



REVISTA  
**TECNOLOGÍA**  
DIGITAL

“Semillero de Investigadores”

ISSN: 2007-9400

“Tecnología para la sociedad”

Índice LatIndex: Folio 23658

[www.revistatecnologiadigital.com](http://www.revistatecnologiadigital.com)

Desde 2011

Volumen Número

6 1

Año 2016

## CONSEJO EDITORIAL.

### **Presidente. Dr. Héctor Guerra Crespo.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
hgcrespo@hotmail.com

### **Secretario. M.C. Walter Torres Robledo.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
waltertorres@elgrupo.mx

### **Editor de forma. M.C. Octario Ariosto Rios Tercero.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
oarios\_oarios@yahoo.com.mx

### **Editor de forma. M.C. Imelda Valles López.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
imevalles@yahoo.com.mx

### **Editor traductor. Dr. Daniel Samayoa Penagos.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
samadaniel@hotmail.com

### **Editor traductor. Dra. Magdalena Guerra Crespo.**

Instituto de Biotecnología de la UNAM, Cuernavaca Morelos.  
magdagmx@hotmail.com

### **Editor traductor. Dra. María Candelaria Gutiérrez Gómez.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
magutz\_03@hotmail.com

### **Vocales:**

Universidad Gral. Pablo Guardado Chávez. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

**M.C. Galdino Belisario Nango Solís.** gbnango@hotmail.com

Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

**Dra. Rebeca Garzón Clemente.** rebeca\_garzon@hotmail.com

## **Revista Tecnología Digital.**

Índice LatIndex: 23658.

ISSN: 2007-9400.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Carretera Panamericana Km. 1080.

C.P. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Departamento de Sistemas y Computación.

01-961-6150461 Ext. 319

[www.revistatecnologiadigital.com](http://www.revistatecnologiadigital.com)

## **Editor Responsable.**

Editorial Tecnología Didáctica®.

Dr. Héctor Guerra Crespo.

Registro del padrón de editores: 970-94054 de fecha 22-junio-2004.

Palenque 139 Col. ISSSTE, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

C.P. 29060, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

[www.tecnologiadidactica.com](http://www.tecnologiadidactica.com)

## COMITÉ DE ARBITRAJE.

### **Dr. Francisco José Abad Cerdá.**

Universidad Politécnica de Valencia, España.

Doctor en Informática, Universidad Politécnica de Valencia.

### **Dr. Emilio Camahort.**

Universidad Politécnica de Valencia, España.

Doctor of Philosophy (PhD), The University of Texas at Austin, Austin, TX, USADr.

### **Dr. Jorge Luis Camas Anzueto.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Dr. en Ciencias con especialidad en Óptica, INAOE, Puebla, México.

### **Dr. Luis Enrique Colmenares Guillen.**

Universidad Autónoma de Puebla.

Dr. en Ciencias con especialidad en Sistemas Distribuidos por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona España.

### **Dr. Iván Antonio García Pacheco.**

Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca.

Doctor en Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería de Software, Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid.

### **Dr. Enrique Guzmán Ramírez.**

Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca.

Doctor en Ciencias de la Computación, Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.

### **Dr. Alejandro Medina Santiago.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas,

Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, Cinvestav-IPN, Unidad México.

### **Dr. Antonio Orantes Molina.**

Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca.

Doctor en Sistemas Automáticos, Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas (INSA), Toulouse, Francia

### **M.C. Gustavo Alberto Rovelo Ruiz.**

Universidad Politécnica de Valencia.

Máster en Inteligencia Artificial. Universidad Politécnica de Valencia, España.

### **M.C. Eva Valdez Alemán.**

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Estado de México, México.

Maestra en Ciencias de la Educación, Universidad del Valle de México. Campus Lomas Verdes.

**Revista Tecnología Digital.** Año 6, Volumen 6, Número 1 de 22 de diciembre de 2016 es una publicación anual on-line [www.revistatecnologiadigital.com](http://www.revistatecnologiadigital.com) editada por Héctor Guerra Crespo oficinas en Palenque 139 Col. ISSSTE Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México C.P. 29060. Teléfono 01-961-1214311, correo-e hgcrespo@hotmail.com Editor responsable: Héctor Guerra Crespo. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2014-022811040300-203 otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. ISSN 2007-9400. Responsable de la última actualización de este número Dr. Héctor Guerra Crespo, Presidente del consejo editorial, Palenque 139 Colonia ISSSTE Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, C.P. 29060, fecha de la última modificación, 22 de diciembre de 2016.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del editor responsable. Índice LatIndex: 23658.

