s/n, Col. Santa Bárbara, CP 91096, Xalapa, Veracruz, México.

## RESUMEN

La curiosidad humana no tiene límite ni tamaño, un ejemplo de ello es el estudio de nuestro entorno, sin importar cual pequeña o absurda sea esta, da pie al inicio de una nueva búsqueda y que propicia a una necesidad teniendo en claro por qué y el cómo de nuestro entorno. Y todo esto para cumplir o propiciar esa ansiedad de establecer rangos, normas, medidas, formas, regimos, límites y diferencias sobre lo que nos rodea y así como variaciones sobre lo que se crea.

La medición por ejemplo forma parte de la vida diaria, ya que se presenta de diversas formas debido a su aplicación como uso indispensable, es decir, las mediciones son necesarias para establecer rangos y límites sobre acciones, procesos o cosas a utilizar. Por lo que a lo largo de los años se han implementado técnicas de medición con el manejo de rangos es decir, establecidos para efectuar las comparaciones. Para ello se han creado todo tipo de instrumentos de medición, ya sean simples o complejos, es decir, que requieren elementos mecánicos o bien eléctricos, sin embargo muchos de estos han cambiado conforme a las mismas exigencias de uso y de medida. Desarrollando así sistemas de medición, que se confrontan, complementan y transforman entre ellas.

La medición es un tema extenso debido a los diversos rangos que existen y las diversas formas de tomar una medida, en cualquier parte de nuestro entorno. Exigencia la mayor exactitud posible en la lectura de medidas, sin embargo acorde al uso y manejo los rangos y las exigencias son diferentes. Las cuales suelen ser determinantes para procesos ensambles, construcciones, originando perfección en las piezas a medir, ya sea valores mínimos o máximos.

Una muestra de extrema actitud es la “micra” siendo la mínima medida dentro del sistema métrico decimal e internacional, teniendo como lugar 1000, 000 partes dentro de un metro, marcando una extremada exactitud, con gran importancia en la posición del objetivo, o tamaño. Un ejemplo de ello, es la procesión de la vasija del reactor nuclear de la planta nucleoelectrica “Laguna Verde” la cual fue establecida en micras.

Para desarrollar dicha medición se toma como referencia algún instrumento que aplique este valor, y tenga un uso tan común como desconocido, este es el caso del llamado Esferómetro.

Basándose en dicho sistema de medición que utiliza la mencionada “micra” se implementara la automatización electrónica del instrumento para el estudio de la medición y exactitud dentro la medición de superficies cóncavas y convexas, presentes en cristales ópticos.

Un esferómetro es un instrumento de medición que utiliza un “micrómetro” como vástago que efectúa una medición la cual se toma visualmente por medio de sus graduados en presenta y luego la misma interpretación.

Sin embargo, el uso de un práctico sistema de eléctrico se automatiza el movimiento de dicho tornillo milimétrico para efectuar la medición interpretada de forma directa. Creando un diseño conservador pero diferente a un esferómetro tradicional.

## ABSTRACT.

Geometrical measurements of a lens in the optical workshop are necessary to obtain precise lens and optical system parameters. On doing so, one is not only looking for precision but also for speed and simplicity. These measurements should be made following international units and in some cases, must be certified by a laboratory from a secondary standard. A review of this topic

may be found in the article by Geiser (1965). Geometrical measurements in optical testing may be classified mainly in angle, distance, curvature, and focal length measurements.

In the production run, it is preferred not to make measurements but comparisons or null measurements. This calls for gauges and templates that are more appropriate for the shop rather than expensive and precise equipment.

## 1. INTRODUCCION.

Mediciones geométricas de una lente en el taller de óptica son necesarios para obtener una lente precisa. Al hacerlo, no sólo se está buscando precisión, sino también simplicidad. Estas mediciones se realizan utilizando unidades internacionales y, en algunos casos, debe ser certificado por un laboratorio a partir de un estándar secundario. Las principales mediciones geométricas en la construcción de una superficie óptica son la distancia focal, el radio de curvatura, el espeso y diámetro.

Definiciones.

El *Centro de curvatura* es el centro de una esfera imaginaria que contiene una superficie refractora o reflectora.

El *radio de Curvatura* de una superficie es la distancia desde las superficies reflectoras o refractora al centro de curvatura, es positiva si el centro de curvatura está a la derecha y negativa si es lo contrario.

## 2. DESARROLLO.

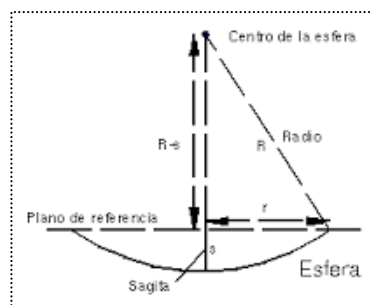
### 2.1 Medición mecánica.

**Plantillas.** La manera más fácil de medir el radio de curvatura es por comparación con plantillas metálicas con diferentes radios de curvatura hasta que se obtenga el mejor ajuste. **Placas de ensayo.** Otro método para la medición de la curvatura es utilizar una placa de ensayo con curvatura opuesta como plantilla.

### 2.2 Esferómetros.

Este es el dispositivo mecánico más popular para medir el radio de curvatura. El valor del radio se calcula midiendo la sagita.

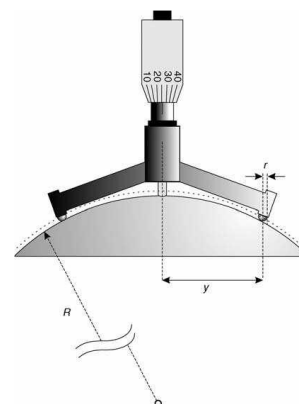
(Figura 1)



Un esferómetro clásico consta de tres pies equidistantes con un émbolo móvil central. El esferómetro se coloca primero en la parte superior de una superficie plana para calibrarlo a cero, y después ya calibrado se coloca sobre la parte superior de la superficie a medir. La diferencia en la posición del centro émbolo con el plano y la superficies es la sagita de la superficie. Si la sagita medida es  $z$ , el radio de curvatura  $R$  de la superficie viene dada por:

$$R = \frac{z}{2} + \frac{y^2}{2z} \mp r \quad (1)$$

Donde  $r$  es el radio de curvatura de las bolas al final de las patas. El signo "+" se usa para las superficies cóncavas superficies y el signo "-" para superficies convexas, (Figura 2).



El esferómetro ha sido utilizado por muchos años, ya que su simplicidad y exactitud en la

medición de los radios de curvatura lo hace una herramienta útil. Sin embargo, este instrumento sigue siendo mecánico y manual, y se requiere de un técnico experto para su uso, así que nuestra propuesta es innovar el diseño mecánico del sistema y automatizar el sistema de medición, para buscar una medición con una alta resolución, exactitud y velocidad, sin necesidad de tener un técnico experto usándolo.

### 2.3 Innovación

Basándose en la estructura del modelo original del esferómetro se implementó un sistema automático para su funcionamiento. Siendo este, un circuito electrónico que tiene como objetivo hacer girar el micrómetro central de manera autónoma, así que al momento de colocarlo sobre la superficie a medir, este realizase el movimiento automático del tornillo medidor y cuando éste al primer toque encuentre la superficie óptica, pare, y de manera instantánea calcule y arroje las mediciones en una pantalla. Realizando en tiempo real la conversión de unidades del número de vueltas del tornillo en micras. Y así, encontrando el valor de la sagita de la superficie y a la vez el radio de curvatura., basándonos en la ecuación (1).

Unas partes del sistema automático electrónico controla un sistema mecánico que censa el movimiento del tornillo medidor, en conjunto de un motor, por medio de un microcontrolador programado con las funciones necesarias para el funcionamiento automática del tornillo medidor, así mismo, en la programación se establecer las ecuaciones y conversiones necesarias para los calculados para lograr la medición exacta.

Nuestro microcontrolador realizara todo el trabajo en si, por medio de un circuito eléctrico que regule la energía necesaria para el funcionamiento de todo el dispositivo.

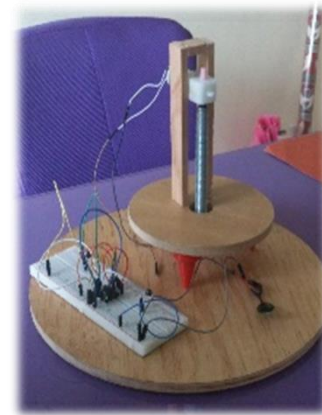
Con todo lo anterior, se diseñó y construyó un esferómetro con un diseño mecánico novedoso, con un sistema de medición electrónico automático de la sagita de la superficie y con

lectura de la medición calculada en tiempo real y desplegado en una pantalla.

### 3. CONCLUSIONES.

Implementado un nuevo mecanismo que implique una transmisión de torque la cual va directamente acoplada al eje del esferómetro, es decir al tornillo que presenta ciertas características que nos dan un rango de 2 milímetros (200 micras) de error, por giro, por cada 4 segundos.

Formulando cálculos manuales para la aproximación de la distancia la cual será la colaboración de la señal digital transmitida por el sensor ya mencionado.



Sin embargo tenemos una pérdida de 5 segundos al efectuar el cambio de dirección de giro del tornillo, por lo que se implementara otro tipo de elemento electrónico para tener un control total y automático de giro al tope.

Hay que tomar en cuenta que es un prototipo a prueba aun, (Figura 3).

### 4. REFERENCIAS.

*Optical Shop Testing*, Malacara Daniel, Tercera Edición, Edit, John Wiley and Sons, , USA, 2007.

*Handbook of Lens Desing*, Malaca Daniel, Malacara Zacarias, Edit. Marcel Dekker, NY, 1994

# Seguidor de línea precisión y obstáculos (Pichibot)

F. Martínez Ramírez <sup>1</sup>

- <sup>1.</sup> Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5A Reserva Territorial s/n, Col. Santa Bárbara, CP 91096, Xalapa, Veracruz, México.

## RESUMEN

Se proporciona información referente al seguidor de línea Pichibot, este es un seguidor de tipo digital realizado para competencias, existen diversos tipos de seguidores según las categorías en concurso, como lo son obstáculos, precisión, velocista entre otras, las principales partes de un seguidor son los sensores infrarrojos, una tarjeta programable, motores, llantas, puentes H y baterías. Basándose en las diversas categorías es como se comienza a realizar el robot llamado Pichibot el cual es versátil ya que puede participar en las categorías de seguidor de línea con obstáculos y seguidor de línea de precisión, en ambas categorías ha dado muy buenos resultados. Las mejoras más significativas de Pichibot son la reducción de tamaño, el cambio de motores por unos de mayor velocidad así como el cambio de programación para que lea dos tipos de línea sin necesidad de estar cambiando el código. Algunas de las principales actualizaciones que se pretenden hacer a Pichibot son: hacerlo más ligero, veloz y agregarle sensores de proximidad permanentes. Las aplicaciones industriales de mencionado robot son en la industria automotriz, así como también en la industria petroquímica que se puede utilizar para espacios muy reducidos donde el ser humano no tiene alcance.

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día las empresas de mayor reconocimiento mundial y en algunos organismos podemos observar la actividad y trabajo de robots, estas son las máquinas hechas por el hombre las cuales se encargan de facilitar e incluso realizar en su totalidad las tareas del ser humano que son de mayor riesgo, peligro y esfuerzo. Este tipo de tarea realizada por los robots sin dificultades, cansadas e incluso mortales

ya que son tareas que necesitan más de una persona lo cual económicamente genera gastos. A raíz de esto se crean mecanismos fáciles de manejar, construir y adquirir. A partir de eso se crea la robótica y con esto los seguidores de línea.

Para esto se debe definir que es un seguidor de línea. El cual es un robot móvil que sigue una trayectoria marcada con una línea, a esta la llamaremos circuito o pista. El color de la línea a seguir por general es negra con fondo blanco pero en otras ocasiones es blanca con fondo negro, debido a que este tipo de robot usa sensores infrarrojos para poder detectar mencionada línea.

El robot se puede realizar de dos formas analógica y digital, el analógico se realiza por medio de compuertas las cuales en un circuito simple se procede a controlar que el robot siga dicha línea. El segundo tipo de robot es el digital, aquel que por medio de programación en cualquier tipo de microcontrolador se busca que el robot siga la línea. Para este caso se realizó un seguidor de línea de manera digital.

## 2. DESARROLLO

### 2.1 Partes de un seguidor de línea

Las principales partes de un seguidor de línea son, sensores infrarrojos, una tarjeta programable (arduino), pilas o baterías, una rueda loca, un par de motores, puente H y llantas.

**Sensores infrarrojos:** este es un dispositivo opto electrónico capaz de medir la radiación electromagnética. Los sensores infrarrojos están elaborados a base de un led el cual se encarga de transmitir una luz (a este se le conoce como transmisor), y un fotodiodo es el encargado de recibir la luz que manda nuestro transmisor (este es comúnmente llamado el receptor).

Tarjeta programable (arduino): es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida.

Puente H: es un circuito electrónico el cual le permite a los motores poder cambiar de giro en ambos sentidos avance y retroceso).



Fig. 1 sensor infrarrojo QRD1114 y su esquemático



Fig. 2 Arduino



Fig. 3 Puente H

## 2.2 Tipos de categorías seguidor de línea de competencia

Entre los seguidores de línea existen diversas categorías entre estas existe la categoría de seguidor de línea velocista, persecución, persecución diferencial, lego, precisión y obstáculos.

Velocista: este tipo de seguidor es el encargado que en competencia acabe un circuito en el menor tiempo posible.

Persecución: consiste en dos seguidores que se ponen en una pista con la línea de un solo color y el que termine primero la pista es el ganador, así como también el seguidor que le dé un percance al otro.

Persecución diferencial: en esta categoría el seguidor realiza el mismo circuito en las mismas condiciones, lo único que cambia es el color de la línea ya que está para ser de un solo color a un cambio de línea dentro del mismo circuito.

Lego: al igual que en las demás categorías el seguidor recorre un circuito. La diferencia con los demás seguidores es que este se compra y sólo compite con seguidores de su misma marca. Las categorías consiguientes son en las que más nos enfocaremos debido a que en estas es donde participa "Pichibot".

Precisión: consiste en que el seguidor complete un circuito con curvas muy cerradas, intersección de línea, líneas punteadas, figuras geométricas, que siempre tome la decisión de irse por el lado derecho y finalmente que al llegar a recuadro de meta se detenga, en la figura 4 podemos observar la pista que se utiliza en esta categoría. Además de esto estos seguidores tienen checkpoints ya que por medio de estos al robot se le califica que complete de manera reglamentaria el circuito. En caso de no hacerlo al robot no se le sumarán los puntos máximos.

Obstáculos: en esta categoría lo que se busca es que el robot complete una pista con obstáculos como lo son, inclinaciones, pequeños túneles con ausencia de luz, objetos en forma de prismas así como también curvas cerradas. En la figura 5 podremos observar la pista de mencionada categoría.



Fig. 4 Circuito para seguidor de precisión.

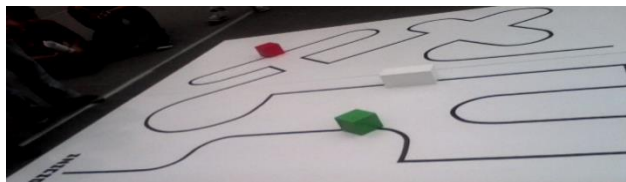


Fig. 5 Ejemplo de pista de seguidor de obstáculos

### 2.3 Pichibot

El seguidor de línea llamado “Pichibot” es un robot el cual está diseñado para competencia, este entra en las categorías de seguidor de precisión y obstáculos. Este seguidor ha concursado en diversos eventos como lo fue en el local llamado mecatec 2014, en el estatal denominado como robomatrix 2014, el nacional llamado Guerra de dioses 2014 y finalmente el internacional llamado Segunda copa internacional de robótica IPN 2014. En todos estos concursos Pichibot ha tenido excelentes resultados en el local pasó a las estatales, en las estatales ganó el 3er lugar, en el nacional ganó el segundo lugar y finalmente en el internacional ganó el 5to lugar.

Pichibot es un robot que ha evolucionado mucho, debido a las exigencias de cada concurso, el primer Pichibot era grande, sólo tenía 8 sensores infrarrojos y una pila de muy poco voltaje, sólo era de 5V. Posteriormente se cambió el chasis para reducir su tamaño preservando el mismo material que es acrílico, también se le agregaron más sensores para llegar a tener un total de 20 sensores y finalmente su próxima mejora son unos motores más veloces como lo son los tamiya.

El robot Pichibot como todos los seguidores que existen en los concursos está conformado por sensores infrarrojos, Pichibot usa sensores QRD1114, motores y llantas tamiya, una batería de 11.5V, una pila de 9V, un arduino y finalmente un par de puentes H conformados por transistores TIP 32 y 32, así como diodos y resistencias.

Este robot se caracteriza por tener una programación detallada en arduino, dentro de

esta tenemos una serie de ecuaciones las cuales nos ayudan a tener mejor control del robot.

### 2.4 Programación del Pichibot

PWM: La primera ecuación con la que nos podemos encontrar en el código es la de pulse-Width Modulation (PWM), la cual significa modulación por ancho de pulsos de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (senoidal o cuadrada) ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

Para poder controlar el ancho de pulso de un ciclo de trabajo se utiliza la siguiente ecuación:

$$D = \frac{\tau}{T} \quad (1)$$

Donde D es igual al ciclo de trabajo,  $\tau$  es igual al tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso) y finalmente T que es igual al periodo de la función.

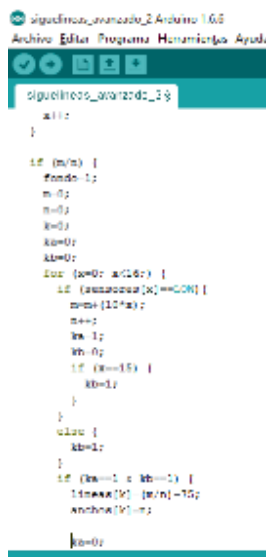
En el caso del programa del seguidor se le modificó el nombre de las variables llamándolas “m” al tiempo en el que la función es positiva y “n” al periodo de la función, una vez teniendo el ciclo de trabajo por medio de programación se va realizando el PWM buscando ir regulando la velocidad. Aumentándola cuando son líneas rectas y disminuyéndolas cuando son curvas, así como también poder invertirla el giro a los motores que usa Pichibot.

Para una curva el seguidor mediante esta programación lo que hace es primero determinar por medio de los sensores que utiliza saber de qué lado está sensando más para así poder dar a conocer hacia qué lado va la curva, sea derecha o izquierda, después de realizar esto al detectar ya la dirección de la curva una llanta lo que va a hacer es ir hacia enfrente mientras la otra va a ir de reversa lentamente para así poder tomar la curva lo mejor posible y que sea menos probable que se pueda salir de la línea. (6)

El PWM dentro de las empresas juega un papel muy importante ya que es el encargado de controlar fuentes conmutadas, controles de motores, en choppers para control de maquinaria muy ruidosa, para poder hacer el PWM en la actualidad se fabrican circuitos integrados (C.I.)



que por medios de este se puede controlar mejor un sistema de cualquier tipo que sea, solo se le dan las instrucciones al C.I. de lo que debe realizar y se le van cambiando las variables hasta que haga lo deseado por el usuario.



```

siguiente_ordenado_2_Arduino_1.6.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
siguiente_ordenado_2_3
}
}

if (m/m) {
  fondo=1;
  m=0;
  n=0;
  k=0;
  kb=0;
  kb=0;
  for (p=0; p<10; p++) {
    if (analogRead(A0)==CON) {
      m=(10*p);
      m++;
      kb=1;
      if (k==15) {
        kb=1;
      }
    }
  }
  else {
    kb=1;
  }
  if (k==1 & kb==1) {
    timo=(k) * (m/n)-10;
    ancho=(k)*;
  }
  kb=0;
}

```

Fig. 6 Programación del PWM aplicada en el Pichibot

PID: Dentro de las principales ecuaciones que tiene dicho seguidor, contiene una llamada Proporcional Integral Derivativo (PID), esta consiste en un mecanismo de control por retroalimentación, este calcula la desviación o error entre un valor medio y un valor deseado. El algoritmo del control PID consiste de tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional depende del error actual. El Integral depende de los errores pasados y el Derivativo es una predicción de los errores futuros. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso por medio de un elemento de control.

Ajustando estas tres variables en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer una acción de control diseñado para los requerimientos del proceso en específico. La respuesta del controlador puede describirse en términos de la respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador sobrepasa el punto de ajuste, y el grado de oscilación del sistema.

En el caso de robot por medio del PID nos proporciona la estabilidad para evitar que comience a oscilar.

La ecuación que se utiliza para que no oscile y que el sistema sea estable es la siguiente:

$$u(t)=K_p e(t)+K_i \int_0^t e(\tau) d\tau +K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2)$$

Donde k es igual a la constante, p al proporcional, e(t) es el error por el tiempo, i es el integral de la función y d el derivativo.

En la figura 7 se muestra que el sistema que utiliza Pichibot es de lazo cerrado, ya que al estar sensando la línea busca la manera de no oscilar estabilizando las llantas cambiándole el giro de alguna de estas por medio del PWM en conjunto con el PID.