# Índice.

	Página.
Aplicación cómputo-optoelectrónica para medir clorofila en plantas.	..... 1
Contador de bacterias de fermentación basados en métodos numéricos.	..... 11
Mapa turístico geo-referenciado de artesanías del Estado de Chiapas, México. Propuesta de clasificación artesanal para difusión web.	..... 21
Medición de corriente eléctrica de casa habitación con tecnología optoelectrónica.	..... 31
Modelo neurodifuso para el control de humedad del suelo en cultivo hidropónico Para la planta de tomate.	..... 43
Monitoreo del uso de una herramienta de las tecnologías de información y Comunicación (TIC) creada para la enseñanza de las matemáticas en La educación superior.	..... 57
Software educativo para la enseñanza auditiva en niños hipoacúsicos con Implante coclear.	..... 69
Tablero auxiliar de comunicación hospitalario para enfermos con problemas del Habla y movilidad.	..... 77



# Aplicación cómputo-optoelectrónica para medir clorofila en plantas.

## Computer-optoelectronics application to measure chlorophyll in plants.

Jorge Luis Camas Anzueto (1).

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México.

[jcamas@ittg.edu.mx](mailto:jcamas@ittg.edu.mx).

Héctor Guerra Crespo (2), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México,

[hgcrespo@hotmail.com](mailto:hgcrespo@hotmail.com).

Madaín Pérez Patricio (3), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México,

[mperez@ittg.edu.mx](mailto:mperez@ittg.edu.mx).

Joaquín Adolfo Montes Molina (4), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México,

[jmontes@ittg.edu.mx](mailto:jmontes@ittg.edu.mx).

Abiel Garza López (5), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México,

[agarza@ittg.edu.mx](mailto:agarza@ittg.edu.mx)

**Artículo recibido en noviembre 05, 2016; aceptado en diciembre 06, 2016.**

### Resumen.

*En este trabajo se desarrolla un medidor de clorofila que utiliza método no destructivo mediante el uso de la tecnología óptica. Los resultados obtenidos fueron calibrados a través de la obtención de una función de proporcionalidad que depende de la medición de la absorbancia. La caracterización fue llevada a cabo con plantas que fueron cultivadas en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Resaltar que la implementación de este prototipo utiliza electrónica que hoy en día puede ser encontrado comercialmente en México. Los resultados obtenidos son confiables ya que fueron comparados con un medidor de clorofila comercial.*

**Palabras clave:** medidor de clorofila, tecnología optoelectrónica, programación optoelectrónica.

### Abstract.

*This work presents a Chlorophyll meter using nondestructive method by using optical technology is proposed. The results obtained were calibrated by means of obtaining a proportionality function that depends on the absorbance measurement. The characterization was carried out with plants that were cultivated in the Technological Institute of Tuxtla Gutiérrez. It is necessary to mention that the implementation of this prototype uses electronic devices that today can be found commercially in México. The results obtained are reliable because they were compared with a commercial chlorophyll meter.*

**Keywords:** chlorophyll meter, optoelectronic technology, optoelectronic computing.

## 1. Introducción.

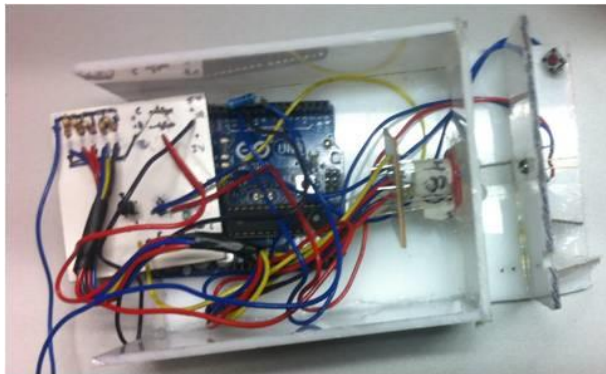
La clorofila al ser excitada por la radiación solar, tiene la capacidad de re-emitir fotones aproximadamente en 685 y 740 nm. Después de fluorecer, la clorofila regresa a su estado estable. La relación entre la fluorescencia y la cantidad