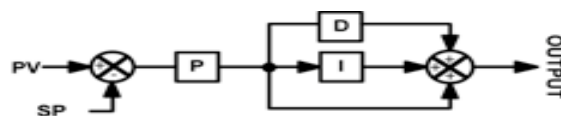


Fig. 7 ejemplo del sistema de algebra de bloques de Pichibot

## 2.5 Innovación del Pichibot.

Una de las principales innovaciones que se le pretende realizar a Pichibot es que sea menos pesado, cambiándole la batería que tiene por una más pequeña de tamaño pero conservando la cantidad de voltaje y amperaje que suministra la batería actual, además de agregarle sensores de proximidad para que esté listo para el momento en el que se necesite esté listo para cualquier competencia. También como accionamiento del robot por control remoto, para que así cuando inicie una competencia solo presionado un botón a distancia se inicie y se reduzcan tiempos a la hora del concursar, hacerlo más veloz para que pueda entrar en todas las categorías de seguidor de línea, añadirle un módulo bluetooth y crear una aplicación para poder controlarlo con el celular y finalmente agregarle una carcasa que tenga movilidad y una serie de circuitería interna que se pueda controlar con arduino para así poder convertirlo en robot dance.

## 3. CONCLUSIÓN.

Una de las principales aplicaciones del robot es en la industria automotriz, uno de los más grandes ejemplos que tiene este robot es en los

monta cargas, ya que agregándoles los sensores y la línea blanca o negra se puede hacer que el robot transporte materiales pesados de un lado a otro. Otra aplicación que tiene en la industria petroquímica y diversas es para lugares pequeños en los que el ser humano no puede llegar o en condiciones extremas para el humano, en estas condiciones o en condiciones normales se puede utilizar este robot controlando vía bluetooth y montándole una cámara infrarroja, térmica o normal en donde el robot pueda encontrar fallas o rupturas de algún metal y de esta forma avisar a los manipuladores de este robot por medio de un mensaje a su celular o con una alarma de seguridad.

En otros ámbitos también se puede utilizar como un juguete comercial el cual puede ser un pequeño robot el cual sigue a las personas como si fuera una mascota, controlarlo como carrito a control remoto o simplemente que sea un robot bailarín que incluya su propia música con el propósito de motivar a los niños y personas de la 3ra edad a bailar o realizar actividades de movimiento.



Fig. 8 Antes y después de Pichibot

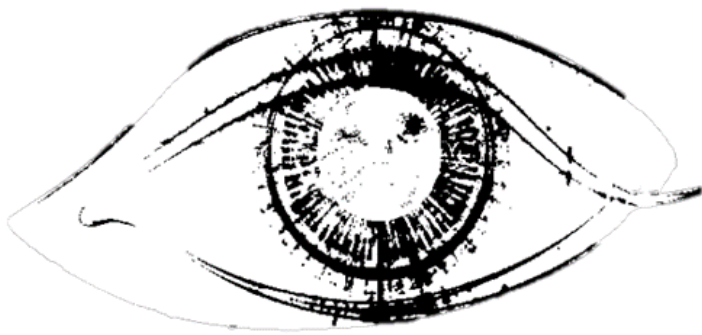
#### 4. REFERENCIAS.

<http://arduino.cl/que-es-arduino/>  
 USERSHOP, 2007. *Robótica 2007* Ed. USERSHOP (pp. 206-210)  
 González Maxinez David Jaime, "Programación de Sistemas Digitales con VHDL" 2014, Grupo Editorial Patria (pp. 137-158)

<http://tdrobotica.co/noticias/robotica/373>  
<http://jhosman.com/index.php/2013/06/04/construir-un-robot-seguidor-de-linea-con-arduino-softwarelibre-hardwarelibre/>

D. Grahame Holmes, Thomas A. Lipo; *Pulse Width Modulation for Power Converters: Principles and Practice* Volume 18 of IEEE Press Series on Power Engineering; edition illustrated: 744 pages.

Antonio Visioli; *Practical PID Control* Advances in Industrial Control; edition illustrated 2006; 314 pages.



## 2.2 Validación y mejora em entornos relevantes.

# Control y monitoreo de señales por radiofrecuencia en el proceso de purificación del agua-

Domínguez Reyes Ana Gabriela.<sup>1</sup>, Guevara Valenzuela Ana Karen<sup>1</sup>, García Gonzales A Irma.<sup>1</sup>

- <sup>1</sup>. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5A Reserva Territorial s/n, Col. Santa Bárbara, CP 91096, Xalapa, Veracruz, México.

## RESUMEN

Para este proyecto el objetivo principal es generar un sistema de control y monitoreo por radiofrecuencia en el proceso de purificación de agua pluvial.

La elección de Radiofrecuencia sobre la comunicación por infrarrojo, es debido que este tipo de comunicación puede atravesar paredes y otros obstáculos además de que puede comunicar un punto a otro a corto o medio alcance.

Las transmisiones de datos entre equipos electrónicos sin cables se está aplicando cada vez más debido a los medios tecnológicos actuales, que son los circuitos integrados que permiten hacer un diseño sin tener demasiados conocimientos de radiofrecuencia, ya que estos dispositivos requieren pocos componentes externos.

Para llevar a cabo esta comunicación se usará un protocolo de comunicación denominado ZigBee, por supuesto para ello también se utilizará una antena NRF905.

Para el monitoreo y control de señales por radiofrecuencia sea empleado un sistema SCADA el cual nos permitirá visualizar los datos del proceso de purificación de agua; acoplando una tarjeta ARDUINO y la antena de radiofrecuencia antes mencionada como DAQ para el SCADA.

Sistema SCADA. Damos el nombre de SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition o también conocido como Control, con Supervisión y Adquisición de Datos) a cualquier Software que permita el acceso a datos remotos de un proceso y permita, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo.

La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o

sonido. Un sistema DAQ consiste de sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable. Comparados con los sistemas de medidas tradicionales, los sistemas DAQ basados en PC aprovechan la potencia del procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad de las PCs estándares en la industria proporcionando una solución de medidas más potente, flexible y rentable.

ZigBee es una nueva tecnología de inalámbrica de corto alcance y bajo consumo originaria de la antigua alianza HomeRF y que se definió como una solución inalámbrica de baja capacidad para aplicaciones en el hogar como la seguridad y la automatización.

## 1. INTRODUCCIÓN

Para este proyecto se hizo una investigación profunda de los temas que se verán en el siguiente escrito, ello debido a que dichos temas no están muy relacionados con la carrera de Ingeniería Mecatrónica. Para beneficio tanto de las autoras, como del público en general que lea este texto, se verán los temas de la manera más sencilla posible.

La elección de Radiofrecuencia sobre la comunicación por infrarrojo, es debido que este tipo de comunicación puede atravesar paredes y otros obstáculos además de que puede comunicar un punto a otro a corto o medio alcance.

## 2. DESARROLLO

Las transmisiones de datos entre equipos electrónicos sin cables se está aplicando cada vez más debido a los medios tecnológicos actuales, que son los circuitos integrados que permiten hacer un diseño sin tener demasiados conocimientos de radiofrecuencia, ya que estos

dispositivos requieren pocos componentes externos.

El rango de trabajo en RF depende de:

- Frecuencia
- Potencia de salida
- Sensibilidad de recepción
- Características de la antena
- Entorno de trabajo

Para llevar a cabo esta comunicación se usará un protocolo de comunicación denominado ZigBee, por supuesto para ello también se utilizará una antena NRF905.



Figura 1. Antena NRF905

### 2.1 Zigbee

ZigBee es una nueva tecnología de inalámbrica de corto alcance y bajo consumo originaria de la antigua alianza HomeRF y que se definió como una solución inalámbrica de baja capacidad para aplicaciones en el hogar como la seguridad y la automatización.

En la actualidad existe una gran variedad de tipos de redes inalámbricas para la adquisición y transmisión de datos. A continuación, se muestra una gráfica con las diferentes tecnologías para comunicaciones inalámbricas, el eje x corresponde a la velocidad de transmisión y el eje y a los diferentes tipos de redes. Estas son: Las redes de área personal inalámbricas (WPAN), las redes de área local inalámbricas (WLAN), las redes de áreas metropolitanas inalámbricas (WMAN) y las redes de áreas amplias inalámbricas (WWAN).

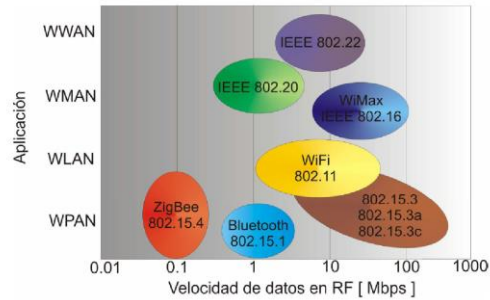


Figura 2. Comparativo de velocidades

### 2.2 Sistema Scada

Para el monitoreo y control de señales por radiofrecuencia sea empleado un sistema SCADA el cual nos permitirá visualizar los datos del proceso de purificación de agua; acoplando una tarjeta ARDUINO y la antena de radiofrecuencia antes mencionada como DAQ para el SCADA.

Sistema SCADA. Damos el nombre de SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition o también conocido como Control, con Supervisión y Adquisición de Datos) a cualquier Software que permita el acceso a datos remotos de un proceso y permita, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo.

### 2.3 DAQ

La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. Un sistema DAQ consiste de sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable. Comparados con los sistemas de medidas tradicionales, los sistemas DAQ basados en PC aprovechan la potencia del procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad de las PCs estándares en la industria proporcionando una solución de medidas más potente, flexible y rentable.

## 3. CONCLUSIÓN

Los resultados teóricos de esta investigación fueron los más exitosos que se pueden tener; ello debido a que este proyecto sigue inconcluso, ya que se requieren ciertos datos que se deben

obtener de otros procesos en la purificación del agua, este equipo en particular se enfocó en el proceso de monitoreo de las señales que se deben emitir de los pasos anteriores de la purificación. Dichos datos son los que se controlaran mediante el sistema Scada; por ahora solo se ha hecho diversas pruebas de lo obtenido hasta el momento.

#### **4. REFERENCIAS**

[ ] Jordi Mayné, "Silica An Avnel División", Rev. 4 (2009)

[ ] <http://www.zigbee.org/>

[ ]  
<http://www.silabs.com/products/wireless/zigbee/Pages/default.aspx>

[ ] <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

[ ] Aquilino Rodríguez Penin "Sistemas SCADA" MARCOMBO EDICIONES TECNICAS, MARCOMBO S.A., Co- Edición con ALFAOMEGA, 2007, pp. 19

# Germinación de las semillas de jitomate (*lycopersicon esculentum* mill. vs río grande) utilizando dos sustratos.

Margarita M. González T<sup>1</sup>, Mari Toña Juárez M. <sup>1</sup>, Nelly Sánchez G. <sup>1</sup>, Alfredo A. González R<sup>1</sup>

- <sup>1</sup>. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5A Reserva Territorial s/n, Col. Santa Bárbara, CP 91096, Xalapa, Veracruz, México.

## RESUMEN

La lombricomposta es un fertilizante natural, que en comparación con los empleados comúnmente (artificiales), es inócuo, ya que no genera residuos contaminantes en suelos. Las lombrices de tierra y su intestino asociado a microflora producen una lombricomposta de alta calidad debido a que es producida en un periodo de 3 a 6 meses en lugar de los miles de años de formación de los ácidos húmicos en un proceso natural de suelos. Por otro lado el proceso de lombricomposta facilita la eliminación de desechos de la agricultura y la industria reciclando los desechos bio-orgánicos. En este estudio, se comparó lombricomposta generada en el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa empleando *Eisenia foetida*, con composta comercial con el fin de evaluar su calidad. Para ello se sembraron semillas de jitomate cv Río Grande (*Lycopersicum sculentum*), en tres sustratos diferentes. Para el primero se mezclaron a partes iguales (w/w) peat moss y lombricomposta elaborada en el ITSX, el segundo tratamiento consistió en la mezcla a partes iguales (w/w) de peat moss con composta comercial y por último sólo peat moss como testigo, este último se emplea comúnmente en la germinación de las semillas. Se evaluó el número de hojas verdaderas en la plántula y longitud del tallo; el diámetro del tallo, así como el peso de materia seca (biomasa), de diez muestras de cada uno de los tres tratamientos. Por los resultados obtenidos se deduce que la lombricomposta del ITSX tiene una calidad superior a la composta comercial y al peat moss en cuanto a la cantidad de biomasa generada. La misma tendencia fue observada en el largo del tallo, en el diámetro del tallo y en el número de hojas verdaderas. En trabajos posteriores se

evaluará la producción al ser trasplantada la plántula a vivero.

## 1. INTRODUCCIÓN

Para los agricultores, la producción de plántulas uniformes y vigorosas es el primer paso para asegurar un establecimiento rápido del cultivo y un buen desempeño de la planta en el campo <sup>1</sup>. El peat moss (musgo canadiense) es ampliamente usado como sustrato para la germinación tanto en cultivos convencionales como en los orgánicos, por sus deseables características físicas y su alta capacidad de intercambio de nutrientes, sin embargo se extrae de fuentes naturales, que se renuevan lentamente y su profusa extracción ha provocado presión sobre valiosos humedales, que son ecosistemas en peligro de extinción <sup>7</sup>. Por lo tanto se requieren sustratos de bajo costo, que sustituyan el peat moss por otros materiales.

## 2. DESARROLLO.

La composta es un material promisorio y una solución para el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos que son fuente de contaminación ambiental <sup>6</sup>. El reciclado de los desechos orgánicos e inorgánicos minimiza los riesgos ambientales y adiciona una gran cantidad de nutrientes en los suelos en las prácticas de agricultura intensiva y también reduce el uso de fertilizantes químicos <sup>3</sup>. De hecho, la composta, como suplemento de suelos para cultivos, puede sustituir a los fertilizantes sintéticos en una producción orgánica certificada y para el desarrollo de plántulas. Los desechos de la agricultura empleados para el composteo, mayoritariamente incluyen pajas, hojas secas de



cultivos de plantas y malezas, aunque también se incluyen residuos y partes podridas de frutas y vegetales <sup>11</sup>. En el proceso de composteo, los desechos orgánicos son reciclados en productos estabilizados que pueden ser aplicados a suelos como una fuente de materia orgánica inodora y relativamente seca que responde más eficientemente a los requerimientos orgánicos para la fertilidad del suelo que si se adicionaran sin procesar. El método convencional y más tradicional de composteo consiste en la biooxidación acelerada de la materia orgánica pasando a través de una etapa termofílica (45° a 65° C) donde los microorganismos liberan calor, dióxido de carbono y agua. Sin embargo, en años recientes, los investigadores se han interesado en el uso de otro proceso biológico relacionado para estabilizar los desechos orgánicos, el cual no incluye una etapa termofílica, involucrando a las lombrices de tierra para fragmentar y estabilizar los desechos orgánicos. En el proceso digestivo de las lombrices de tierra, fragmentan el sustrato de desecho, aumentan la actividad microbiana y las tasas de descomposición del material, llevando a un efecto de composteo y humidificación por el cual la materia orgánica inestable se oxida y estabiliza. El producto final, comúnmente llamado lombricomposta es obtenido de los desechos orgánicos que pasan por el tracto digestivo y la microflora asociada de las lombrices de tierra, transformándolo en algo muy diferente del material de desecho inicial <sup>12</sup>. Dependiendo de su origen, las lombricompostas difieren en su composición química; sin embargo las lombricompostas que tienen desechos del mismo tipo tienen características reproducibles <sup>4</sup>. El proceso de formación de la lombricomposta tiene una duración de entre 3 a 6 meses, en lugar de los miles de años de formación del ácido húmico llevado a cabo por un proceso natural en los suelos. Además la lombricomposta puede contener sustancias biológicamente activas que actúan como reguladores de crecimiento de las plantas <sup>3,10</sup>. La lombricomposta es un material finamente dividido, parecido al peat moss por su alta porosidad, aireación, efecto de drenado y capacidad de captación de agua. La lombricomposta, tanto empleada como suplemento de suelos o como componente del

medio de cultivo, aumenta la germinación de las semillas y sus tasas de crecimiento y desarrollo <sup>12</sup>. Las lombricompostas al igual que las compostas convencionales, son fácilmente manejables y suministran nutrientes durante el crecimiento del cultivo, incrementan varias veces la capacidad de retención de agua, son fuentes de materia orgánica y presentan una actividad similar a las hormonas de las plantas <sup>4</sup>. Sin embargo, la composta y la lombricomposta se obtienen por dos procesos muy distintos, particularmente en lo que se refiere a las temperaturas de transformación y de los tipos de comunidades microbianas que predominan. En el composteo se producen bacterias termófilas, en cambio en la lombricomposta existen bacterias mesófilas y hongos <sup>12</sup>. Otra diferencia radica en el alto contenido de NO<sub>3</sub> que contiene la lombricomposta en comparación con la composta termogénica, a pesar que el porcentaje total de N es similar en ambos tipos de composta <sup>1</sup>. El objetivo de este estudio es comparar lombricomposta producida a partir de desechos vegetales y una composta comercial, empleadas como sustratos para la germinación de semillas de jitomate (*Lycopersicum esculentum* cv Río Grande), colocadas en charolas plásticas bajo condiciones de umbráculo.

## 2.1 Materiales Y Métodos

El experimento de germinación fue llevado a cabo en julio de 2015 en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. La lombricomposta fue producida en el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, a partir de desechos orgánicos provenientes de frutas y verduras empleando *Eisenia foetidum* en camas, de acuerdo a la metodología de García et al. (2010)<sup>5</sup>. La composta comerciales de la marca OrganoDel Jardín, Formuladora Delta S.A. de C.V., Monterrey, N.L., México, con un contenido de 85 % de materia orgánica y 60 % de humus. El peat moss empleado fue Premier Sphagnum Peat Moss Tourbe de Sphaigne, producto canadiense. Se emplearon para la germinación semillas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv 'Río Grande, adquiridas en un centro semillero de la ciudad de Xalapa, Ver. México.

## 2.2 Acondicionamiento del sustrato y germinación

Inicialmente se ajustó la humedad de los sustratos a 70 %, una vez hecho esto se mezclaron a partes iguales (50 % w/w) peat moss y lombricomposta del Instituto (tratamiento I) y peat moss y composta comercial (tratamiento C), se empleó peat moss al 100% como control (T). Se humedecieron los sustratos hasta saturación y se introdujeron en charolas, previamente codificadas en un diseño completamente al azar. Se depositaron 30 semillas por tratamiento y se hizo una réplica de cada tratamiento. Se depositó una semilla en cada celda celda y se cubrió con una capa delgada de tierra de aproximadamente un centímetro. Se cubrió con un plástico negro (por 72 h) y se registró la germinación a partir del cuarto día de sembradas las semillas. Se revisó diariamente la germinación de las semillas después de sembradas y se realizaron dos riegos diarios durante el periodo que permanecieron las plántulas en las charolas a partir del cuarto día de sembradas. El número de riegos aumentó o disminuyó dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad relativa predominante en el invernadero, y se mantuvo una supervisión constante al área de semillero durante el tiempo que duró el experimento 8. Se determinó la longitud del tallo (LT), diámetro del tallo en la base (GTB), número de hojas verdaderas (NHV) y peso seco total (PST) de las plántulas, diez días después de la siembra, para lo cual se utilizó una muestra tomada al azar, compuesta de diez plántulas por tratamiento por duplicado ( $n= 60$ ) 2. Durante el experimento, no se adicionaron nutrientes externos.

## 2.3 Análisis estadístico

A los datos obtenidos se les practicó un análisis de varianza de una vía de un diseño completamente al azar y cuando existieron diferencias significativas se aplicó una media de rangos múltiples de Tukey al 0.05 % de significancia, empleando el software STATISTICA 7.

## 3. RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos en las mediciones efectuadas en las plántulas, se observa que en el largo del tallo, el número de hojas verdaderas y la biomasa obtenida empleando la lombricomposta elaborada en el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, se encontraron valores mayores significativamente diferentes a los otros dos sustratos. En cuanto al diámetro de la base del tallo, la lombricomposta y la composta comercial tuvieron diferencias significativas, siendo mayor en la lombricomposta, pero ambos sustratos no mostraron diferencias frente al peat moss. En todas las mediciones, la lombricomposta obtuvo los valores mayores.

Tabla 1

Sustrato	Longitud tallo (cm)	Diámetro Base Tallo (mm)	Hojas verdaderas (No.)	Biomasa (g)
Compost comercial	3.3 <sup>a</sup>	0.83 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	0.151 <sup>a</sup>
Lombricomposta ITSX	5.97 <sup>b</sup>	1.896 <sup>b</sup>	3.0 <sup>b</sup>	0.580 <sup>b</sup>
Peat moss (testigo)	3.33 <sup>a</sup>	1.59 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	2.0 <sup>a</sup>	0.225 <sup>a</sup>

Media de rangos múltiples de Tukey al 0.05 % de significancia, letras iguales en una misma columna no muestran diferencias significativas.

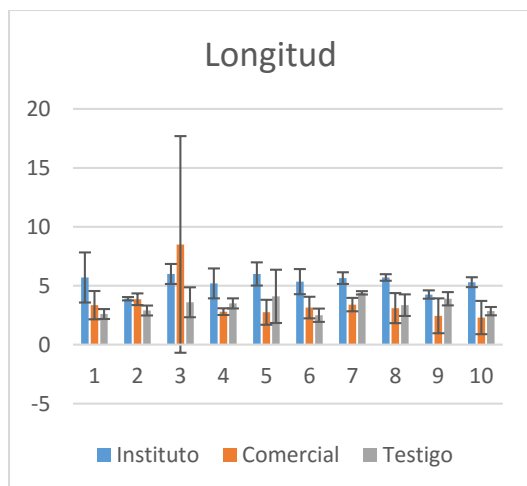


Fig. 1 Longitud del tallo de las plántulas (LT) medido en cm, en peat moss y lombricomposta (50 w/w) que corresponde a Instituto, peat moss y composta comercial (50 w/w) que corresponde a Comercial y el Testigo que corresponde a peat moss al 100%

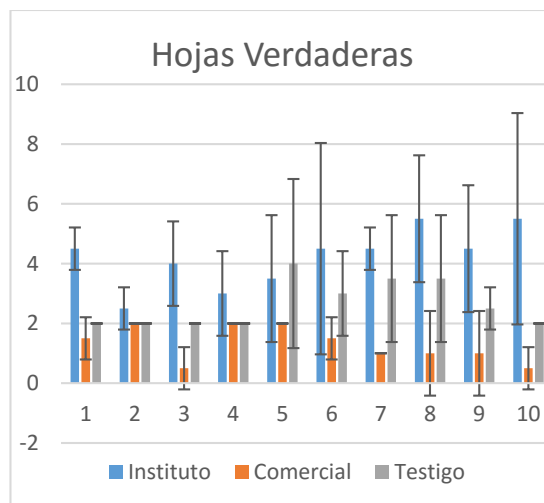


Fig. 3 Número de hojas verdaderas de las plántulas (NHV), en peat moss y lombricomposta (50 w/w) que corresponde a Instituto, peat moss y composta comercial (50 w/w) que corresponde a Comercial y el Testigo que corresponde a peat moss al 100%

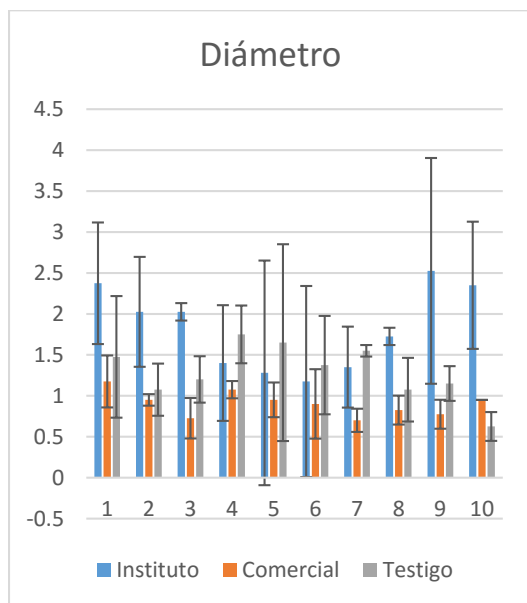


Fig. 2 Diámetro del tallo en la base de las plántulas (GTB) en mm, en peat moss y lombricomposta (50 w/w) que corresponde a Instituto, peat moss y composta comercial (50 w/w) que corresponde a Comercial y el Testigo que corresponde a peat moss al 100%

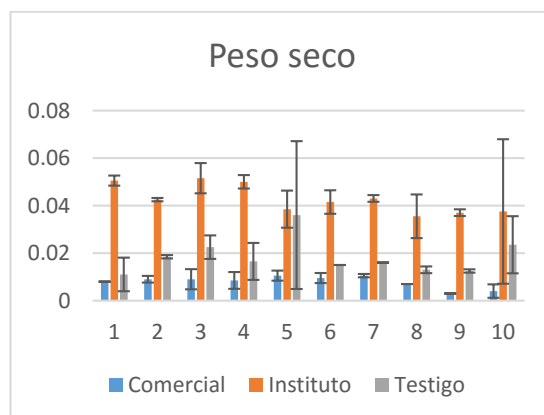


Fig. 4 Peso seco total de las plántulas (PST) en g (Biomasa), en peat moss y lombricomposta (50 w/w) que corresponde a Instituto, peat moss y composta comercial (50 w/w) que corresponde a Comercial y el Testigo que corresponde a peat moss al 100%

#### 4. CONCLUSIÓN

El desarrollo de las plántulas, en su etapa inicial, está directamente relacionado con la uniformidad en la germinación y ésta a su vez se puede atribuir exclusivamente a las características propias del sustrato <sup>2</sup>. Un sustrato

con una cualidad óptima de crecimiento por lo tanto, es uno de los componentes involucrados en una producción exitosa, porque este afecta directamente la disponibilidad de agua y nutrientes a la planta <sup>14</sup>. El aumento en el crecimiento de la planta después de la adición al suelo o en contenedores de invernaderos con compostas convencionales ha sido atribuido a varios mecanismos, como son modificaciones en la estructura del suelo, cambios en la disponibilidad de agua, disponibilidad adicional o incrementada de macro y micro nutrientes, estimulación de la actividad microbiana, incremento de la actividad de enzimas críticas, o producción de materiales que promueven el crecimiento de la planta por microorganismos <sup>13</sup>. Se ha comprobado que la lombricomposta adicionada como suplemento o componente en sustratos ha mejorado la germinación de la semilla, el crecimiento de semilla y el desarrollo e incremento de la productividad de la planta <sup>13</sup>. Bachman y Metzger (2007) <sup>4</sup>, comprobaron que la lombricomposta incrementa la iniciación de la raíz, y su biomasa, aumentando el crecimiento de la planta.

Una de las diferencias físicas encontradas entre la composta comercial y la lombricomposta es que la lombricomposta empleada en este estudio mostró una estructura mucho más finas que la composta comercial y fue de aspecto más porosas, lo cual coincide con lo reportado por Zaller (2007) <sup>7</sup>. Esta diferencia de estructura sin duda benefició el crecimiento de las semillas, debido a que estas tuvieron mejor disponibilidad de nutrientes. Por otro lado, el proceso de germinación necesita elevadas cantidades de oxígeno; cuando la oxigenación es deficiente se reduce drásticamente la germinación, como sucede en suelos anegados. La estructura de la composta comercial utilizada en este estudio, al ser más compacta y por ende menos porosa, quizá retuvo mayor cantidad de agua, lo que explicaría que las raíces de la plántula no tuvieron suficiente oxígeno y por lo tanto su crecimiento se viera muy restringido, de hecho fue en este sustrato donde hubo un menor crecimiento de las plántulas (Tabla 1). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Atiyeh, et al. (2001)<sup>13</sup> cuando compara la estructura de la lombricomposta con la composta

convencional. Tringvoska y Dintcheva (2012) <sup>6</sup>, indican que la disponibilidad de nutrientes es un factor importante que influencia el crecimiento de los tomates empleando lombricomposta, pero los cambios en las propiedades físicas y químicas de los sustratos también podrían ser responsables de las diferencias observadas con las compostas convencionales.

La lombricomposta contiene nutrientes presentes de forma disponible para la planta como nitratos, fósforo intercambiable, potasio, calcio y magnesio, adicionalmente también contiene sustancias que estimulan y regulan el crecimiento de la planta <sup>7</sup>. Parece ser que existen factores no nutricionales que promueven el crecimiento de las plantas, debido a la actividad de sustancias parecida a las hormonas de las plantas, relacionadas con la microflora asociada a la lombricomposta y los metabolitos producidos como consecuencia del metabolismo secundario. Los microorganismos no solo mineralizan complejas sustancias en nutrientes disponibles para las plantas, sino también sintetizan toda una serie de sustancias biológicamente activas incluyendo reguladores de crecimiento de las plantas.

En bioensayos usando fitohormonas, se ha detectado la presencia de compuestos con actividades semejantes a las giberelinas, citoquininas y auxinas en lombricomposta urbana. Estas hormonas son específicas y juegan un papel importante en el metabolismo de las plantas <sup>4,9</sup>. En un estudio llevado a cabo con plantas de maíz, el uso de la lombricomposta estimuló la emergencia de las semillas de maíz; lo que se traduce en un mejor crecimiento inicial de las plantas. También se encontró que la lombricomposta aumentó el crecimiento de la planta, color y brillo de las hojas en cultivos de maíz, trigo y tomate, y bajó la incidencia de pestes y enfermedades, así como una reducción en la demanda de agua <sup>11</sup>. Los bajos resultados de crecimiento obtenidos de la composta comercial con respecto a la lombricomposta, quizá estén relacionados con los distintos procesos llevados a cabo por la microflora presente en cada sustrato. En el composteo convencional, las comunidades microbianas tienden a liberar el nitrógeno mineral en forma de amonio, mientras que en la lombricomposta

liberan la mayoría del nitrógeno en forma de nitrato, que es más asimilable por las plantas <sup>12</sup>. Tomando en cuenta los resultados obtenidos en este experimento, proponemos que el peat moss puede ser parcialmente sustituido por lombricomposta, ya que esta demostró tener mejores resultados en la velocidad de germinación así como el aumento significativo de biomasa de la plántula, además los agricultores orgánicos podrían enriquecer los sustratos comerciales empleados para la germinación con lombricomposta, sin tener que emplear fertilizantes adicionales.

## 5. REFERENCIAS

- A.L.H. Jack, A. Rangarajan, S. W. Culman, T. Sooks-Nguan, J.E. Thies, "Choice of organic amendments in tomato transplants has lasting effects on bacterial rhizosphere communities and crop performance in the field", *Applied Soil Ecology*, Vol 48, 2011, pp. 94–101.
- C. Fernández-Bravo, "Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv 'Río Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos", *Rev. Fac. Agron.*, Vol. 23, 2006, pp.188-195.
- D. S. Kumar, P. S. Kumar, N. M. Rajendran, G. Anbuganapathi, "Compost Maturity Assessment Using Physicochemical, Solid-State Spectroscopy, and Plant Bioassay Analysis", *Agric. Food Chem.*, Vol. 61, 2013, pp. 11326–11331.
- G.R. Bachman, J. D. Metzger, "Growth of bedding plants in commercial potting substrate" *Bioresour.Technol.*, 2007, doi:10.1016/j.biortech.2007.05.069
- I. García, R. Medina, H. Amores, G. Olivares, "Estudio de mercado e ingeniería para la producción de harina de *Eisenia foetida*, 1er Reporte Técnico, proyecto # 116916 del fondo FPRDECYT (Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, 2010, México), 89 pp.
- I.Tringovska, T. Dintcheva, "Vermicompost as Substrate Amendment for Tomato Transplant Production" *Sustainable Agriculture Research*, Vol. 1, 2, 2012, pp. 115-122.
- J. G. Zaller, "Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties", *Scientia Horticulturae*, Vol. 112, 2007, pp. 191–199.
- J. Pérez, G. Hurtado, V. Aparicio, Q. Argueta, M. A. Larín, "Guía técnica. Cultivo de Tomate" Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria Y Forestal, s.f. El Salvador, San Salvador.
- N. Q. Arancon, C. A. Edwards, P. Bierman, J. D. Metzger, S. Lee, C. Welch, "Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries", *Pedobiologia* Vol. 47, 2003, pp.731–735.
- P. Roberts, D. Jones, G. Edwards-Jones, "Yield and vitamin C content of tomatoes grown in vermicomposted wastes", *J. Sci. Food. Agric.*, Vol.87, 2007, pp. 1957–1963.
- R. Figueroa-Brito, P. Villa-Ayala, J. F. López-Olguín, A. Huerta-de la Peña, J. R. Pacheco-Aguilar, M. A. Ramos-López, "Nitrogen fertilization sources and insecticidal activity of aqueous sedes extract of *Carica papaya* against *Spodoptera frugiperda* in maize", *Cien. Inv. Agr.* Vol.40, 3, 2013, pp.567-577.
- R. M. Atiyeh, S. Subler, C.A. Edwards, G. Bachman, J. D. Metzger, W. Shuster, " Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil", *Pedo biologia*, Vol. 44, 2000, pp.579–590.
- R.M. Atiyeh, C.A. Edwards, S. Subler, J.D. Metzger, "Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth" *Bioresource Technol.*, Vol. 78, 2001, pp.11-20.
- V.A. Surrage, C. Lafreniere, M. Dixon, Y. Zheng, "Benefits of Vermicompost as a Constituent of Growing Substrates Used in the Production of Organic Greenhouse Tomatoes", *Hortscience*, Vol. 45, 10, 2010, pp. 1510–1515.

# Pastillero electrónico LOG para ayuda a apego a tratamiento médico.

M. A. Landa García<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Marina Ariadna Landa García. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. Xalapa, Veracruz, México. marina\_12\_sb@hotmail.com

## RESUMEN

La adherencia a los tratamientos farmacológicos es de suma importancia para la salud del paciente, sin embargo en pacientes ancianos o con dificultades de memoria es más complicado tener este apego, razón por la cual se surge este pastillero LOG que es modificado por el médico responsable, haciendo las anotaciones de que pastilla, en que horario y los de días lo tomará, esto sería por medio de un programa computacional, el cual hará la cuenta de la cantidad de las pastillas, este las irá despachando en el horario indicado, emitiendo una alarma para que el paciente sepa que debe tomar la pastilla, al tomarla, el paciente marcará con un botón la asistencia del medicamento, al finalizar el tratamiento por el tiempo indicado y regresar al médico para una consulta de chequeo, el médico sabrá que apego tuvo el paciente, y de qué forma ayudó a la mejorar la salud del paciente.

Palabras Clave: pastillero electrónico, adherencia, tratamiento farmacológico, tecnología, innovación.

## ABSTRACT

Adherence to pharmacological treatments is critical to the health of the patient, however elderly or memory difficulties patients are more difficult to have this attachment, which is why this pillbox LOG that is modified by the doctor, making annotations like what kind of pill, the schedule and how many day the pill will be taken, this would be by a computer program, which will count the amount of pills that the patient is dispatching the hours indicated by issuing an alarm so that the patient will know when take the pill, then the patient marked with a button that the pill was taken, in the end of treatment for

the indicated time and return to the doctor for a checkup, the doctor will know the adherence that had the patient, and how it help improving health.

Keywords: electronic pillbox, adherence, pharmacological treatment, technology, innovation

## 1. INTRODUCCIÓN

La falta de apego al tratamiento médico se considera uno de los principales retos en la actualidad, el número creciente de enfermedades consideradas incurables y que son consideradas como las principales causas de mortalidad en nuestra población (DM2, Hipertensión arterial, Dislipidemias, Cáncer, entre otras) y también otras enfermedades como demencia senil, déficit de atención, deterioro cognitivo, parkinson, alzheimer, etc. Hacen que cada vez se estén ideando medidas más exigentes incluyendo los instrumentos tecnológicos para que ayuden a los pacientes a tener un mayor control en sus tratamientos médicos y de esta manera mejorar su calidad de vida.

Existen diversos factores modificables y no modificables que limitan que los pacientes no tengan un apego adecuado al tratamiento médico:

**Tabla 1:** Factores de riesgo para el no apego al tratamiento:

Modificables	No modificables
<ul style="list-style-type: none"><li>Estilo de vida del paciente:</li></ul> No disponer de lugar de almacenamiento del medicamento	Enfermedad del paciente (parkinson, alzheimer, demencia senil, déficit de atención, depresión, deterioro cognitivo, etc)

No seguir las indicaciones médicas (prescripción) (por diversas razones) Edad del paciente Si está de viaje Si duerme Si está dormido Falta de compromiso Inasistencia a la cita programada con su medico Falta de conocimiento de la enfermedad <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicación médica no adecuada: explicación deficiente por el medico sobre la prescripción</li> <li>• Lugar de prescripción</li> <li>• El tipo de medicamento</li> </ul>	No poder pagar el medicamento No contar con seguridad social (IMSS, ISSTE, SSA, etc) Posibles efectos secundarios de los medicamentos
--	---

En el censo del 2010 se contabilizó a una población mayor a los 60 años superior a los 112 millones, el 71.4% de esta población cuenta con un registro a una institución de salud, y el 97.5% tiene un tratamiento médico, y no todo este porcentaje cumple con un apego mayor al 50% de su tratamiento.

El no cumplimiento al tratamiento es grave a nivel mundial ya que es una pérdida al control de la enfermedad lo que conlleva a su vez a una problemática mayor para el paciente y para las instituciones públicas que otorgan los medicamentos de manera gratuita, ya que incrementa el costo de tratamiento.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS / DESARROLLO

El desarrollo de este proyecto se ha dividido en dos partes: Desarrollo del tratamiento y Desarrollo tecnológico del pastillero; en el desarrollo del tratamiento se divide aun en 4 partes más, desde cómo se va desarrollando con el medico la primera vez de la indicación del tratamiento, la colocación del fármaco, el uso diario del pastillero, hasta de regreso con el médico para la evaluación del tratamiento. En el Desarrollo tecnológico del pastillero, se busca desarrollar el pastillero, con el diseño, sus partes, materiales, entre otros temas acerca del mismo, por lo que este se divide en dos partes: Software y Hardware.

### 3. DESARROLLO DEL TRATAMIENTO:

#### 3.1 Prescripción médica.

En esta primera parte es el desarrollo del programa que puede ser usando lenguajes de programación como Labview y visual basic, Labview lo propongo por la facilidad de la interfaz, tanto del uso como de la creación del programa, y este es una programación totalmente visual haciendo un diseño fácil, ágil y eficiente, el cual será usa para que se haga la entrada de datos para la receta.

#### 3.2 Colocación del fármaco.

Esta es la parte del proyecto donde por bloque, que serán las divisiones del pastillero para cada pastilla, se colocaran las pastillas este tendrá un espacio para 260 pastillas, que sería la dosis máxima de 3 pastillas por día durante tres meses. Estas se pondrán desde la primera vez y esto lo hará tanto la farmacia como el paciente una sola vez y de ahí hasta el final del tratamiento cuando tiene que regresar con su médico para su chequeo se revisará el apego al tratamiento. Cada paciente tendrá un pastillero de acuerdo a su tratamiento, pues algunos consumen más de 3 pastillas diarias y otros menos, por lo tanto los



bloques de este dependen del tratamiento que se le da al paciente, y el paciente usará el pastillero con los bloques necesarios.

### 3.3 Uso del pastillero.

El uso diario del pastillero es de la siguiente manera, cuando el medicamento marque una alarma visual (pantalla lcd) y auditiva (bocina integrada), será la hora de tomar la pastilla, el pastillero despachará la cantidad indicada por el médico tratante y el paciente podrá tomarla; cuando la haya ingerido, el paciente inmediatamente pulsara un botón, el cual tiene la función de apagar la alarma, en el caso contrario la alarma volverá a sonar cada 5 minutos durante 20 minutos.

### 3.4 Evaluación del tratamiento.

Al terminar el plazo indicado por el médico, el paciente tendrá que ir a su consulta de monitoreo, donde se volverá a conectar el pastillero a la computadora del médico, automáticamente y este podrá saber que apego tuvo el paciente con el medicamento, ya sea que no lo haya tomado o que si lo hizo. Y se repetirá este proceso.

## 4. DESARROLLO TECNOLÓGICO

### 4.1 Software.

Como ya se mencionó anteriormente, se puede hacer uso de interfaces graficas y otros, que nos ayudan a la creación de una receta y del código que mantendrá el pastillero; se nombraron interfaces como lo es labview y Visual Basic, estos pueden trabajar tanto en conjunto como por separado, lo que llevaría es el nombre del paciente, edad, fecha, peso, nombre del bloques (El bloque es el desarrollo de una sola pastilla, p.e.j. si el paciente necesita ingerir tres fármacos diferentes, serán tres bloques), cada bloque llevará su propia información de la pastilla: Nombre del medicamento indicando: el nombre comercial-ingrediente activo- ml o mg u otro- si es tableta, jarabe u otro, ¿Cada cuánto se tomara

la pastilla?, ¿Por cuántos días se tomara la pastilla?.

Fig. 7 Ejemplo de interfaz gráfica usando labview.

El pastillero tendrá una entrada microusb, para que por medio de esta se conecte con un cable usb a la computadora y se pueda mantener programado el pastillero.

Este mismo formato es el que se imprimirá para que el paciente pueda tener el formato impreso, y le sirva de guía o apoyo esta receta; y se guardará de forma diferente para cada paciente, en su registro.

### 4.2 Hardware.

Para el correcto uso de las pastillas manteniendo la higiene y desplazando el tiempo de descomposición, se requiere que el pastillero cumpla con ciertos requisitos, como lo son que el material sea plástico, y por dentro tenga un recubrimiento de espuma de polietileno, para mantener una temperatura fresca y que, si las pastillas dejan polvito, este lo capte, en caso de que estas sean blandas o más duras, esta espuma las hará mantenerse frescas y libre de humedad. El diseño como también se mencionó anteriormente será con una pantalla lcd incluida y bocinas como las mostradas en la figura 2 y 3, estas son para que cuando se mande la alerta de la toma de pastillas, en la pantalla se refleje un mensaje (Nombre del paciente, tomar la pastilla., p.e.j. Marina, tomar la pastilla), este también

contará con dos botones, si y no, en caso de que el paciente no se quiera tomar la pastilla pero ya no quiere que la alarma siga emitiéndose, este la apagará de esta forma alternativa, sin embargo lo principal es que el paciente tome la pastilla y pulse el botón de si, el cual registrará que el paciente se tomó la pastilla y apagará la alarma.

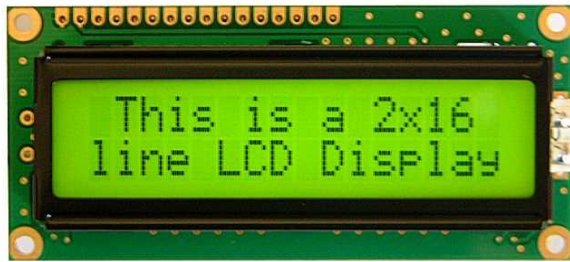


Fig. 8 Pantalla lcd electronica.