de clorofila activa es directamente proporcional (Espinosa et al., 2012). El Nitrógeno juega un papel importante en la producción de clorofila, la cual es fundamental en el proceso de la fotosíntesis. Es por ello, que el contenido de clorofila se puede utilizar como un indicador de estado de nitrógeno porque es un elemento esencial en la síntesis de proteínas fotosintéticas (Muñoz et al., 2013). Es necesario mencionar que en la caracterización de parámetros químicos en vegetales debe de ser llevada a cabo con métodos no destructivos, y la tecnología óptica ofrece una medición no destructiva y una medición en tiempo real con tiempo de respuesta rápida. Tal es el caso de la reflectancia y la espectroscopía de emisión de luz por los pigmentos que contienen hojas y frutos son excelentes candidatos para evaluar material vegetal. Cuando la luz incide sobre una hoja, una parte de dicha luz es reflejada, otra parte se transmite a través de ella y una tercera es absorbida por los pigmentos que contiene (Cordon, 2009).

En este trabajo se presenta un medidor optoelectrónico que utiliza técnica no destructiva utilizando programación de un arduino para interpretar los resultados. Este prototipo trabaja con la luz transmitida a través de la hoja y mediante el cálculo de absorbancia, se mide la cantidad de clorofila que una hoja contiene. El diseño electrónico utiliza como fuente de luz diodos emisores de luz y como receptor un fotodiodo PIN. El diseño es fácil y barato de construir. Los resultados fueron comparados con un medidor de clorofila SPAD comercial.

## 2. Propuesta del medidor.

El sistema electrónico de procesamiento de activación de medición de la clorofila, está controlada con un arduino *one*. Para la alimentación de voltaje del arduino, se utilizó una fuente de poder atx, ya que éste presenta estabilidad en cuanto al nivel de voltaje y corriente, con lo cual evitamos al máximo errores por corriente en las lecturas del fotodiodo. El prototipo presenta un inicio a la medición, cuando la fuente de luz se enciende y permanezca encendida por 1 segundo. De preferencia coloque la hoja pegada al fotodiodo, y procure no medir sobre el centro de la hoja, puesto que en esta zona están la estructura de la misma, la cual obstruye la luz proporcionando un dato falso. En la figura 1 se presenta de forma general el prototipo donde se encuentra ensamblado cada uno de los componentes que constituye el medidor optoelectrónico de clorofila.



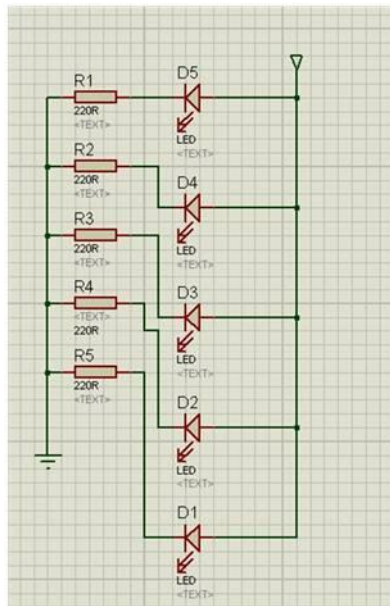
**Figura 1.** Prototipo del medidor de clorofila.

Al conectar a una fuente de voltaje, el medidor iniciará automáticamente el calibrado del dispositivo. Mientras esto sucede no introduzca ningún objeto entre el fotodiodo y la fuente de luz. Si nota un cambio en la luz ambiente recalibre reiniciando el dispositivo. Con el botón de reinicio del arduino, y esto se hace para evitar un error en el censado el cual se presenta como una elevación o una disminución del valor real. El plug para la fuente trabaja en un rango entre 5-12 volts, utilice una fuente mayor a 5v para evitar falta de corriente en la fuente de luz. La conexión para datos de arduino se utiliza un cable usb tipo A para la computadora en un extremo y uno tipo B para el otro. El fotodiodo trabaja a 5 volts, conectado inversamente. La distancia debe ser de 1 cm (línea amarilla) desde el encapsulado de la fuente hasta el encapsulado del sensor (figura 2).