Fig. 9 Bocina (buzzer 12v).

## 5. CONCLUSIÓN

La finalidad del pastillero electrónico LOG es la de hacer la contabilidad de los medicamentos prescritos a los pacientes y por medio de esta saber si el medicamento ha sido tomada o no por el paciente, lo cual es muy difícil ya que aún no hay algún tipo de instrumento o apoyo electrónico adecuado que haga este tipo de contabilidad, sin embargo durante el tiempo de desarrollo este proyecto como medio para conseguir un mejor apego al tratamiento farmacológico se seguirá investigando de qué forma se puede ir mejorando el desarrollo esta herramienta de apego al tratamiento. Este instrumento de control puede ser usado por todos los pacientes per a su vez puede ser de gran ayuda en Instituciones de salud tanto públicas

como privadas, laboratorios farmacéuticos, farmacias, lo que ayudaría a disminuir el uso indiscriminado y no prescrito de medicamentos por parte de la población.

## 6. REFERENCIAS

INEGI. (2014). *Servicios de Salud. En Perfil Sociodemográfico de los adultos mayores* (pp.154-161). México: INEGI.

Instituto de Salud Pública. (2009) ¿Sabe usted cómo usar correctamente los medicamentos?. Gobierno de Chile. Recuperado de:  
[http://www.ispch.cl/sites/default/files/1\\_portada/Como%2520usar%2520correctamente%2520los%2520medicamentos%5B1%5D.pdf](http://www.ispch.cl/sites/default/files/1_portada/Como%2520usar%2520correctamente%2520los%2520medicamentos%5B1%5D.pdf)

Dirección de sida y ETS. (2011). *Guia para el almacenamiento de medicamentos. Recuperado de Ministerio de Salud de Argentina* Sitio web:  
[http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000115cnt-2013-05\\_guia-remediar.pdf](http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000115cnt-2013-05_guia-remediar.pdf)

Comité de Farmacia y Terapéutica . (s.f.). *TIPS PARA EL ALMACENAMIENTO DE MEDICAMENTOS EN EL HOGAR. Recuperado de Laboratorio Clínico Congregación Mariana* Sitio web:  
<http://www.vid.org.co/redessociales/labcli/Tips%20para%20el%20Almacenamiento%20de%20Medicamentos%20en%20el%20Hogar.pdf>

# Reloj rutinario para niños con autismo

E.D. Muñoz Campos<sup>1</sup>

- <sup>1.</sup> Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5A Reserva Territorial s/n, Col. Santa Bárbara, CP 91096, Xalapa, Veracruz, México.

## RESUMEN

El autismo es un padecimiento que afecta en particular a niños entre los 0 y 10 años de edad. Es característico de este padecimiento la presencia de deficiencias para realizar las actividades cotidianas, integración social, desarrollo de destrezas y comunicación con el entorno social que rodea al infante. Desde 1943 la línea de investigación sobre esta discapacidad se ha vuelto amplia y a partir de entonces los especialistas en el tema han logrado un gran avance principalmente en el tratamiento del padecimiento, pues en la actualidad aún no se ha encontrado una cura para el autismo infantil.

Uno de los métodos más eficaces para la terapia del autismo infantil es la estimulación psicomotriz del niño a través de medios visuales, herramientas interactivas y fisioterapia. Siendo las herramientas interactivas las de mayor impacto en los niños, trayendo como consecuencia una mejoría en el paciente.

A través de dichas herramientas (juegos interactivos, guía de rutina electrónica, juguetes electrónicos educativos, etc.) los niños experimentan un estímulo sensorial que los mantiene alerta de lo que sucede en el medio que los rodea y puedan identificar las tareas correspondientes a una vida cotidiana sin que esto represente para ellos un peligro, para que poco a poco se vayan adaptando y logren una convivencia social positiva.

Palabras clave: Autismo, Herramientas Interactivas, Rutina cotidiana.

## 1. INTRODUCCIÓN

El autismo infantil es una discapacidad seria. Para especialistas y padres resulta confuso este padecimiento, ya que los niños son deficientes para realizar tareas cotidianas, sin embargo son capaces de armar un rompecabezas que para un adulto es complejo con facilidad.

“En 1943 el psiquiatra norteamericano Leo Kanner, describió esta discapacidad como “síndrome de autismo infantil”, para explicar una serie de “psicosis infantil”. La palabra autismo proviene del griego “autos” que significa “propio”. Kanner uso este término porque los niños pasaban por una etapa en la que permanecían muy concentrados en sí mismos, y no mostraban interés hacia las demás personas.” [1]

Este concepto ha ido modificandose a través de los años, actualmente se dice síndrome autista para referirse a “una alteración evolutiva del desarrollo que puede definirse como dificultades de la comunicación verbal y gestual, alteraciones de la interacción social recíproca y un repertorio muy restringido de actividades e intereses y patrones repetitivos de conducta.” [2]

## 2. DESARROLLO

### 2.1 Características conductuales del autismo.

De acuerdo con la Asociación Americana de Pediatría,

Las características del autismo infantil son:

- Deficiencia en conductas no verbales prosociales: no contacto visual, alteración en la expresión facial, posturas corporales y gestos anormales.
- No relación con sus padres

- Ausencia de conductas espontáneas para compartir juegos, diversiones o intereses con los demás niños.
- Carencia importante en la reciprocidad social o emocional
- Retraso evolutivo del lenguaje que puede llegar a ser agnosia verbal.
- Retraso evolutivo del lenguaje que puede llegar a ser agnosia verbal.
- Respuesta violenta al ruido del entorno, por su resistencia a los cambios.
- Respuesta violenta al ruido del entorno, por su resistencia a los cambios.

## 2.2 Tratamiento por medio de herramientas didácticas del autismo infantil.

Hoy en día existen tratamientos para este síndrome infantil basados en el uso de herramientas interactivas, sin embargo existen técnicas de modificación conductual, enseñanza de habilidades sociales, entrenamiento del lenguaje social, reconocimiento de rutinas cotidianas y su ejecución impartidas principalmente en centros de atención de autismo (CAM) que ayudan a minimizar las deficiencias de los niños autistas para que puedan conseguir un nivel de vida social mejor. Es por este motivo que la necesidad de recursos didácticos que apoyen y motiven el desarrollo de las técnicas anteriormente mencionadas sea cada vez más demandante.

## 2.3 Reloj rutinario para niños con autismo

En colaboración con el centro de atención de autismo (CAM) ubicado en el municipio de Banderilla, Veracruz se ha desarrollado **El reloj rutinario para niños con autismo** (véase la Fig. 1) es una herramienta interactiva que le indica por medio de una imagen y un suave sonido de alarma, al infante cuando debe de realizar una actividad (lavarse las manos, jugar, comer, dormir, escribir, sentarse, etc.). Anteriormente, la indicación se realizaba colocando una imagen referente a la actividad a hacerse sobre un tablero de fieltro y la educadora asignaba una “paloma” si se realizaba la actividad, o un “tache” si sucedía lo contrario al lado de la imagen. En la mayoría de las ocasiones los niños no estaban atentos a la indicación, el tablero al ser

pequeño y sin sonido, no les causaba interés alguno. El reloj rutinario además de indicarles las actividades, permite la visualización del tiempo, así el niño va reconociendo el tiempo en el que se encuentra y poco a poco va adoptando un orden en la ejecución de las actividades.

## 2.4 Características técnicas

El reloj rutinario para niños con autismo está estructurado en madera de triplay en forma cuadrada para que sea fácil de transportar y adaptar en cualquier pared. Cuenta con un mecanismo interno que consta de un engrane impulsado por un motor de corriente directa (CD) alimentado con 5v. El control de dicho motor está programado en una tarjeta de desarrollo Arduino Uno (también se encuentra en la parte interna del reloj), un buzzer (bocina) que amplifica el sonido de alarma y finalmente en la parte exterior se encuentra el cable de alimentación que se conecta a algún contacto disponible en el aula.

El engrane gira cada determinado tiempo y cuando se detiene en la parte inferior del reloj se muestra la imagen de la actividad que debe de ejecutarse, emitiendo al mismo tiempo el sonido de alarma para que los niños visualicen la imagen y realicen la actividad.

## 3. CONCLUSIÓN

Sin duda alguna la idea de esta herramienta resultó muy útil, dinámica y benefactoria para la comunidad autista de este centro de atención de autismo, la aceptación de los niños fue muy positiva y su entusiasmo por seguir la rutina con el reloj es el mejor resultado que se pudo obtener.



Fig. 1 Reloj rutinario para niños con autismos

#### **4. REFERENCIAS**

[1] González, D. E. (2015). *El Autismo Infantil: Un Trastorno Severo Del Desarrollo*. Clínica Psicológica V. Mars - Sueca, Valencia España, 4-5.

[2] A.P.A. (1994

# VIATOR: Sistema digital para la gestión de publicidad móvil de turismo y recreación en Xalapa.

J. R. Rodríguez Hernández, V. Lagunes Barradas, F. M. Sánchez Cortés, O. Alba Hernández<sup>1</sup>.

- <sup>1</sup>. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5A Reserva Territorial s/n, Col. Santa Bárbara, CP 91096, Xalapa, Veracruz, México.

## RESUMEN

Xalapa cuenta con diversos lugares que responden a diversas categorías de interés para el público, pero la gran mayoría están dispersos y no cuentan con la promoción suficiente. Aunado a lo anterior la ciudad se encuentra actualmente a un ritmo acelerado de expansión tanto empresarial, como de asentamientos habitacionales y de extensión de la oferta educativa, lo cual hace más creciente la demanda de información. La gran mayoría de establecimientos, no cuentan con la publicidad necesaria para darse a conocer ante el turismo, lo cual presenta como resultado la falta de interés por parte de los visitantes y el rezago de ciertos lugares que pueden aumentar la gama de opciones que la ciudad puede ofertar a los turistas. Algunos establecimientos han intentado innovar con publicidad mediante aplicaciones para dispositivos móviles que permiten la localización de dichos sitios, pero éstos están restringidos a solo mostrar la posición y no ahondar más en los servicios que brindan. En algunos casos se re direcciona al usuario de dichas aplicaciones a la página *WEB* del establecimiento, lo cual resulta tedioso debido a que muchos sitios *WEB* no fueron diseñados para ser visualizados en dispositivos móviles por lo cual resulta poco práctico.

Palabras Clave: Aplicaciones móviles\*, Desarrollo de Apps, Publicidad digital.

## ABSTRACT

Xalapa has several places that respond to different categories of interest to the public, but most are scattered and have not promoted enough. In addition to this the city is currently an accelerated business expansion so as to housing settlements and the extension of educational provision, which makes it increasingly demand

information pace. The vast majority of establishments do not have the necessary publicity to be released to the tourism, which has resulted in the lack of interest from visitors and the lag in certain places that can increase the range of options that the city You can offer to tourists. Some establishments have tried to innovate with advertising through mobile applications that allow the location of these sites, but they are restricted to only show the position and not delve deeper into the services they provide. In some cases, it redirects the user of such applications to the website of the establishment, which is tedious because many websites were not designed for viewing on mobile devices for which it is impractical.

Keywords: mobile applications, Apps development, digital publicity.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente desarrollo tecnológico, pretende dar a conocer la creación de una aplicación móvil que opere sobre la plataforma *Android*, que satisfaga la necesidad de ubicar restaurantes, bares, centros de entretenimiento, hospedaje y por supuesto, publicitar los lugares turísticos, históricos y culturales de la ciudad de Xalapa, con respecto de la ubicación del visitante en la ciudad. De igual manera, este proyecto, requiere de la creación de un sistema *WEB* para el registro y administración del perfil de los sitios turísticos y de esparcimiento con información adecuada para cada tipo de lugar.

Algunas de las funcionalidades que se quieren alcanzar con el desarrollo de esta aplicación, son los siguientes:

- Motivar el interés de los visitantes de la ciudad de Xalapa, por eventos culturales originarios de ésta, mediante la promoción gratuita de dichos eventos.

- Promocionar más a la ciudad de Xalapa como un sitio turístico, aumentando la cantidad de lugares a visitar que actualmente se conocen.
- Mejorar la publicidad de empresas restauranteras, hotelería, bares y centros nocturnos, ya que pueden ser ubicados por medio de la geo localización en el dispositivo móvil de sus posibles clientes.
- Optimizar el tiempo del visitante gracias a la portabilidad de la aplicación y a la geo localización de lugares de interés.
- Facilitar al visitante decisiones sobre posibles lugares a visitar, mediante la integración de perfiles de los establecimientos y las reseñas de éstos.
- Facilitar la administración de la publicidad, a través del sistema *Web* de administración de perfiles antes mencionados.
- Identificar los puntos de mejora por parte de los establecimientos, gracias a las reseñas aportadas por los visitantes a través de la aplicación móvil.

Por otra parte, las recientes innovaciones tecnológicas, probadas ya en otras ciudades del país e incluso a nivel internacional, se presentan como una buena solución a los problemas ya mencionados. El crecimiento del mercado de los dispositivos móviles que se ha dado en los últimos años, ha abierto fronteras en los mercados dedicados al desarrollo de software y de soluciones a problemáticas cada vez más cotidianas, aprovechándose de las características tecnológicas que traen consigo las constantes evoluciones de dichos dispositivos. Las funcionalidades que los dispositivos móviles van desde lo más común, como llamar por teléfono y mandar mensajes de texto, hasta poder mirar televisión, consultar noticias, o simplemente jugar. En gran medida el software que poseen los dispositivos móviles ha ayudado a la explosión en la gama de utilidades que se le puede dar a dichos dispositivos, por ejemplo el uso del GPS (Geo Posicionador Satelital), herramienta mediante la cual, es posible ubicar a cada

dispositivo móvil sobre el planeta siempre y cuando se encuentre activo con el fin de proporcionar rutas de traslado y sugerencias de contenido, entre otras cosas.

## 2. DESARROLLO.

En primera instancia, para dar inicio al análisis de requerimientos, se aplicaron un cierto número de encuestas a distintos tipos de dueños de establecimientos y representantes de compañías artísticas o culturales por un lado y por otra parte, a visitantes y residentes de la ciudad que gustan de salir a conocer puntos de interés de la ciudad o de disfrutar atracciones de entretenimiento o culturales.

La serie de preguntas realizadas en la encuesta fueron enfocadas de dos distintas maneras; la primera parte de la encuesta se enfoca a los problemas en general que se encuentran al tratar de publicitar los diversos servicios y promociones de establecimientos, tales como medios, costos y demanda entre otros.

La segunda parte de la encuesta está enfocada a saber cuáles son los medios por los cuales la gente se entera de los lugares que visita y qué tan eficientes son dichos medios.

La encuesta fue realizada bajo el sistema de medición de Likert ya que es una manera sencilla de poder obtener resultados cuantificables de las respuestas.

Asimismo, con el fin de crear el Sistema Digital para la Gestión de Publicidad Móvil de Turismo y Recreación en Xalapa, se eligió el método de desarrollo de aplicaciones denominado Scrum, con el objetivo de dar un seguimiento estructurado y al mismo tiempo, obtener un sistema eficiente y de gran calidad, ya que se trata de una metodología ágil que responde al ritmo cambiante de respuestas rápidas más que al seguimiento de un plan concreto. Se conocen diversos métodos, en nuestro caso se ha optado por el uso del método *Scrum* se caracteriza por el rápido y continuo cambio de requerimientos



en un momento dado pero también una de sus principales características es la comunicación diaria con el equipo de desarrollo y una respuesta rápida a los cambios inesperados del cliente.

Se cuenta con las siguientes herramientas para poder lograr el desarrollo del proyecto tanto para la aplicación móvil como para el entorno *WEB*.

*App Móvil:* Se hace uso del sistema operativo *Android* en el entorno de desarrollo integrado *Eclipse*, ya que se está familiarizado con el entorno de trabajo, además de que como ya se ha mencionado anteriormente *Android* se encuentra en la mayoría de los dispositivos móviles facilitando así su disponibilidad para los usuarios.

*Página WEB:* Se utiliza el Framework *SE* de *Zend framework* ya que su uso como Modelo, Vista y Controlador facilita el desarrollo, su estructura es muy amigable y garantiza la seguridad de la información.

Tanto para el desarrollo de la aplicación móvil y como el de la página *WEB* se usará *SQLite* que es un sistema de gestión de bases de datos relacional la cual se caracteriza por la reducción de latencia en el acceso a la base de datos siendo así más eficaz la comunicación entre procesos.

Cabe mencionar que también se hizo un estudio del estado del arte, ya que en diferentes partes del mundo ya se han creado este tipo de aplicaciones, por mencionar algunas están los países de Perú, Madrid y Ecuador.

Actualmente existen algunas aplicaciones enfocadas al turismo. Algunas se han enfocado en la divulgación de información de los lugares utilizando la realidad aumentada para poder localizar los lugares y acercar a sus clientes con las innovaciones tecnológicas, por ejemplo la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca Ecuador, la aplicación al utilizar la realidad aumentada reconocerá automáticamente marcar por medio de la utilización de la cámara del teléfono móvil y capturar el entorno real en el que estén colocados los marcadores.

Otra aplicación muy parecida es la creada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, la cual utiliza realidad aumentada y muestra imágenes en *3D* de los lugares turísticos de Perú, las imágenes estarán ubicadas en folletos, catálogos y libros turísticos para que los visitantes tengan mayor acceso a la información del lugar y den a conocer la aplicación.

En la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en Ecuador, desarrollo una aplicación móvil multiplataforma dirigida a turistas nacionales y extranjeros que estén interesados en conocer la ciudad de Guayaquil, podrán encontrar numero información hotelera para poderse hospedar y antes conocer los servicios que ofrecen, tanto ubicación, números de teléfonos, email y un mapa turístico para conocer la urbe, además con la aplicaciones se podrán hacer reservaciones, realizar pagos y estar informado de los eventos a realizarse en su respectivo hotel.

## 2.1 Resultados.

De acuerdo con lo recuperado en los artículos del heraldo de Veracruz, el universal Veracruz. El gran número de personas que viajan o viven en Xalapa cada vez es más grande y su necesidad información igualmente está creciendo, las empresas y negocios de la ciudad no siempre logran cubrir las necesidades de información para sus clientes, en la actualidad muchas de las empresas o lugares de la ciudad no siempre son visitados debido a que la manera tradicional en la cual se dan a conocer no siempre llega a los clientes. Así surge la necesidad de crear una aplicación para que los clientes que son los viajeros e incluso las personas que viven en Xalapa puedan ser informados de las ubicaciones de los lugares más culturales de la ciudad, hoteles, lugares de diversión y restaurantes de la ciudad. A través de este análisis, se crearon los siguientes módulos (Fig. 1):

## Módulos del sistema

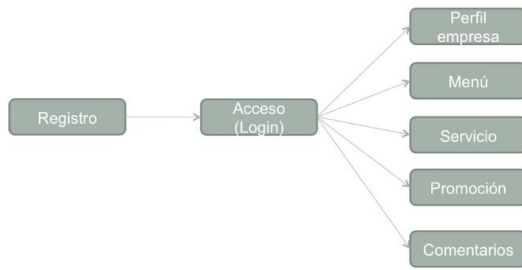


Fig. 1. Módulos del Sistema

Por otro lado, para los empresarios, que no tienen un conocimiento vasto de la tecnología actual es difícil tener un fácil acceso a los beneficios de contar con medios en dispositivos móviles y computacionales en general, se dificulta la administración de su empresa al no tener la información controlada y centralizada, es de este punto de donde parte la necesidad de contar con sistemas Web de administración, mediante los cuales se pueda dar de alta, productos, servicios, y a su vez modificarlos o borrarlos (Véase Fig. 2) . En la actualidad los sistemas se manejan de manera estática en las computadoras de los negocios, pero eso ocasiona que la administración de los datos no sea eficaz, actual, incorrupta y confiable, además de los constantes gastos por actualización. Los sistemas Web responden muy bien a estas necesidades en su mayoría se debe a que no están en la terminal de los clientes, sino que se encuentran en servidores, donde es más fácil modificar y actualizar dependiendo de las necesidades de los clientes.

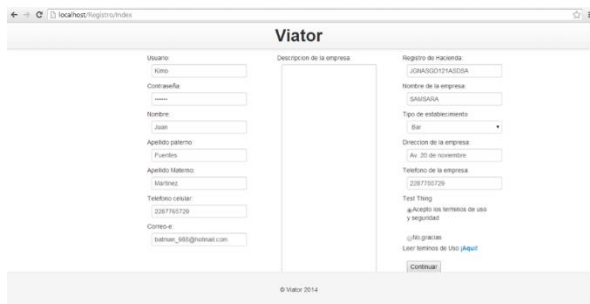


Fig. 2. Sistema Web Viator

Asimismo, con base en la metodología señalada en este artículo, también se elaboró un prototipo para la parte móvil para Android (Véase Fig. 3), mediante la cual los posibles clientes pueden visualizar cuáles son los establecimientos cercanos a ellos y los perfiles de dichos lugares, por medio de preferencias personales y/o cercanía, pudiendo emitir una calificación de estos lugares si así lo deciden.

## 3. CONCLUSIONES.

Las características antes mencionadas sobre los dispositivos móviles también han impactado en el ámbito económico, ya que la publicidad se encuentra cada vez más distribuida y a un nivel más personal, aunque no se encuentran actualmente en el mercado aplicaciones que estén cien por ciento dedicadas a la publicidad como tal, sino que ésta se anida dentro de otras aplicaciones o software desarrollado específicamente para dispositivos móviles. Como se ha podido percibir en los párrafos anteriores, la programación para dispositivos móviles se encuentra en su auge y cada vez se buscan nuevos mercados para sacar el mayor provecho de las herramientas y tecnologías conocidas del área que el diseño de este tipo de software es orientado a la fácil modificación y administración del código, para una respuesta más rápida y precisa.

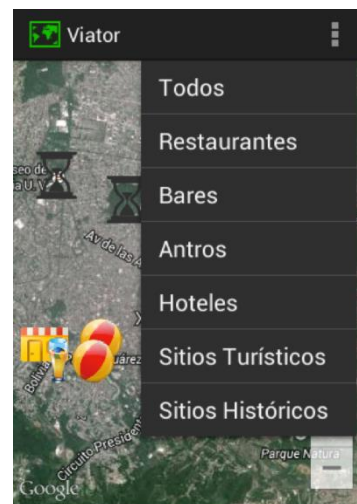


Fig. 3. App Viator

El prototipo ha causado interés en representantes de la Secretaría de Turismo de diferentes municipios del estado.

#### **4. REFERENCIAS.**

*01 de 2014). lavoz. Recuperado el 02 de 02 de 2014, de lavoz:*  
*<http://www.lavoz.com.ar>*

*[2] Antonio, C. M. (2003). Tecnologías Móviles con Java. Revista del Instituto Tecnológico de Informática, 05-07.*

*[3] Eclipse. (2014). Recuperado el 17 de 02 de 2014, de Eclipse:*  
*<https://www.eclipse.org/org/>*

*[4] Eguiluz, J. (2014). Recuperado el 17 de 02 de 2014, de Introducción a JavaScript: <http://librosweb.es/javascript/>*

*[5] Robledo, Rafael. (2014). Aumenta el Turismo en Veracruz y Xalapa. (21 de 11 de 2014). eluniversalveracruz. Recuperado el 21 de 11 de 2014, de eluniversalveracruz:*  
*<http://www.eluniversalveracruz.com.mx/12197.html>*

*[6] Zend Technologies Inc. (2014). <http://manual.zfdes.com/>. Recuperado el 19 de 02 de 2014, de <http://manual.zfdes.com/>:*  
*<http://manual.zfdes.com/es/introduction.overview.html>*



## 2.3 Escalamiento de tecnología y proyección a mercado.

# **Proyecto de recuperación de agua pluvial, para abastecer de agua a los diferentes proyectos de investigación que así lo requieran.**

Alfredo Alberto González Reyes<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5A Reserva Territorial s/n, Col. Santa Bárbara, CP 91096, Xalapa, Veracruz, México.

## **RESUMEN**

El presente proyecto comprende el diseño, dimensionamiento, selección de equipos, implementación y puesta en marcha de un sistema de captación y recuperación de agua pluvial, la cual sea tal la cantidad captada, que se tenga una total autonomía con respecto a la red municipal de agua potable, inclusive se incluyan posteriormente el abastecimiento a los servicios sanitarios del edificio de investigación del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.

## **ABSTRACT**

This project involves the design, sizing, equipment selection, implementation and commissioning of a system of collection and recovery of rainwater, which is that the amount raised, which will have full autonomy with respect to the municipal network drinking water, including providing health services research building of the higher Tecnological of the Instituto Tecnológico Superior de Xalapa was subsequently included.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Desde la creación del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, y posteriormente la construcción del área de investigación en la zona posterior de dicho instituto, cercana a la colonia Lomas Verdes, los proyectos que se piensan implementar, no han podido llegar a su culminación debido a las escases del vital líquido, siendo éste problema extensivo para todas las actividades diarias tanto de la población estudiantil, como del personal que labora en el instituto.

Derivado de lo anterior y propiamente refiriéndonos al área de investigación en particular, muchos proyectos no se han podido llevar a cabo por esta situación. Razón por la cual se decide iniciar el proyecto en una primera etapa para dotar en cantidad y calidad a los proyectos presentes y futuros del área de investigación.

Durante la construcción del edificio de Investigación, se consideró la instalación de tubería y drenes pluviales, los cuales concurren en un drenaje que actualmente está inconcluso.

## **2. DESARROLLO:**

En un principio, se realiza el cálculo de las necesidades actuales de agua y un aproximado de proyectos futuros, tomando en cuenta la capacidad en relación al espacio disponible en el terreno enfrente del edificio de investigación.

También se realiza la investigación en el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática referente a la estadística de precipitaciones pluviales en la ciudad de Xalapa. Se determina solo cinco años hacia atrás para investigar los datos estadísticos, ya que debido al cambio climático, el fenómeno del niño o de la niña principalmente se puede considerar que la información será representativa para la determinación de los períodos de precipitaciones y estiaje, así como el valor máximo y mínimo de precipitación. Esto con la finalidad de dimensionar los equipos a utilizar en el proyecto.

Una vez obtenido ésta información, se determina el construir un tanque desarenador cercano al edificio de Investigación, con una capacidad de 40 m<sup>2</sup>, que se localizará en el área cercada del edificio de Investigación donde se pretende

realizar Investigación en el área de ingeniería na alimentos, tales como la aplicación de biotecnologías en la siembra y cosecha de algunas plantas comestibles, la creacion de un área de elaboracion de composta para apoyo en el proceso de investigacion em alimentos, outro proceso de Investigacion que será beneficiado con el apoyo de agua pluvial es la creación de un criadero de peces comestibles, que probablemente será de mojarra. Siendo éstos solo algunos de los proyectos que com la construccion del sistema de recoleccion de agua pluvial, serán en poco tiempo autosustentables. Tambien se determina que se utilice para el traslado de agua del tanque desarenador a un tanque elevado de 5m<sup>3</sup> de capacidad, una bomba centrifuga con una potencia de 1.5 h.p., suficiente para llenar en menos de una hora dicho tanque elevado.

Se tiene contemplado que el tanque desarenador pueda captar una precipitacion de hasta 600 mm.

El tanque elevado contará con un sencillo sistema de control de nivel a base de contactos electricos para poner a funcionar o detener la bomba por bajo y alto nivel del tanque elevado, con una protección de la bomba en caso de tener bajo nivel en el tanque desarenador en tempos de estiaje.

Com ello se tendrá la suficiente autonomia y automatismo, para que solo una vez al dia sea supervisado este sistema cuando ya se encuentre em funcionamiento.

En la linea de llegada de los tubos bajantes al piso, se le construirán sendos registros de 1 metro por lado y de 1.5 metros de profundidad, y con ello se reduce la posibilidad de que la tubería colapse en caso de una precipitación pluvial intensa

### **3. REFERENCIAS**

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=21385>.

# Reclutamiento y selección de personal en TI por medio de videojuegos serios, perspectiva para entrada de una nueva tecnología

M. A. Cerdán<sup>1</sup>, E. L. Rivera Aguirre<sup>1</sup>, M. P. Ralero de la Mora<sup>1</sup>, Sánchez Cruz<sup>2</sup>, G. Alor Hernández<sup>3</sup>, R. Posada Gómez<sup>3</sup>, A. López Capistrán<sup>4</sup>

1. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5A Reserva Territorial s/n, Col. Santa Bárbara, CP 91096, Xalapa, Veracruz, México.
2. . Colegio de Veracruz, Carrillo Puerto 26, Xalapa, Ver.
3. Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver.
4. Tryouts Colliseum, S. A. P. I. De C. V. Yosemite No. 11, Col. Nápoles Del. Benito Juárez, CP 03810 D.F.

## RESUMEN

El mercado laboral actual, caracterizado por gran demanda y calificaciones aplicadas para un desarrollo competitivo en el personal especializado relativo al área de las Tecnologías de la Información (TI), no siempre ve satisfechas sus necesidades de reclutamiento y selección por los métodos tradicionales. Siendo los videojuegos poderosas herramientas de aprendizaje de conductas y actitudes, la empresa Tryouts Colliseum, S.A.P.I. de C.V. propuso el desarrollo de una plataforma en línea que determina habilidades y actitudes específicas para las TI, mediante juegos interactivos en línea con la finalidad de evaluar el talento humano. Esta nueva tecnología fue valorada, para identificar las principales barreras y oportunidades de su entrada al mercado.

Palabras Clave: Talento humano, videojuegos serios, estudio de mercado.

## ABSTRACT

The actual labor market, is characterized by a high demand and qualifications applied for competitive development in the specialized personnel on the Information Technology (IT) area, do not always look for their needs to met the recruitment and selection by traditional methods. The video games are powerful learning tools of behaviors and attitudes, the company Tryouts Colliseum, SAPI de C.V. proposed the development of an online platform that determines specific skills and attitudes for IT, through interactive online games in order to

assess human talent. This new technology was evaluated to identify the main barriers and opportunities for market entry.

Keywords: Human talent, serious games, market study.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas enfrentan panoramas cambiantes y altamente competitivos, así, en función de su intensidad tecnológica requieren personal con habilidades teóricas y técnicas específicas, y que adicionalmente se adapte de manera consistente con la cultura de la organización en el cumplimiento de sus objetivos.

Generalmente dentro de la gestión humana, para seleccionar a un individuo entre todos los candidatos a un puesto vacante, se lleva a cabo un proceso que incluye desde el análisis del *curriculum vitae*, entrevistas y verificación de referencias, hasta la aplicación de diferentes tipos de pruebas psicológicas que se utilizan para medir la personalidad y aptitudes del candidato, tales como: inteligencia, memoria, atención, razonamiento verbal y no verbal, destreza y creatividad, entre otras.

Estas pruebas o *test* se pueden aplicar a cualquier candidato sin tener en cuenta su nivel de estudios o especialidad, sin embargo, estas evaluaciones generales no proporcionan información específica sobre las capacidades o habilidades de un individuo en un área puntual del conocimiento; para ello, generalmente se aplican exámenes teóricos y/o prácticos, bajo esquemas



de pruebas objetivas que implementan: preguntas abiertas, resolución de problemas y/o reactivos de selección múltiple. Y en ambientes que requieren de mayores aptitudes técnicas, se recurre al análisis de casos de estudio en escenarios y pruebas prácticas simuladas o reales.

Así, el mercado laboral actual se caracteriza por una gran demanda de empleo y una oferta que requiere de calificaciones aplicadas para el desempeño competitivo. Y los procesos de reclutamiento y selección en las organizaciones, consumen recursos financieros y tiempo, y no garantizan necesariamente la incorporación de personal con las habilidades potenciales que le permitan adaptarse y desarrollarse de manera productiva.

Los juegos son una poderosa herramienta de aprendizaje de conductas y actitudes, explorados desde 2008 en países desarrollados como Estados Unidos. Los conocidos bajo el término de juegos serios, se han utilizado en la actualidad como estrategia educativa, pero no se ha explotado su potencial como herramienta de evaluación de capacidades y habilidades en áreas específicas del conocimiento.

Bajo esta premisa, la propuesta innovadora de Tryouts Colliseum, S.A.P.I. de C.V. consiste en una plataforma para profesionales en Tecnologías de la Información (TI), que determina sus habilidades y aptitudes en diversas tecnologías y temas, mediante juegos interactivos en línea, bajo un modelo operativo abierto. Este modelo permite a los jugadores (*gamers*), visibilidad ante los potenciales contratantes.

La novedad de este formato, permite a las empresas identificar los mejores candidatos en el mercado, sin necesidades de evaluarlos en sitio, pues su perfil en línea cuenta con la información detallada sobre los temas que dominan, lo cual reduce el esfuerzo y tiempo invertido de reclutamiento y selección de personal.

## 2. DESARROLLO

### 2.1 Problemática del reclutamiento y selección

Las expectativas de las empresas, la creciente competencia a nivel nacional e internacional y el incremento de la diversidad en la fuerza de trabajo, constituyen un desafío para el área de recursos humanos de una organización cuando desea identificar y contratar personal.

Un reclutador puede recibir más de 300 solicitudes de aspirantes por cada vacante publicada, sin embargo, alrededor del 70% de los aspirantes no cubre con los requerimientos del puesto [1]. Actualmente el 60% de las personas que buscan trabajo, utilizan Internet como principal recurso, por lo que las postulaciones por puesto vacante está en constante ascenso, de ahí que el problema actual de los reclutadores no es la cantidad, sino la calidad de los curriculum vitae recibidos.

Contar con herramientas tecnológicas, que permitan a las empresas administrar adecuadamente su capital humano, es fundamental para el éxito de cualquier empresa, porque trae beneficios administrativos, económicos y de desarrollo.

### 2.2 Los juegos serios y el talento humano

Los juegos son una poderosa herramienta de aprendizaje de conductas y actitudes. En la actual sociedad digital ese papel lo desempeñan los videojuegos que proveen de habilidades y destrezas propias de la época y facilitan el aprendizaje de procesos complejos con eficacia. Estos beneficios de los videojuegos se han aprovechado para mejorar la efectividad de los procesos educativos, de entrenamiento y formación. Los videojuegos que se destinan a estos objetivos formativos, se les denomina videojuegos serios [2].

Existen diversas investigaciones que han demostrado que este tipo de herramientas, desarrollan habilidades y destrezas que incluyen: coordinación ojo-mano, mayor agudeza visual, rapidez de reacción, capacidad de atención a múltiples estímulos, facilidad para relacionarse con otros, alta motivación al logro, mayor

tolerancia a la frustración, capacidad para tomar riesgos, resolver problemas y tomar decisiones [3][4][5].

Esto deja claro el potencial de los videojuegos serios para su aplicación a la promoción de determinadas habilidades y el estímulo para el desarrollo y adquisición de destrezas en el entrenamiento de profesionales.

Hasta el momento, los juegos serios se han aplicado en diferentes ámbitos, en la tabla 1 se muestran algunos tipos de juego y los elementos de enseñanza relacionados.

Tabla 1: Estilos de juegos según la intención educativa.

ESTILOS DE JUEGOS SEGÚN LO QUE SE INTENTE ENSEÑAR			
"Contenido"	Ejemplos	Actividades	Estilos de Juego
Elementos concretos	Leyes, políticas, especificaciones de productos	Preguntas, asociación, memorización	Juegos mnemotécnicos, de acción preguntas/respuestas
Habilidades	Vender, enseñar, liderar, usar un equipo	Imitación, práctica continua, desafíos	Juegos de rol, aventuras, detectives, Simulaciones
Razonamiento	Pensamiento estratégico y táctico	Problemas, ejemplos	Puzzles, rompecabezas
Creatividad	Inventividad, diseño	Jugar	Juegos de invención, puzzles
Sistemas complejos	Refinerías, salud, procesos bancarios	Entender los principios de jugar en micromundos	Simulaciones
Procedimientos	Bancarios, operaciones de industria	Imitación y práctica	Juegos por tiempo, simulaciones

Cuando un niño juega, se expresa con total libertad y se manifiesta tal cual es. Esta circunstancia ha sido utilizada para realizar un diagnóstico o evaluación del educando a través del juego, y así poder conocer sus características específicas, inquietudes y aptitudes. Antes de que se inventaran pruebas de diagnóstico o test de evaluación de la personalidad, ya se utilizaba la actividad lúdica como herramienta de observación privilegiada.

### 2.3 La seriedad de las actividades lúdicas y el planteamiento de Tryouts

Al considerar que la humanidad se desarrolla rodeada de intensa información, controles remotos, celulares, y rápidos medios de comunicación [6]; se puede hablar de nuevas versiones de seres humanos que, al igual que la tecnología, son versátiles, adaptables, creativos y en constante aprendizaje. El mismo contexto

del cambio que ocurre en la humanidad, requiere un nuevo enfoque también para las empresas que desean mantenerse en la vanguardia.

El desarrollo constante de la tecnología y los seres humanos, requiere que las empresas diversifiquen sus métodos de contratación, evaluación y cobertura; es decir, las empresas deben llegar al mayor número de candidatos posibles para así asegurarse de contratar a los mejores, por muy alejados geográficamente que se encuentren. Es así como se empieza a hablar de la evaluación a distancia a través del uso de la herramienta del Internet. Para lograr la dinámica de la creatividad, la evaluación a distancia y el cambio constante, Tryouts propone el uso de juegos serios; dado que los juegos son parte fundamental en el desarrollo de los infantes [7][8]; y forma parte complementaria de la edad adulta [9][10].

En la sociedad, se tiene la falsa idea de que si una actividad es divertida y entretenida, es el resultado de un rato de flojera y ocio. Sin embargo, [11] sugiere que hasta en la rutina del trabajo monótono se puede implementar el juego; por ejemplo, se sugiere que el flujo de actividades repetitivas como armar aparatos puede ser divertido si se establecen retos de horarios, o lograr un objetivo en el mejor tiempo posible. Así, si el trabajo puede ser divertido, los juegos también pueden ser parte del trabajo.

Cierto es que no todas las actividades pueden convertirse en juegos, pero la alternancia del juego en el trabajo puede facilitar el desarrollo y la creatividad del adulto para sus actividades laborales cotidianas. Además, se puede argumentar que una actividad que se realiza con gozo y placer, llega a ofrecer resultados de mayor eficacia si se comparan con los resultados de la rutina y la fatiga. Por otro lado, también se pueden sumar las ventajas que ofrecen los videojuegos en términos de reflexión, concentración, razonamiento estratégico, desarrollo de reflejos y el aumento de los niveles de agilidad mental para todas las edades [10].

## 2.4 Ludus: nuevo servicio en la plataforma Tryouts

La evaluación y entrenamiento, como parte del proceso de reclutamiento, selección e incluso el desarrollo del personal, se ha visto sobrepasado en ambientes de alta demanda de empleo, donde las empresas tienen que invertir tiempo y recursos, para evaluar grandes volúmenes de información, en procesos que no siempre garantizan encontrar los candidatos adecuados. Por lo que aprovechar las tecnologías actuales que implementan procesos alternativos de mayor eficiencia y eficacia, les permite ser más competitivas. Este es el nicho de oportunidad, abordado por Tryouts y su propuesta de valor a través de juegos serios.

Cada empresa en particular maneja conjuntos de pruebas objetivas genéricas y algunas que incluso elaboran, para valorar al personal postulante a una vacante específica. Estos instrumentos son valiosos y pueden ser utilizados para que a través de un proceso de ludificación (gamification) puedan ser transformados en uno o más juegos serios, que se adapten a la cultura organizacional, produciendo un resultado que combina las áreas potenciales de los videojuegos serios (productos multimedia), que aplique un motor validado para los efectos requeridos y el proceso de gamification.

La propuesta de servicio de Tryouts (Ludus), ofrece la posibilidad de describir un puesto en línea y proporcionar las pruebas objetivas con que cuenta la empresa, y a partir de dicha información, proponer a las empresas una prueba inteligente que de ser completada, proporciona certeza de que el participante no sólo tiene los conocimientos y habilidades necesarias, sino que es el mejor candidato para ejecutar las actividades del puesto en cuestión. Esto es, un servicio de gamificación personalizada de pruebas objetivas, para la generación de videojuegos serios útiles en la evaluación en puestos que requieren conocimiento técnico, en un esquema bajo demanda.

## 2.5 Qué ofrece Ludus

El nuevo servicio Ludus, permite derivar videojuegos serios a partir de las pruebas objetivas enfocadas al desarrollo de conocimiento y habilidades específicas, en candidatos a un puesto buscado por los contratantes, que pueden ser empresas especializadas que ofrecen entre sus servicios el reclutamiento, reclutadores profesionales (head hunters), e incluso empresas que requieren personal para sí mismas.

Así, Ludus ofrece tres niveles de servicio:

- **Ludus-ST**, versión estándar del servicio, donde la empresa proporciona la descripción del perfil y sus pruebas objetivas, obteniendo un proceso de evaluación bajo demanda, a través de juegos serios.
- **Ludus-XT**, versión profesional extendida del servicio, que incluye el soporte a pruebas, donde la empresa selecciona de un banco de reactivos, y formula la prueba objetiva que será gamificada para obtener su evaluación bajo demanda.
- **Ludus-AT**, versión premium avanzada del servicio, que incluye el desarrollo a la medida de las pruebas objetivas y/o su aplicación a nuevos motores de juegos diseñados exprofeso, para obtener la evaluación por juegos serios, totalmente a la medida.

Los servicios pre-existentes en el mercado identificados, que pueden tener características similares a las del servicio principal estándar Ludus-ST, son:

- **Bolsas de trabajo** en línea que proveen la posibilidad de buscar curriculum vitae contra criterios específicos.
- **Reclutadores de talento independientes** que hacen un estudio contra las necesidades de su cliente y proponen candidatos.
- **Empresas especializadas consultoras** que entre sus servicios ofrecen reclutamiento y selección de personal,

que reciben una descripción de puesto y proponen candidatos.

- **Los propios esquemas ad-hoc de toda empresa** que, ante la necesidad de contratar personal, cuenta con una área específica para esta función, esto representa una competencia interna a vencer.

Es importante comentar, que tanto los reclutadores de talento, las empresas especializadas que ofrecen reclutamiento y selección de personal, como las empresas usuarias finales, constituyen parte del mercado potencial de Ludus.

## 2.6 Mercado potencial de Ludus

Los consumidores de Ludus pueden ser de dos tipos: las empresas que evalúan personal para sí mismas o las empresas que evalúan para un tercero, estos tipos de consumidores.