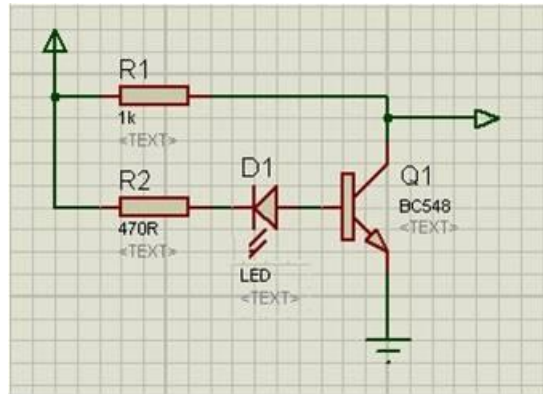
**Figura 2.** Distancia óptima entre el fotodiodo y la fuente de luz.

Se fabricó la fuente de luz, compuesta por 5 led's azules con sus respectivas longitudes de onda centrales en 465, 466, 470, 475, 480nm, con la finalidad de cubrir un rango espectral de 465 a 480 nm continua. Se caracterizó su eficacia individualmente, sin embargo, en conjunto la intensidad y la absorción fue mejor y más cercana a la medición real. Su voltaje de alimentación es de 5 volts, provenientes de la salida de arduino, como se muestra en el diagrama (figura 3).



**Figura 3.** Diagrama de la fuente de luz.

La etapa de la detección de luz fue diseñada usando fotodiodo PIN BPW24R, cuya corriente se amplificó con un transistor BC548, alimentado con 5 volts, conectado a la entrada A5 de los pines analógicos (figura 4).



**Figura 4.** Diagrama del proceso de recepción de luz.

A continuación se programó el arduino separando las etapas de encendido, lectura y las fórmulas de absorbancia y la constante SPAD siendo esta variable adimensional y proporcional a la cantidad de clorofila.

El programa de arduino se estructuró de la siguiente forma:

```
#include <math.h>

int Leds=12;
int Fotod=A5;
int FDvalor=0;
int Sensor=10;
int FDvalor1;
int bandera=0;
int FDvalor4;
int respuesta;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(Leds,OUTPUT);
  pinMode(Fotod,INPUT);
  pinMode(Sensor,INPUT);
  pinMode(11,OUTPUT);
}

void loop()
{
  digitalWrite(11,HIGH);
  respuesta = digitalRead(Sensor);
  if(bandera==0)
  {
    digitalWrite(Leds,HIGH);
    FDvalor=analogRead(Fotod);
    FDvalor1=FDvalor;
    delay(100);
    digitalWrite(Leds,LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(Leds,HIGH);
    FDvalor=analogRead(Fotod);
    int FDvalor2=FDvalor;
    delay(100);
    digitalWrite(Leds,LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(Leds,HIGH);
    FDvalor=analogRead(Fotod);
    int FDvalor3=FDvalor;
    delay(100);
  }
}
```

```

    FDvalor4=(FDvalor1+FDvalor2+FDvalor3)/3;
    delay(10);
    bandera=1;
    digitalWrite(Leds,LOW);
    delay(100);
}
if(bandera==1)
{
    digitalWrite(Leds,LOW);
}
if(bandera==1&&respuesta==HIGH)
{
    digitalWrite(Leds,HIGH);
    delay(100);
    FDvalor=analogRead(Fotod);
    FDvalor=1023-FDvalor;
    FDvalor4=1023-FDvalor;
    double Div=FDvalor4/FDvalor;
    double Absorb=log10(Div);
    double SPADPOLI6 =-57.298*(pow (Absorb, 6)) + 582.02*(pow (Absorb, 5)) - 2390.8*
        (pow (Absorb, 4)) + 5097.7*(pow (Absorb, 3)) - 5990.4*
        (pow (Absorb, 2)) + 3735.6*Absorb - 954.7;
    Serial.println(SPADPOLI6);
    delay(1000);
}
else
{
    digitalWrite(Leds,LOW);
}
}




```

Finalmente, es importante destacar que el programa inicia con una secuencia de medición y un promedio de 3 mediciones, (teniendo en cuenta que no hay nada entre la fuente de luz y el fotodiodo). Luego espera la orden del usuario, cuando este presiona el botón de medir, se tomará el nivel de luz detectado, se calculará la absorbancia junto a la constante proporcional de clorofila la cual conseguimos calcular en base a otro medidor de clorofila.