## 2.7 Consumidor in-house

Las empresas que ejecutan su propio proceso (sector consumidor que identificaremos como in-house), generalmente cuentan con un área especializada en recursos humanos (RRHH), que incluyen actividades tales como: vinculación, reclutamiento, selección y contratación de personal, inducción, evaluación de desempeño, motivación, capacitación, comunicación, bienestar, nómina, negociación y relaciones laborales. Bajo estos esquemas pueden presentarse incluso procesos híbridos, donde algunas actividades del proceso interno, son delegadas a empresas especializadas externas. Según [12], el rol de la función de RRHH ha evolucionado en el tiempo, como se aprecia en la figura 1.

Podemos observar, cómo las funciones se fueron extendiendo a través del tiempo conforme se fue reconociendo la importancia del talento humano como aportante de valor para el logro de los objetivos organizacionales, y de igual manera, cómo a partir del año 2000, aparece la figura de tercerización (outsourcing) de las actividades de escaso valor añadido, por lo que se introduce la figura de las consultoras especializadas para

cubrir actividades propias de los departamentos de RRHH.

De manera general el proceso de dotación de personal sigue un modelo básico, como el mostrado en la figura 2 [13].

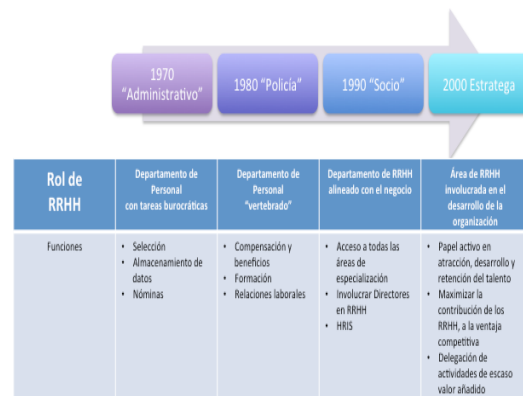


Fig. 1. Evolución de la función RRHH.



Fig. 2. El proceso de dotación de personal.

## 2.8 Consumidor outsourcer

Por otro lado, cuando esta función es tercerizada, todo o parte de las funciones de RRHH son realizadas a través de empresas externas en un proceso conocido como outsourcing, pudiéndose tratar de:

- **Empresas consultoras** que entre otros servicios, brindan soporte a estas funciones.
- **Empresas de mayor especialización**, en reclutamiento de personal, cuya

actividad o giro, se centra en proveer recursos humanos a otras empresas.

A la empresa que brinda el servicio de outsourcing, se le conoce como outsourcer, a continuación se describirá cada caso.

Las **empresas consultoras**, son firmas dedicadas a la prestación de servicios de consultoría, servicios tecnológicos y de outsourcing, y generalmente se comprometen a otorgar valor visible para sus clientes.

En la definición de Ignacio González [14], titular del despacho de consultoría administrativa y estratégica del Parque Empresarial de Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) campus Santa Fe, la consultoría es un proceso orientado a mejorar algo, sin tener el control de la operación. Así mismo, González refiere tres principales motivos por los cuales las empresas recurren a las empresas consultoras: 1) cuando los directivos saben de un problema localizado, y buscan un especialista para resolverlo, 2) cuando los directivos no saben dónde se ubica la raíz de un problema y buscan un consultor genérico para encontrar la solución, y, 3) cuando las empresas están bien, pero quieren estar mejor.

Un factor clave para las empresas consultoras especializadas, es crear servicios independientes, lo que les brinda un punto de vista objetivo evitando conflictos de intereses. En este tipo de firmas, muchas veces trabajan el Headhunting.

En México las principales grandes consultoras, integran a tres jugadores fuertes en el mercado [14]: PwC, Deloitte y Bearn & Gray Accenture. Otras también con importante presencia, son: Top Management, Accertis International, Hudson Global Resources, entre otras.

Para 2008 se estimaron en México, 30,000 unidades económicas del subsector “Servicios Profesionales y Científicos”, que estaban dedicadas a servicios profesionales de consultoría. La gran mayoría de estas unidades, probablemente un 90%, constituida por un solo profesional. En 2009, se encontraban registradas en la Comisión Nacional de Empresas

Consultoras (CNEC), 450 empresas, empleando entre 12-15 personas en promedio, y 50 empresas con más de 100 empleados, estimándose que un 20% de todas las registradas, tiene más de 5 empleados.

Sin embargo, como en toda América Latina, las estadísticas no permiten dimensionar con precisión el mercado mexicano de estos servicios, aunque existen estudios que analizan las principales grandes firmas [15]. Del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se desprende que, en 2008, el sector “Servicios Profesionales Científicos y Técnicos” que comprende la mayoría de los servicios de consultoría, produjo un ingreso total de US\$ 13.6 billones, es decir 1.25% del PIB, ocupando 578 mil personas. Si se adopta la estimación de la demanda de servicios de CNEC, de entre US\$ 4.5 y 5.5 billones, resultaría que un 34-37%, aproximadamente 180-200,000 personas, fueron ocupados en empresas consultoras. De éstas, un 90% se encontraban en oficinas de profesionales individuales dedicados a suministrar servicios a terceros de los sectores público y privado.

La demanda total de servicios de consultoría en 2009 (que importó US\$ 5.0 billones), se distribuyó de la siguiente manera:

Sector Privado	US\$1,500 Millones	30%
Gobierno Federal	US\$2,000 Millones	40%
Estados	US\$1,500 Millones	30%

En el periodo 2002-2009 los servicios profesionales crecieron alrededor del 4.1% por año, menos que todos los otros servicios del subsector “Servicios no Financieros”. Con respecto a volumen, alcance y profundidad de los servicios prestados, la consultoría mexicana es en general una industria joven.

El mismo estudio del Banco Inter-Americano de Desarrollo, identifica los Sectores y Sub-sectores de la industria consultora en México, ubicando en el Sector de Manejo de la Empresa, el Sub-Sector de Recursos Humanos. Indicando que, si bien existen empresas consultoras globales, también hay una representatividad de empresas pequeñas de alta especialización profesional.

De igual manera, segmenta los tipos de servicios de las empresas consultoras, como: estándares, a la medida, de especialidad y excepcionales. Que en el mismo orden transitan de un esquema de baja diferenciación, con muchos proveedores, de ejecución, alto apalancamiento y margen de ganancia bajo, hacia un estado máximo de alta diferenciación, con pocos proveedores, a nivel de diagnóstico, bajo apalancamiento y alto margen.

Generalmente también ubicados en el mercado de consultores o prestación de servicios profesionales, se encuentran **empresas de mayor especialización**, cuyo giro económico, se desarrolla entorno al reclutamiento y desarrollo de personal.

En este rubro se encuentran las agencias de empleos, que son compañías que establecen conectividad entre las vacantes que los clientes comunican periódicamente y los candidatos a ocupar dichas vacantes. Estos candidatos se obtienen mediante publicidad u ofertas espontáneas. En este esquema generalmente la agencia solicita al candidato se presente directamente en las oficinas de personal de la compañía contratante, donde el pago a la agencia proviene ya sea del contratante o del candidato, y la tarifa varía entre el monto de un mes de sueldo o el 10% del ingreso anual del empleado.

Existen también las compañías de identificación de personal a nivel ejecutivo, en este caso se trata de niveles de mayor especialización pues se enfocan a recursos humanos específicos, a cambio de un pago cubierto totalmente por la compañía contratante, donde generalmente se busca personal de alto nivel, o identificación de perfiles técnicos o científicos. Estas compañías operan mediante búsquedas activas entre los empleados de otras organizaciones.

Este trabajo lo hacen sólo empresas especializadas y se realiza por orden de los clientes, ya que muchas veces los perfiles deseados están contratados en otras compañías, así que hay que ofrecerles un portafolio mejor que el que están recibiendo actualmente.

Este modelo de negocio, se incluyen algunas empresas de las conocidas como “.com”, que aprovechando las nuevas tecnologías, recurren a las plataformas en Internet para la búsqueda de personal y talento humano, conectando la oferta laboral con los posibles candidatos (por ejemplo, OCC, Monster y Manpower).

## 2.9 Expectativas de clientes potenciales IN\_HOUSE

Como parte del estudio de mercado realizado para Ludus, se condujo una investigación exploratoria entre empresas con relación su estilo de evaluación y sus expectativas acerca del servicio.

El tamaño de muestra y su distribución, por plaza pueden observarse en la figura 3. Indicándose su tamaño.

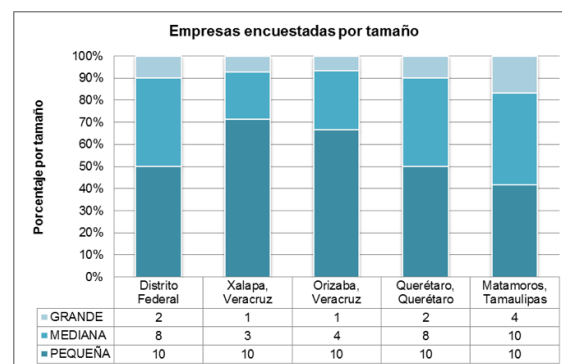


Fig. 3. Empresas encuestadas por tamaño y plaza.

Para ello se integró una muestra no probabilística por el método de muestreo discrecional, con empresas en las principales plazas incluidas en el piloto del servicio (D.F. – 21%, Xalapa Ver. – 15%, Orizaba Ver. - 16% , Querétaro Qro. – 22% y Matamoros Tam. 26%, donde ha incursionado Tryouts y tiene expectativas de extensión.

La clasificación de empresas, se ha especificado con base a los parámetros de la Secretaría de Economía (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2004), pero en el estudio se consolidaron las micro y las pequeñas empresas, bajo el nombre de “pequeña”. De tal forma que la muestra incluyó 54% empresas pequeñas, 35% medianas y 11% grandes empresas. Las empresas encuestadas según su

giro, fueron: 21% servicios, 33% industria y 46% comercial.

Se aplicó un cuestionario con 5 preguntas, resultando que los estilos más comunes de evaluación de conocimientos y habilidades técnicas/tecnológicas, son los mostrados en la figura 4.

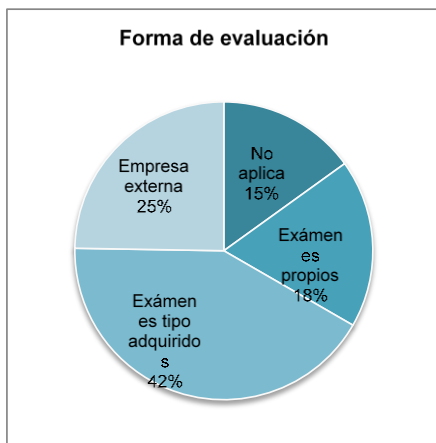


Fig. 4. Formas de evaluación más utilizadas.

El estudio identificó un 52% de aceptación a la contratación de un servicio de evaluación para efectos de contratación en línea, condicionado principalmente a factores como: costo, inclusión de equipo de cómputo para dicho proceso, capacitación adecuada y la autorización como política por parte de los altos directivos.

De igual manera entre las restricciones de entrada para aquellos que no manifestaron interés, se ubicaron razones como: el que consideran suficiente el proceso aplicado actualmente, que cuentan con un servicio equivalente, las restricciones de acceso tecnológico y la falta de confianza en dicho modelo.

Dentro de las expectativas con relación a las funcionalidades esperadas en este tipo de servicio, se encontraron los resultados mostrados en la figura 5. Destacándose en el rubro de otros: que pueda usarse en dispositivos móviles, que permita gestionar la capacitación y escalafón.

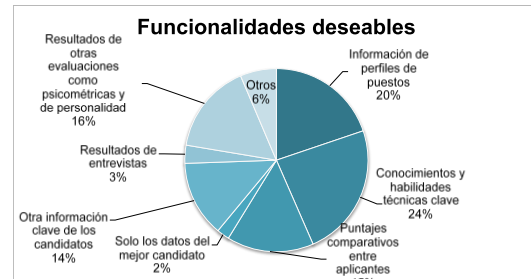


Fig. 5. Funcionalidades que debería cubrir el servicio.

Para la exploración de condiciones que favorecerían la implementación del servicio, destacan en orden de importancia: costo, confiabilidad, las prestaciones adicionales, el soporte, la capacidad de personalización y otros, siendo preponderante que se pudiera conectar con otros programas computacionales con los que ya cuentan.

Es importante destacar que en muchos casos, sobre todo de las pequeñas empresas, desean tener un servicio similar a una bolsa de trabajo, pero considerando necesario, una mejor selección y confiabilidad en la información, de igual manera en servicios como el SNE (Sistema Nacional de Empleo), observan oportunidad pero para puestos de baja categorización, y cuando tratan puestos de mayor especialización, manifiestan que la recomendación personal ha sido el mejor mecanismo para tener mejores candidatos, de igual manera la entrevista, la ponderan como un mecanismo que ellos quieren seguir practicando como último eslabón para la decisión de la contratación.

## 2.10 Expectativas de clientes potenciales OUTSOURCER

Como parte del estudio de mercado, se condujo una investigación exploratoria entre consultoras y consultores independientes, con relación su estilo de evaluación y sus expectativas de mejora para su oferta a través de Ludus. Para ello se integró una muestra no probabilística por el método de muestreo discrecional, con consultores y empresas consultoras en las principales plazas, donde ha incursionado Tryouts y donde tiene expectativas de extensión. El tamaño de muestra y su distribución, por plaza



pueden observarse en la figura 6, indicándose su tamaño.

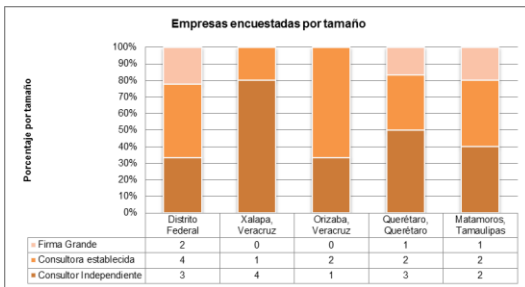


Fig. 6. Consultores encuestados, por plaza.

La muestra se distribuyó en un 32% D.F., 18% Xalapa, Ver., 11% Orizaba Ver., 21% Querétaro Qro. y 18% Matamoros Tam.

Este estudio concluyó que los estilos para evaluación de candidatos a puestos vacantes que requieren conocimiento y habilidades técnicas/tecnológicas, son los que se muestran en la figura 7.

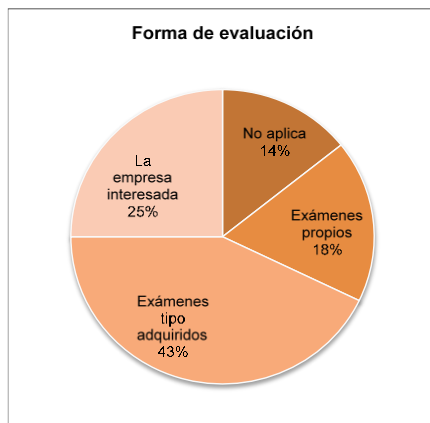


Fig. 7. Formas en las que se efectúa la evaluación.

La intención de interés en el servicio propuesto por Ludus para complementar sus servicios fue un 36% afirmativo, un 43% condicionado y un 21% negativo. Las condiciones principalmente se refieren al costo del servicio, a la flexibilidad para evaluar una gama diversa de perfiles profesionales y sus variantes y a que pudieran evaluar un número alto de candidatos en poco tiempo (escalabilidad).

Dentro de quienes favorecieron la propuesta, se ubica principalmente la razón de que su esquema es suficiente al momento para cubrir sus

necesidades y a la dificultad para comprender la eficacia del mecanismo aplicado por Ludus, en segundo término.

Con relación a las funcionalidades que debería incluir el servicio para ser atractivo para los outsourcers y sus clientes, se encontraron los factores indicados en la figura 8.

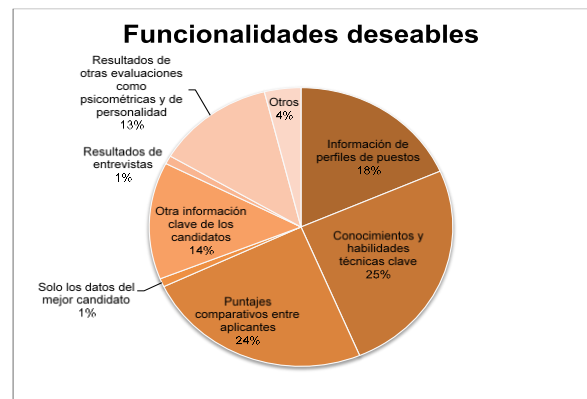


Fig. 8. Funcionalidades que harían atractiva la plataforma.

Y los factores que favorecerían la adquisición del servicio, en orden de importancia son: Que incluya conocimientos y habilidades técnicas clave, puntajes comparativos entre los aplicantes, información de perfiles de puestos, que integre otra información clave respecto a los candidatos (confiabilidad por ejemplo) que incluya resultados de otras evaluaciones, como psicométricas y de personalidad, y en menor medida incluir los resultados de entrevistas y segmentar los datos del mejor candidato.

Definitivamente la principal preocupación observada y anotada por los encuestadores, es no impactar el costo final al cliente y eliminar trabajo repetitivo o voluminoso, así mismo la digitalización de expedientes y la disposición a tomar acuerdos, bajo una alianza estratégica, para que el servicio no les cueste a los prestadores de servicio intermediarios.

### 3. CONCLUSIONES

Dada la problemática en la evaluación de talento humano, para efectos de reclutamiento y selección, y el potencial de los videojuegos serios, la propuesta presentada en el proyecto, incorpora un servicio llamado Ludus bajo tres

modalidades: estándar, extendido y avanzado. Que permiten a las empresas en una plataforma digital en línea, identificar talento humano. Identificándose como competidores pre-existentes en el mercado a las bolsas de trabajo, los reclutadores, las empresas consultoras y las áreas funcionales de RRHH. En las barreras de entrada se identifican como preponderantes el costo y la naturaleza irruptiva del proceso tecnológico implicado, sin embargo los factores relativos a la confiabilidad y la oportunidad para identificar conocimientos y habilidades críticos al desempeño del talento humano en TI, son los principales atractivos.

#### 4. REFERENCIAS

Giacomelli, T.R. (2009). *International Journal of Good Conscience. Las tecnologías de información y su aplicabilidad en el proceso de reclutamiento y selección*, 4(2), 53-96.

Marcano, B. (2008). *Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información. Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital*. 9(3).

Winn, W. (2002) *First International Symposium, Open Education Faculty, Andalou University, Turkey. What can students learn in artificial environments that they cannot learn in class?*. Washington U.S.: University of Washington.

Pérez, J. (2005). *Los videojuegos mejoran la sociabilidad y la "habilidades directivas"*. Recuperado el 15 de febrero de 2012, de [http://www.cadenaser.com/articulo.html?xref=20051222csrsrc\\_rtc\\_2%tyou=Tes](http://www.cadenaser.com/articulo.html?xref=20051222csrsrc_rtc_2%tyou=Tes).

Green, S.Y. y Bavelier, D. (2006). *Journal of Experimental Psychology: Perception and Performance. Effect of Action Video Games on the Spatial Distribution of Visuospatial Attention*. 32(6), 1465,1478.

Back Giuliano, I.; Caramelli, B.; Bartholow, B. & Campos, L. (2009). *Niños con corazones de adultos. Archivos Brasileiros de Cardiologia*, 93 (3).

Vygotsky, Lev (1933) *Play and its Role in the Mental Development of the Child*. Accessible online at <http://www.marxists.org/archive/vygotsky/works/1933/play.htm>. Accessed December 27, 2009.

Piaget, Jean (1962) *Plays, Dreams and Imitation in Childhood*. New York: Norton.

Reiber, L. P. (1996). *Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations, and games*. *Educational Technology, Research and Development*, 44(2), 43-58. doi:10.1007/BF02300540.

Sedeño, A. (2010). *Videojuegos como dispositivos culturales: las competencias espaciales en educación*. *Revista Científica de Educomunicación*, 34, p. 183-189.

Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York, NY: Harper & Row.

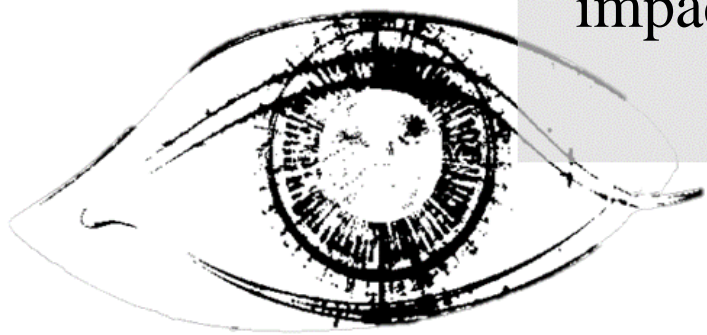
Pin Arboledas, J. R., & Suárez Ruz, E. (2005). *La externalización de la administración de personal una estrategia de recursos humanos*. (I. B. School, Ed.) Madrid, España: Universidad de Navarra.

Chávez Taks, A. A. (2005). *Diseño de un sistema para el manejo de recursos humanos, desde la perspectiva del reclutamiento, selección, contratación y desempeño, en el proceso de dotación de personal*. Tesis Profesional, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, Guatemala, Guatemala.