### 3. Resultados de la calibración y caracterización de medidor.

Una vez diseñado el prototipo se procedió a calibrarlo, utilizando un medidor SPAD, el cual se obtiene una constante proporcional a la cantidad de clorofila. Esta manipulará la medición aproximada a la que el equipo SPAD proporciona. Los datos serán comparados y la variable independiente será la absorbancia tomada del medidor propuesto, esto nos dará una variación bastante grande debido a una serie de errores tales como la luz ambiente, la cual a pesar de estar siendo controlada, tiene protagonismo en las mediciones al aire libre, lo que hace una variable de importancia. Además, el hecho de no saber con exactitud si está midiendo la misma área de la hoja, por lo cual desecharemos una cantidad grande de datos, intentando dejar una curva de medición la cual interpolaremos para obtener un dato similar o igual al del SPAD siempre dependiendo de nuestra lectura de absorbancia. A continuación, hacemos una serie de mediciones en distintas hojas tratando siempre de medir en la misma área con ambos medidores. El equipo utilizado para medir cantidad de clorofila en unidades SPAD fue SPAD-502 (Konica-Minolta, Japón). En la tabla 1 se presentan los datos obtenidos y comparados entre ambos equipos. Cabe mencionar que se tomaron en cuenta 8 hojas de muestra de *Jatropha Curcas*, Croto, cresta de gallo y dos ramas del árbol de neem y de olivo cimarrón, pero por simplificación del artículo de presentan nada más 3 hojas de muestra.

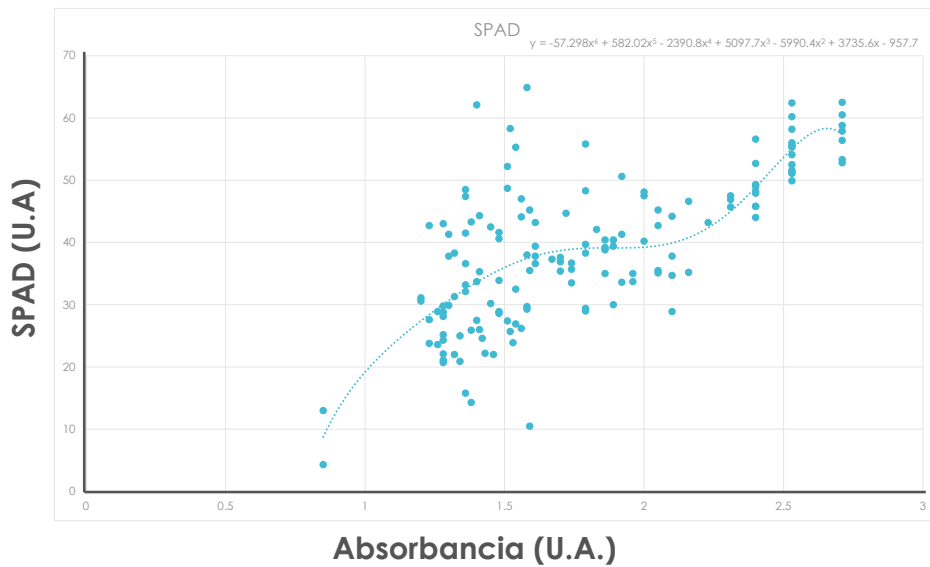
**Tabla 1.** Foto de la hoja de muestra, absorbancia calculada con el equipo optoelectrónico y medición de la clorofila en unidades SPAD.

Tipo de hoja.	Absorbancia.	SPAD-502.
 Jatropha Curcas	1.23	23.8
	1.28	20.7
	1.26	23.6
	1.28	21.1
	1.28	25.2
 Croto	1.36	15.8
	1.74	35.7
	1.59	10.5
 Cresta de gallo	1.86	40.4
	2.16	46.6
	1.92	41.3

Con los datos obtenidos, se realizó una gráfica comparando resultados del número de SPAD proporcionado por el equipo SPAD-502 como función de la absorbancia obtenida por el equipo optoelectrónico. En la figura 5 se presenta el comportamiento de ambas mediciones, donde se realizó un ajuste de curva obteniendo una curva polinómica de aproximación de orden 6 como se presenta en la ecuación (1):