González Escárcega, O. (18 de Octubre de 2011). *Consultoras, con un largo camino en México*. Recuperado el 12 de Junio de 2013, de *El Universal*: [eluniversal.com.mx](http://eluniversal.com.mx)

Kennedy Consulting Research & Advisory. (29 de Julio de 2010). *El sector de consultoría de México experimenta un impresionante resurgimiento*. (M. Inc., Ed.) Recuperado el 7 de Marzo de 2013, de *News Room*: [http://www.marketwire.com/printer\\_friendly?id=1297386](http://www.marketwire.com/printer_friendly?id=1297386)

## Capítulo III. En busca de un impacto en la sociedad y sectores.



3

# Programa Menos-Bullying: una propuesta para reducir el acoso escolar en adolescentes con características de TDAH

G. Tejeda Hernández<sup>1</sup>, M. Ortiz Bueno<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>. Universidad Veracruzana. Instituto de Psicología y Educación. Agustín Melgar esquina con Juan Escutia C. P: 91100 Xalapa, Veracruz. México. [etairolg230881@hotmail.com](mailto:etairolg230881@hotmail.com)

## RESUMEN

El programa "Menos-Bullying", está basado en el condicionamiento operante. Este programa se probó experimentalmente en alumnos de una escuela Telesecundaria, aplicando una escala de evaluación de TDAH (Trastorno de Déficit de Atención, Hiperactividad e Impulsividad) en adolescentes. Se identificaron alumnos con una o más características de TDAH y se clasificaron según el rol que juegan en el acoso escolar a través de la Escala Víctima-Acosador (EVA) y el algoritmo k-medias de análisis multivariado. La escala EVA se validó con análisis factorial confirmatorio y comparando sus resultados con los de la prueba T-Bull-S aplicada a los individuos identificados con TDAH. De lo anterior se obtuvo un grupo de 70 alumnos (Víctima, Acosador, Víctima-Acosador y al menos una característica de TDAH), formando aleatoriamente los grupos control y experimental con un diseño de pretest y post-test. Se aplicó la Prueba de Competencias sobre Comportamiento y Aprendizaje del Bullying (PCCA-Bull) a ambos grupos. En la fase experimental en el grupo experimental se intervino con el programa Menos-Bullying. Posteriormente, se evaluó el efecto del programa al re-aplicar en ambos grupos las pruebas T-Bull-S, EVA y PCCA-Bull. El análisis estadístico de los resultados indica que el programa disminuye el bullying en educandos y promueve las interacciones sociales entre ellos.

**Palabras Clave:** Adolescentes, bullying, programa de intervención, Trastorno de déficit de atención, hiperactividad e impulsividad (TDAH).

## ABSTRACT

"Menos-Bullying" program is based on operant conditioning. It was tested experimentally students of Telesecundaria 21 de Marzo, using the rating scale ADHD (Attention Deficit Disorder, hyperactivity and impulsivity) in adolescents. Identifying students with one or more characteristics of ADHD. They were classified according to the role they play in bullying through the Victim-Bully Scale (EVA) and the algorithm k-means of multivariate analysis. EVA scale was validated with confirmatory factor analysis and comparing their results with those of the test T-Bull-S applied to individuals identified with ADHD. Getting a group of 70 students (Victim, Bully, Victim-Bully and at least one characteristic of ADHD). Randomly forming the control and experimental groups design with pretest and post-test. Competency Test on Bullying Behavior and Learning (PCCA-Bull) was applied to both groups. In the experimental phase, the experimental group intervened with Less-Bullying program. Assessing the impact of the program to re-apply to both groups the T-Bull-S, EVA and PCCA-Bull test. Statistical analysis of the results indicates that the program reduces bullying on students and promotes social interactions among them.

**Keywords:** Adolescents, bullying, intervention program, attention deficit disorder, hyperactivity and impulsivity (ADHD).

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente docentes, familiares, tutores, autoridades educativas y alumnos; observan cómo los educandos se encuentran inmersos en distintos problemas, los cuales en ocasiones se expresan en forma de agresión hacia otras personas. El proceso enseñanza-aprendizaje resulta afectado y ello se refleja en el aprovechamiento escolar, las relaciones sociales, la salud física y psicológica de los alumnos y personas cercanas. Algunos de los principales problemas que se presentan en los alumnos son el Acoso Escolar y el Trastorno de Déficit de Atención, Hiperactividad e Impulsividad (TDAH) manifestándose tanto a nivel estatal, nacional como internacional. Sin embargo México ocupa el primer lugar a nivel internacional en nivel secundaria [1].

El acoso escolar se ha definido como una serie de conductas violentas que tienen el objetivo de maltratar y abusar de sus iguales; apareciendo esta conducta en algunos casos desde edades muy tempranas -5 o 6 años- hasta después de los 15 o 16 años [2]. Mientras que el TDAH es definido como un patrón de conductas persistentes de desatención y/o hiperactividad-impulsividad, con mayor frecuencia y gravedad que en personas de desarrollo similar, pudiendo aparecer dichos síntomas antes de los 7 años de edad y teniendo como criterio que se manifiesten por lo menos en situaciones como la casa y la escuela [3-4].

Una de las causas del acoso escolar es la constante exposición a los medios masivos de comunicación, la cual se manifiesta en conductas agresivas por parte de niños y adolescentes, teniendo como consecuencia alumnos tanto acosadores como víctimas. Éstos son potenciales adultos con problemas de adaptación social, delincuencia e inclusive intentos de suicidio, entre otros.

Existen diferentes estudios empíricos sobre esta problemática, algunos se enfocan en resolver los conflictos ya establecidos y otros en integrar a toda la comunidad estudiantil [2, 5-7], sin embargo, no se encontraron estudios donde se

proponga una intervención en alumnos con ambas características.

Por lo anterior, surge la necesidad de poner atención a todo aquello que sucede en las escuelas. Hablar de acoso escolar no significa sólo conocer el evento sino abordarlo de la mejor manera. Una de las formas más efectivas de atacar este problema, ha sido la implementación de programas de prevención e intervención en el acoso escolar, los cuales permiten profundizar y abordar el tema desde sus primeros síntomas y cuando ya se ha establecido el conflicto.

Por tal motivo el Programa “Menos-Bullying”, pretende ser un auxiliar en la solución de conflictos relacionados con el acoso escolar en alumnos de educación básica, al tratarse de una propuesta dirigida a nivel básico en particular a secundaria, con el objetivo general de facilitar al educando con una o más características de TDAH, el desarrollo de competencias y la adquisición de conocimientos para disminuir el acoso escolar. A la vez, se promueve el establecimiento de actitudes positivas hacia su persona y compañeros desde la realidad concreta de la escuela. A través del programa se hace una propuesta metodológica para iniciar la intervención y fomentar la empatía y el respeto, así como una selección bibliográfica con referencias de publicaciones de carácter didáctico.

## 2. DESARROLLO

**Participantes:** De los 266 alumnos de la Telesecundaria 21 de Marzo de Xalapa, Veracruz, se identificaron 85 con una o más características de TDAH, y de los cuales 70 alumnos presentaron algún rol en episodios de acoso escolar. Por lo anterior se integraron dos grupos, uno experimental, con 32 alumnos y un control, con 38. Sus edades oscilaron entre los 13 y los 15 años, con una media de 13 años de edad, de los cuales 40 pertenecen al sexo masculino y 30 al sexo femenino. Se estableció como criterio de inclusión que el participante presentara una o más características de TDAH y que desempeñara algún rol en episodios de acoso escolar.

**Situación:** El estudio se llevó a cabo en dos fases: a) para la etapa de diagnóstico se utilizaron los diez salones de la escuela y b) para la etapa de diagnóstico del Acoso Escolar, y de la intervención, se utilizó la biblioteca de la Telesecundaria, así como el patio de la escuela.

**Herramientas y/o instrumentos:** Para la fase descriptiva se utilizaron las siguientes escalas: Escala para la Evaluación del Adolescente con síntomas de TDAH [8] y la Escala de Información General Acoso Escolar T-Bull-S [9]. Para la fase de intervención: Escala Víctima-Acosador (EVA) [10] y Prueba de Competencias sobre Comportamiento y Aprendizaje del Bullying (PCCA-Bull) [11] y el Programa Menos-Bullying. Se utilizó una paquetería Microsoft Office para Mac y Programa R.

Se utilizó un diseño experimental con grupo aleatorizado con pretest-posttest [12].

Tabla 1: Diseño de grupo aleatorizado con pretest y posttest.

	Pretest	Variable Independiente	Posttest
Grupo Control	Y <sub>1</sub>		Y <sub>2</sub>
Grupo Experimental	Y <sub>1</sub>	X	Y <sub>2</sub>

## 2.1 Resultados

Fase descriptiva. A continuación se describen los resultados que dieron pauta a la selección de los alumnos que participaron en el programa. En la Fig. 1 se observa que poco más de una cuarta parte de la población estudiantil presenta al menos una de las tres conductas que conforman el TDAH, mientras que en la Tabla 2, se detallan los porcentajes de conductas que conforman el Trastorno de Déficit de Atención, Hiperactividad e Impulsividad.

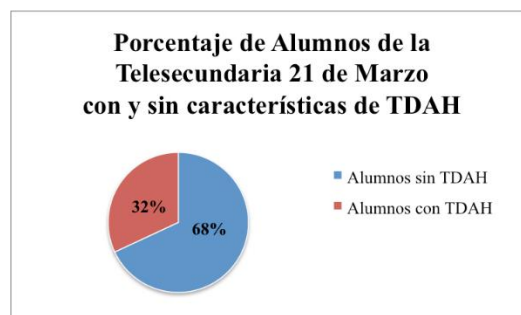


Fig. 10 Resultados de la Evaluación del Adolescente con síntomas de TDAH [8]

Tabla 2: Porcentajes de conductas que conforman el Trastorno de Déficit de Atención, Hiperactividad e Impulsividad.

Conducta	Porcentaje
Falta de atención	53%
Hiperactividad	7 %
Impulsividad	0 %
Falta de atención + Hiperactividad	22%
Falta de atención + Impulsividad	5%
Hiperactividad + Impulsividad	0%
Falta de atención + Hiperactividad + Impulsividad	13%

Ya con los alumnos identificados con una o más características de TDAH, se procedió a la identificación de los educandos que tenían algún rol en episodios de acoso escolar tal como se muestra en la Fig. 2

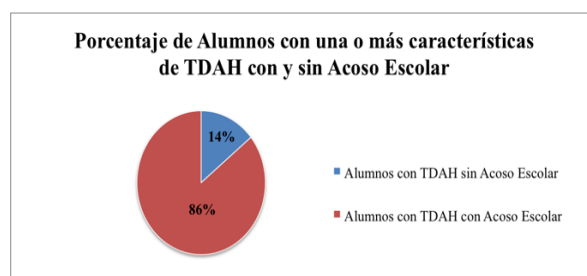


Fig. 2. Alumnos con características de TDAH con y sin presencia de acoso escolar.

De los 85 alumnos que presentaron una o más características de acoso escolar, 70 mostraron

que eran partícipes de episodios de acoso escolar. En la Fig. 3 se muestran los porcentajes de los roles que desempeñan los alumnos de la Telesecundaria 21 de Marzo.

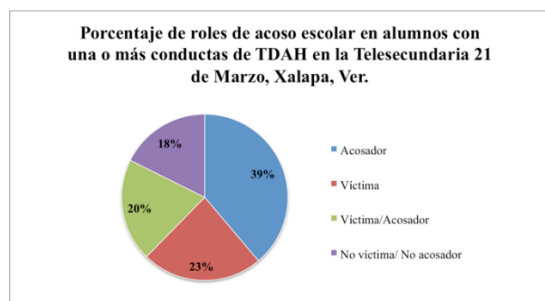


Fig. 3 Porcentaje de los roles de acoso escolar que presentan los alumnos con una o más características de TDAH.

#### Fase de intervención

Para esta fase se obtuvieron las diferencias post-pre observadas en ambos grupos para la prueba PCCA-Bull y la Escala EVA.

**Prueba PCCA-Bull:** En ambos grupos las diferencias son positivas, sin embargo las diferencias en el grupo experimental son mayores que en el grupo control. Se usó la prueba t para dos muestras independientes, para comparar la media de las diferencias del grupo experimental contra la media del grupo control y arrojó un valor-p de 0.0008495 encontrando que la ganancia en respuestas correctas en PCCA-Bull, es significativamente mayor en el grupo experimental que en el grupo control, tal como se muestra en la Fig. 4.

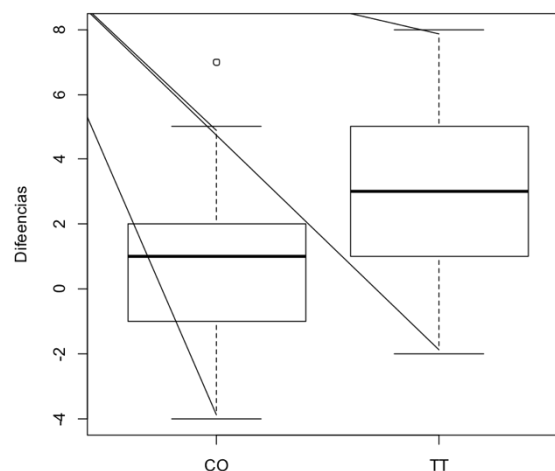


Fig. 4 Diferencias post-pre de los puntajes de la prueba PCCA-Bull.

Mientras que las diferencias post-pre de los puntajes de cada dimensión de la escala EVA tanto para acosador como para víctima en ambos grupos no son significativas como se muestra en las figuras 5 y 6.

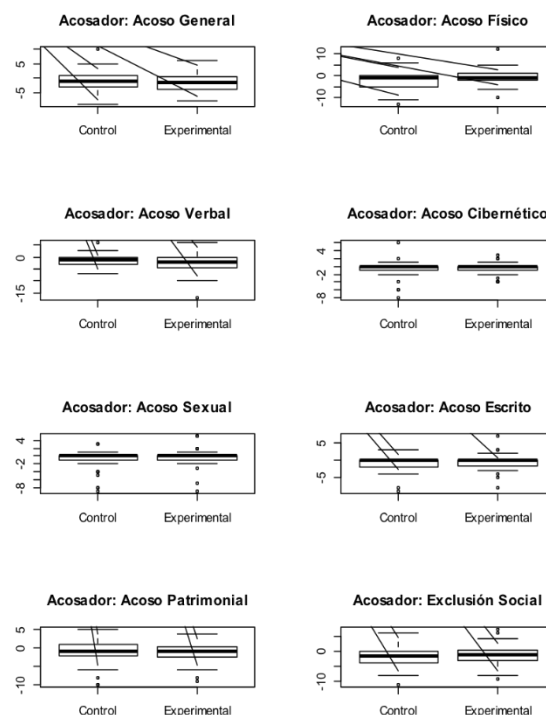


Fig. 5. Diferencias post-pre de los puntajes de la prueba EVA-Acosador.



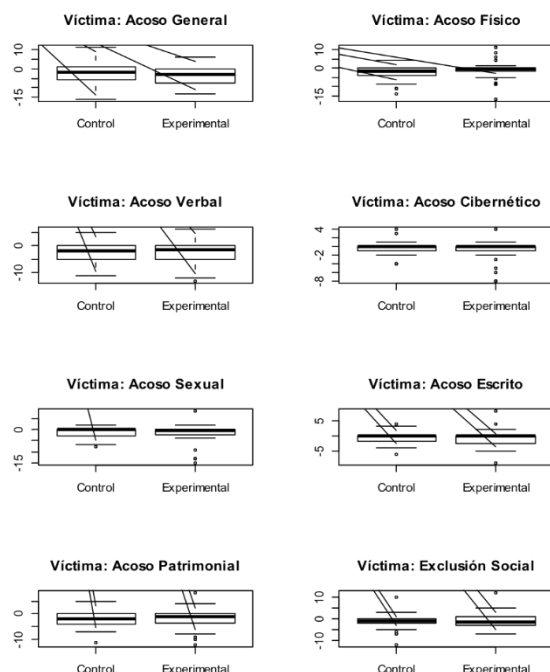


Fig. 6. Diferencias post-pre de los puntajes de la prueba EVA-Víctima.

El análisis de la Escala EVA, tanto para las dimensiones de acosador como para las de víctima, requirió la aplicación de la prueba t-student para comparar las diferencias entre el grupo experimental y el control, dentro de cada una de las dimensiones de la escala EVA-Acosador y EVA-Víctima. La siguiente tabla muestra los valores-p de las pruebas.

Tabla 3: Valores-p de la escala EVA para las categorías de acosador y víctima.

Dimensión	Valor-p
<b>Acosador</b>	
Acoso general	0.3683
Acoso físico	0.1638
Acoso verbal	0.1498
Acoso cibernético	0.9755
Acoso sexual	0.182
Acoso escrito	0.5701
Acoso patrimonial	0.9856
Exclusión social	0.3526
<b>Víctima</b>	

Acoso general	0.239
Acoso físico	0.2405
Acoso verbal	0.7544
Acoso cibernético	0.2244
Acoso sexual	0.8521
Acoso escrito	0.7555
Acoso patrimonial	0.9258
Exclusión social	0.4503

### 3. CONCLUSIÓN

Debido a que sólo se pudo hacer la intervención en la misma escuela que fungió como grupo control y grupo experimental, las amenazas contra la validez externa se vieron afectadas por el efecto de interacción entre el grupo experimental y el control [13]. Sin embargo, se considera que existió un efecto positivo en la disminución de conductas de acoso escolar al observarse el decremento de dichas conductas. Se consideraron variables que podían tener características de tipo universal, sin embargo, no hay que olvidar que cada persona es un ser único y con características individuales [14]

Por otra parte, cabe apuntar que debido a que la disminución de reincidencia en las conductas del agresor y de la víctima son similares en ambos grupos, se requiere un mayor número de sesiones y con un intervalo mayor entre ellas. Además de involucrar activamente a padres y maestros en estas intervenciones, no sólo como apoyo, sino como foco del mismo problema. Y se propone un seguimiento ya que la mayoría de los trabajos de investigación sobre esta problemática tienen como propósito contrastar su validez, y no su aplicabilidad a la vida cotidiana.

### 5. REFERENCIAS

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (04 de mayo del 2013). México, primer lugar en casos de bullying: OCDE México: Notimex. Recuperado de <http://www.aztecanoticias.com.mx/notas/seguridad/153627/mexico-primer-lugar-en-casos-de-bullying-ocde>

Albore-Gallo, L. Saucedo-García, J. Ruíz-Velazco, S. Roque-Santiago, E. (2011). El acoso escolar (bullying) y su asociación con otros trastornos psiquiátricos en una muestra de escolares en México. México: Salud Pública.

American Psychiatric Association. (2003). DSM-IV-TR Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales IV. Barcelona: Masson.

Miranda, A. (2011). *Manual Práctico de TDAH*. España: Editorial Síntesis.

Olweus, D. (1993). *Bullying at School. What we know and what we can do*. Oxford: Blackwell. (Traducción castellana "Conductas de acoso y amenaza entre escolares"). Madrid. Morata. 199

Barri, F. (2010). *SOS BULLYING. Prevenir el acoso escolar y mejorar la convivencia*. España: Wolters Kluwer España, S. A.

Castro, A. y Reta, C. (2014). *Bullying blando, bullying duro y cyberbullying. Nuevas violencias y consumos culturales*. Argentina: Homo Sapiens Ediciones.

McConnell, K., Ryser, G., y Higgins, J. (2000). *Practical Ideas that Really Work for Students with ADHD*. Austin, Texas: PRO-ED. Traducida por Salas, M. (2005).

Cerezo, F. (2000 / 2002). *Bull-S. Test de Evaluación de la Agresividad entre Escolares*. Madrid: Albor-Cohs.

Tejeda, G. (2015). *Escala Víctima-Acosador (EVA)*. México.

Tejeda, G. (2015). *Prueba de Competencias sobre Comportamiento y Aprendizaje del Bullying (PCCA-Bull)* México.

Ary, D. Jacobs, Ch. L., Razaviech, A. (1987). *Introducción a la Investigación Pedagógica*. México: Interamericana.

Campbell, D. y Stanley, J. (1978). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Argentina: Amorrortu editores.

Becker, W. (1989). *Los padres son maestros: programa de manejo infantil*. 2ª ed. México: Trillas.

# Cirugía Personalizada de la Cornea con Laser Guiada por el Frente De Onda.

S. Vázquez y Montiel. Puebla, México

Consultor Independiente.

[sergiovazquez6969@gmail.com](mailto:sergiovazquez6969@gmail.com)

7

## RESUMEN

En este trabajo se explica en qué consiste la cirugía personalizada de la cornea usando un laser guiado por el frente de onda. Este tipo de cirugía pretende corregir las aberraciones de bajo orden y las de alto orden. Se presenta una ecuación de ablación alternativa a la ecuación de Munnerlyn, esta nueva ecuación permite obtener perfiles complicados de ablación que no son posibles con los algoritmos usados con la ecuación de Munnerlyn.

Palabras Clave: cirugía, cornea, laser, ablación.

## ABSTRACT

This paper explains what constitutes custom corneal surgery using a guided wavefront laser. This surgery aims to correct the aberrations of low order and high order. An equation of the equation alternative to Munnerlyn ablation is presented, this new equation allows for complex ablation profiles that are not possible with the algorithms used to equation Munnerlyn.

Keywords: surgery, corneal, laser, ablation.

## 1. INTRODUCCIÓN

El ojo humano es uno de los órganos mejor contruidos por la naturaleza, transmite la información del mundo que nos rodea al cerebro mediante la detección de la intensidad y el color de la luz. Sin embargo, como sistema óptico el ojo humano muestra su imperfección por la existencia de aberraciones oculares. Por efecto de estas aberraciones, las imágenes formadas en la retina son borrosas, resultando en una degradación del funcionamiento visual, afectando los parámetros clínicos más prominentes, la agudeza visual y la sensibilidad al contraste.

Las aberraciones oculares se dividen en las de bajo orden conocidas como errores esfero-cilíndricos y aberraciones de alto orden llamadas errores de irregularidades. Tradicionalmente, el error esfero-cilíndrico ha sido corregido con anteojos, más recientemente, las lentes de contacto y lentes intraoculares también se han utilizado para corregir las aberraciones oculares de bajo orden.

En 1983, el Dr. Steven Trokel[1] propuso usar la ablación del tejido de la córnea humana utilizando láseres excimer con una frecuencia de 193 nm. En 1985, el Dr. Theo Seiler realizó el primer procedimiento de queratectomía fototerapéutica en Alemania. Posteriormente, en 1988, el Dr. Marguerite McDonald realizó la primera queratectomía fotorrefractiva (PRK) en un ojo humano en los Estados Unidos. En 1989, el Dr. Loannis Pallikaris[2] lleva a cabo la primera cirugía LASIK en ojos humanos en Grecia. Hoy en día, el LASIK es el procedimiento más popular [3] para la cirugía refractiva. Como tal, la corrección de la visión con láser se ha convertido en un medio popular y eficaz para la corrección de la visión. Se estima que unos pocos millones de procedimientos de corrección de la visión con láser se realizan en el mundo cada año en el momento de escribir este artículo.

Frente de Onda Óptico y Corrección de la Visión.

Con el tiempo la corrección de la visión con láser se ha ido haciendo más y más popular y sus procedimientos han ido mejorando. Sin embargo, mayores expectativas de los consumidores llevaron a los fabricantes de láseres de refracción a una mayor innovación tecnológica. Al mismo tiempo, la investigación en la corrección de las aberraciones oculares de

alto orden en ojos humanos ha estado muy activa.

A principios de 1990, el Dr. Junzhong Liang, entonces estudiante de doctorado del Prof. Josef F. Bille de la Universidad de Heidelberg, Alemania, desarrolló el primer sensor de frente de onda Hartmann-Shack para mediciones de las aberraciones oculares [4]. La tecnología para la detección del frente de onda es una clave para la aplicación de la óptica adaptativa (AO) que los astrónomos han utilizado durante varias décadas para compensar la degradación de las imágenes estelares por la turbulencia atmosférica. A mediados de la década de 1990, el primer sistema de AO para la visión fue desarrollado en el laboratorio de Profesor David R. Williams para obtener imágenes de la retina de alta resolución [5]. Con el sistema de AO, la súper visión se convirtió en una posibilidad [6], esto permitió observar los conos individuales y con ello se identificaron distintas clases de conos [7], el éxito logrado al combinar la detección del frente de onda y la óptica adaptativa en laboratorios de investigación inspiró a la industria de la cirugía refractiva a desarrollar una metodología para la corrección de la visión usando láser y guiada con el frente de onda.

A principios de los años 2000, varios de los principales fabricantes de láser de refracción habían obtenido aprobaciones [8] de la Food and Drug Administration de los Estados Unidos (FDA) para procedimientos LASIK guiados por el frente de onda. La disponibilidad de algoritmos de ablación más precisos y las mediciones de las aberraciones oculares potencialmente permite mucho mejores resultados visuales, con esto se impulsó el interés de la corrección de la visión con láser a un nuevo nivel. Mientras tanto, los principales fabricantes de láser de refracción han desarrollado una serie de tecnologías avanzadas en conjunción con las tecnologías anteriores, como la entrega de puntos de láser de barrido y sistemas lineales de seguimiento de los ojos. Estas nuevas tecnologías incluyen perfiles inteligentes para el tratamiento, el control de la energía del láser dependiente de su ubicación, el

registro del iris, la reconstrucción del frente de onda con técnicas de Fourier, el seguimiento del ciclo-torsional, y un tratamiento asistido por la topografía corneal y el frente de onda [9].

Tradicionalmente, los problemas en la óptica visual han sido tratados con la óptica geométrica. Por ejemplo, se han desarrollado varios modelos del ojo para analizar diferentes problemas de refracción. Aunque algunas aberraciones clásicas, tales como el desenfoque, astigmatismo, coma y la aberración esférica se pueden calcular con la óptica geométrica, no siempre es una tarea sencilla. Por otra parte, algunos de error irregulares diferentes a las aberraciones clásicas no pueden ser modelados fácilmente con la óptica geométrica. Además, la resolución en el cálculo de las aberraciones oculares depende del número de rayos que se trazan aumentando el costo computacional.

Como una alternativa a la óptica geométrica, actualmente se abordan los tópicos de la óptica visual con un análisis funcional de las aberraciones oculares, sobre todo con el enfoque de la corrección de la visión. La base es la representación analítica de las aberraciones oculares con un conjunto de polinomios ortonormales, tales como los polinomios de Zernike o las series de Fourier. La principal ventaja de un tratamiento de este tipo es que la resolución de las aberraciones oculares puede ser arbitrariamente alta debido a la naturaleza de análisis de las funciones ortonormales. Por lo tanto, las aberraciones oculares, desde el momento en que se miden, a su representación, a la forma en que se manipulan y se propagan y como se corrigen, pueden todos estos procedimientos ser tratados analíticamente.

Para la corrección de la visión con láser, hay cuestiones que pueden o no pueden ser tratables con la óptica del frente de onda. Por ejemplo, la biomecánica del flap y el proceso de curación pueden ser examinados mejor con modelos mecánicos de la córnea. Aun así, el resultado final del efecto de la biomecánica y la curación después de una cirugía de refracción es el cambio de la forma de la córnea, que se puede

representar muy bien con frentes de onda oculares.

El objetivo para diferentes enfoques de corrección de la visión es el mismo, y es corregir las aberraciones oculares. Con el beneficio potencial de los procedimientos personalizados en cirugía refractiva, lentes de contacto y lentes intraoculares las empresas están buscando la aceptación de las lentes de contacto y lentes intraoculares personalizadas. Por esta razón, los temas tratados aquí pueden ser útiles para las personas no sólo en el campo de la cirugía refractiva, sino también a las personas en los campos de las lentes de contacto y lentes intraoculares, e incluso lentes oftálmicas.

## 2. DESARROLLO

### Principio de Corrección Personalizada de la Visión con Cirugía Laser.

Para la corrección de la visión con cirugía láser, la ecuación de Munnerlyn proporciona una solución a los perfiles de ablación del error de refracción esfero-cilíndrica basado en la óptica geométrica [10].

Sin embargo, cuando las aberraciones oculares de alto orden también se deben corregir, todo el frente de onda de las aberraciones oculares debe ser corregido. La base para la corrección de frente de onda es la conjugación de fase, este tópico fue presentado por Vázquez [10].

#### Corrección Dirigida por el Frente de Onda.

Cuando se consideran las aberraciones oculares de alto orden, la ecuación Munnerlyn no es adecuada para determinar el perfil de ablación. Para corregir la totalidad de las aberraciones oculares, incluyendo las de orden inferior y las aberraciones de alto orden, el mapa del frente de onda ocular puede ser capturado por un sensor del frente de onda, como un aberrómetro. Con el uso del principio de la conjugación de fase, el perfil de ablación es simplemente el inverso del mapa del frente de onda, multiplicado por el factor de  $1/(n-1)$  para tener en cuenta el perfil de ablación de tejido dentro de la zona óptica.

Zonas de transición similares como en los perfiles de Munnerlyn pueden ser utilizados para suavizar la transición a la potencia cero a lo largo de la periferia de la zona de ablación.

La figura 1(a) muestra un ejemplo del frente de onda, y la figura 1(b) muestra el perfil de ablación guiado por el frente de onda. Cuando el frente de onda indica un retardo de fase en un punto, puede ser visto como un valle en el mapa del frente de onda.

Por lo tanto, tenemos que extirpar más tejido en ese punto para aumentar la longitud del camino óptico y así compensar el retardo de fase. Como tal, no habría un pico en el perfil de ablación, por lo que la forma de la ablación se invierte.

El factor de  $1/(n-1)$  simplemente convierte la diferencia de camino óptico en profundidad en el tejido.

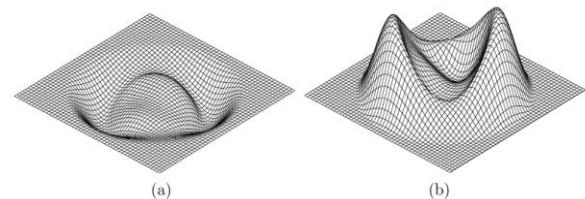


Figura 1. Perfil de ablación dirigido por el frente de onda. (a) Perfil del frente de onda; (b) perfil de ablación del tejido. Nótese la diferencia de inversión y magnitud entre los dos perfiles.

#### Ecuación de Ablación.

Cuando un frente de onda ocular se mide con un dispositivo del frente de onda, el perfil de ablación puede obtenerse simplemente multiplicando el factor de conversión de  $1/(n-1)$  del perfil de frente de onda para el perfil de tejido de la córnea. Este perfil de tejido debe generarse con equipos que generen pulsos de láser de modo que el efecto óptico deseado de conjugación de fase se pueda lograr después de la ablación. Este problema de la organización de pulsos de láser para producir el perfil de ablación deseado se resuelve con la ecuación de ablación, dada por

$$W(x, y) = \sum_{i=1}^N F_i(x - x_i, y - y_i) \quad (1)$$

donde  $N$  es el número total de pulsos de láser,  $F_i$  es el perfil de tejido extirpado por el  $i$ -ésimo pulso de láser,  $x_i$  y  $y_i$  son las distancias de escaneo del  $i$ -ésimo pulso de láser en las direcciones  $x$  y  $y$ , respectivamente. Lo que la ecuación (1) indica es que es posible utilizar diferentes tamaños de pulsos del láser en las diferentes posiciones para crear el patrón de ablación.

Esto es análogo a la construcción de una pared con piedras irregulares. Se permite usar diferentes tamaños de piedras para la construcción del muro para obtener la menor cantidad de huecos entre las piedras.

Si el perfil del tejido extirpado  $F_i$  es independiente del número de secuencia  $i$ , el tipo de láser se llama un escaneo laser de tamaño fijo (SFS por sus siglas en ingles). Por otro lado, si el perfil  $F_i$  se puede cambiar de pulso a pulso, el tipo de escaneo láser se llama de punto variable (VSS por sus siglas en ingles).

La ventaja del láser de VSS es el alto grado de libertad en la selección de los tamaños de pulsos láser para adaptarse a cualquier forma de ablación. Sin embargo, la solución de la ecuación (1) es en general mucho más difícil para los láseres de VSS.

Perfil ajustado con recocido simulado (Simulated Annealing)

Cuando el perfil de tejido extirpado tiene forma fija, la ecuación (1) se puede simplificar como

$$W(x, y) = \sum_{i=1}^N F(x - x_i, y - y_i) \quad (2)$$

La ecuación (2) dice que sólo se puede utilizar pulsos de láser de un solo tamaño para formar el perfil de ablación. La solución de la ecuación (2) se puede lograr mediante un ajuste de mínimos cuadrados.

Sin embargo, para la técnica VSS un ajuste de mínimos cuadrados normal no puede resolver la

ecuación (2), ya que existen demasiados grados de libertad en la ecuación. Vamos a hacer una estimación simple. Supongamos que restringimos la resolución de escaneo de los pulsos del láser a 0,1 mm. Para una pupila de 8 mm, puede haber  $80 \times 80 \times \pi/4 = 5000$  posibles posiciones de barrido. Supongamos, además, que la resolución del tamaño del punto es de 0,01 mm, y el tamaño del punto varía entre 0,5 mm y 6,5 mm, lo que resulta en 600 posibles tamaños de punto. Por lo tanto, el total de grados de libertad es tan alto como  $5000 \times 600 = 3000000$ . Con tantos grados de libertad, se debe utilizar un algoritmo de optimización sofisticado.

El método de recocido simulado [11] se ha utilizado para resolver problemas de optimización multidimensionales. Este algoritmo es eficaz en la búsqueda de un mínimo global cuando hay una serie de mínimos locales en el espacio de búsqueda.

El recocido simulado se inspiró y nombró en la técnica de recocido de la metalurgia, donde los metales se calientan a una temperatura alta y posteriormente se enfrían durante un período de tiempo controlado.

El calor hace que los átomos se desvíen de sus posiciones iniciales y vagan al azar a un nuevo estado de mayor energía.

Cuando el metal se enfría lentamente y controladamente, los átomos pueden alinearse ordenadamente al estado de energía mínima. Este proceso reduce defectos en el metal.

Por otro lado, si el metal se enfría rápidamente, los átomos no pueden alinearse ordenadamente para alcanzar el estado de mínima energía, debilitando la estructura del metal.

El cuadro 1 muestra un pseudocódigo para el algoritmo de recocido simulado. A partir de un estado inicial, se obtienen la energía inicial y la temperatura.

A continuación, una selección al azar de la solución "más cercana" da la nueva energía. La

nueva temperatura se obtiene por la elección de un factor de reducción de la temperatura.

En general, el algoritmo se ejecuta en una dirección hacia abajo, es decir, al estado de menor energía. Sin embargo, también permite los movimientos de subida para evitar que se detenga en los mínimos locales, siempre y cuando la probabilidad sea menor que la distribución de probabilidad de Boltzmann.

La adopción del algoritmo de recocido simulado para resolver la ecuación de la ablación de los láseres de tipo VSS ha dado sus frutos. Con este algoritmo incorporado para VSS, este tipo de láseres son capaces de crear formas de ablación muy complejas que son esenciales para la cirugía refractiva personalizada guiada por el frente de onda [12].

Cuadro 1. Pseudo código del algoritmo de recocido simulado

```

s := s0; e := E(s); t := t0 // Init state, energy, temperature
i := 0 // Count
while i < imax and e > emax // Downhill in general
  sn := neighbor(s) // Pick some neighbor
  en := E(sn) // New energy
  tn := factor * t // New temperature
  delta := E(s) - E(sn) // Energy reduction
  P := exp(delta/tn) // Current probability
  if random() < P then // Possible uphill accepted
    s := sn; e := en; t := tn // Yes, change state
    i := i + 1 // Increment
  end
end
return s // Return value

```

### 3. CONCLUSIONES.

Se explico la diferencia entre la cirugía LASIK y la cirugía laser guiada por el frente de onda, la ventaja de este nuevo tipo de cirugía es que se pueden corregir las aberraciones de bajo y alto orden. Para este tipo de cirugía se requieren láseres pulsados que puedan controlar la posición y el tamaño de los puntos donde se posiciona el laser para escanear, este tipo de control necesita de nuevos algoritmos de ablación, las ecuaciones correspondientes necesarias para estos algoritmos fueron presentadas y explicadas.

### 4. REFERENCIAS

- [1] S. L. Trokel, R. Srinivasan, and B. Braren, "Excimer laser surgery of the cornea," *Am. J. Ophthalmol.* 96, 710–715, (1983).
- [2] I. G. Pallikaris, M. E. Papatzanaki, C. S. Siganos, and M. K. Tsilimbaris, "A corneal flap technique for laser in situ keratomileusis: human studies," *Arch. Ophthalmol.* 109, 1699–1702, (1991).
- [3] R. J. Duffey and D. Leaming, "US trends in refractive surgery: 2004 ISRS/AAO survey," *J. Refract. Surg.* 21, 742–748, (2005).
- [4] J. Liang, B. Grimm, S. Goelz, and J. Bille, "Objective measurement of the wave aberrations of the human eye with the use of a Hartmann-Shack wavefront sensor," *J. Opt. Soc. Am. A* 11, 1949–1957, (1994).
- [5] J. Liang and D. R. Williams, "Aberrations and retinal image quality of the normal human eyes," *J. Opt. Soc. Am. A* 14, 2873–2883, (1997).
- [6] J. Liang, D. R. Williams, and D. T. Miller, "Supernormal vision and high-resolution retinal imaging through adaptive optics," *J. Opt. Soc. Am. A* 14, 2884–2892, (1997).
- [7] A. Roorda and D. R. Williams, "The arrangement of the three cone classes in the living human eye," *Nature* 397, 520–522, (1999).
- [8] <http://www.fda.gov/cdrh/LASIK/lasers.htm>.
- [9] J. F. Bille, C. F. H. Harner, and F. H. Loesel, eds., *Aberration-free Refractive Surgery: New Frontiers in Vision*, 2nd ed. (Springer, Berlin, 2004).
- [10] Sergio Vázquez y Montiel, Lizbeth Angelica Castañeda Escobar, "FUNDAMENTOS DE LA CORRECCIÓN REFRACTIVA EN EL OJO CON CIRUGÍA LÁSER", *ImagenÓptica*, año 16, VOL. 16, ENE-FEB, MÉXICO, 2014.
- [11] W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. Vetterling, and B. P. Flannery, *Numerical recipes in C++* (Cambridge University Press, 2002).
- [12] E. Gross and S. Somani, "Variable Spot Scanning and Wavefront-Guided Laser Vision Correction," in *Aberration-Free Refractive Surgery: New Frontiers in Vision*, 2nd ed., J. F. Bille, C. F. H. Harner, and F. Loesel, eds. (Springer, Berlin, 2003), 171–192.

Currículo corto del autor

Doctor en Ciencias con Especialidad en Óptica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. Líneas de investigación: Óptica Biomédica, Ingeniería Óptica, Energía Solar.



Autores particulares por artículos



**Aplicación De La Teoría Triz En El Desarrollo De Un Nuevo Producto En La Empresa "Solo Café De Calidad S. De R. L. De C. V.**

Cerdán María Angélica  
Flores Aguilar Adriana  
Josué Abraham Moreno Ortega  
Rivera Aguirre Lisseth

**Cirugía Personalizada De La Cornea Con Laser Guiada Por El Frente De Onda**

Vázquez Y Montiel Sergio

**Control Y Monitoreo De Señales Por Radio Frecuencia En El Proceso De Purificación Del Agua**

Domínguez Reyes Ana Gabriela  
Guevara Valenzuela Ana Karen  
García González Irma Angélica

**Diseño Y Construcción De Un Prototipo De Submarino Autónomo**

Marcos Picazo José Antonio  
Martínez Herrera Juan Carlos  
Olguín Media Juan Manuel  
Reyes Vázquez Daniel

**Esferómetro Digital**

Castañeda Escobar Angélica Lizbeth  
Tejeda Yépez Danielle Lucero  
Magaña Velasco Joselyn

**Estructura Y Dinámica De Partículas Coloidales Esféricas En Capas Paralelas**

Priciliano De La Mora Manuel Ralero  
Ruiz Hernández Iliana Monserrat  
Castañeda Priego Ramón  
Herrera Velarde Salvador

**Germinación De Las Semillas De Jitomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill. Vs Grande)**

González De La Tijera María Margarita  
Juárez Méndez Mari Toña  
Sánchez Gómez Nelly  
González Reyes Alfredo Alberto

**Ordenamiento Y Difusión De Partículas Con Interacción Tipo Columb En Canales Unidimensionales**

Castañeda Priego Ramón  
Contreras Zavaleta Angélica  
Olivares Martínez Ana Laura

**Pastillero Electrónico L0g Para Ayuda A Apego A Tratamiento Medico**

Landa García María Lourdes

**Producción De Hidrogeno. Una Revisión**

Castañeda Escobar Lizbeth Angélica

Aguirre Vélez Carlos Israel

Acosta Retureta Luis Alberto

**Proyecto De Recuperación De Agua Pluvial, Para Abastecer De Agua Los Diferentes Proyectos De Investigación Que Así Lo Requieran.**

González Reyes Alfredo Alberto

**Programa De Menos Bullying: Una Propuesta Para Reducir El Acoso Escolar En Adolescentes Con Características De TDAH.**

Ortiz Bueno Martin Luis

Tejeda Hernández Gloria Teresa

**Reclutamiento Y Selección De Personal En Ti Por Medio De Videojuegos Serios, Perspectiva Para Entrada De Una Nueva Tecnología.**

Alor Hernández Giner

López Capistran Andrés

Manuel Priciliano Ralero De La Mora

María Angélica Cerdán

Posada Gómez Rubén

Sánchez Cruz Elida

Rivera Aguirre Lisseth

**Reloj Rutinario Para Niños Con Autismo**

Estrella Damayanty Muñoz Campos

**Seguidor De Línea De precisión Y Obstáculos (Pichibot)**

Martínez Ramírez Fernanda

**VIATOR: Sistema Digital Para Gestión De Publicidad Móvil De Turismo Y Recreación En Xalapa**

Alba Hernández Omar

Rodríguez Hernández José Roberto

Lagunés Barradas Virginia

Sánchez Cortes Felipe Martin

**Resultados de Investigación en Ciencia, Ingeniería y Sociedad VOLUMEN 1 – Una Aplicación en Ingenierías, se terminó de editar en el mes de marzo de 2016, en el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, en 5ª. Sección de la Reserva Territorial S/N, Col. Santa Bárbara, CP 91096, Xalapa-Enríquez, Veracruz.**

**El tiro consta de 100 publicaciones digitales en CD-ROM.  
<http://www.itsx-edu.mx>.**



## FONAGE 2015



**Resultados de Investigación en Ciencia, Ingeniería y Sociedad. Libro en formato digital, disponible en CD-ROM y descargable en <http://www.itsx.edu.mx>.**

**ISBN 978-607-8212-06-4**