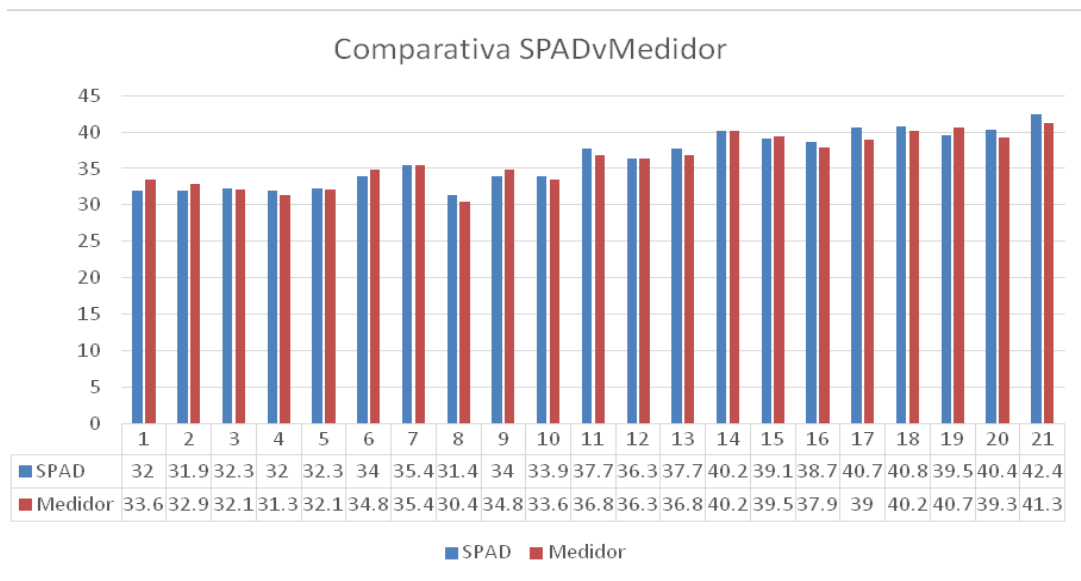
$$C = -57.298A^6 + 582.06A^5 - 2390.8A^4 + 5097.7A^3 - 5990.4A^2 + 3735.6A - 954.7 \quad (1)$$

Donde  $C$  es la constante de proporcionalidad y  $A$  es la absorbancia medida con el medidor de clorofila propuesta.



**Figura 5.** Comparación del número de SPAD en función a la absorbancia.

Cabe mencionar que esta ecuación es utilizada como constante de proporcionalidad del equipo optoelectrónico propuesto, por consiguiente es insertada en la programación del arduino para que durante la medición de la clorofila sea tomada en cuenta. Nuevamente se llevaron a cabo las mediciones realizadas anteriormente con las mismas hojas de muestra y los resultados se observan en la figura 6.



**Figura 6.** Medición de clorofila con el SPAD-502 y el equipo optoelectrónico propuesto.

Como se observa en la figura 6, existen resultados de la medición de la clorofila confiables ya que los valores obtenidos entre ambos son cercanamente igual con un error relativo máximo de 5%.

## Conclusiones.

En conclusión la medición de clorofila con el dispositivo propuesto realiza una medición comparable con un equipo medidor de clorofila SPAD-502. El medidor utiliza la una curva calibrada que depende del cálculo de la absorbancia de la hoja de prueba. Uno de los errores más frecuentes al momento de medir tanto con el medidor construido como con el SPAD, es medir sobre la nervadura, ya que no debe ser un punto de medición de la hoja, ya que se al observa comportamiento errático. Esto se debe a que ésta parte tiene un tallo grueso, la cual obstruye el paso de la luz, generando un resultado que variaba con cada medición y para nada se aproximaba entre sí ni a las otras mediciones en la misma hoja, lo correcto es siempre medir la hoja en los lados y no en el centro. Otra observación es el hecho de que la misma fórmula de la absorbancia permite al dispositivo saber si se ha colocado una hoja o un objeto extraño, siendo así que obstruir con una placa que no permita el paso de la fuente de luz, da un error matemático, y lo contrario medir sin nada eleva a infinito.

## Créditos.

Al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por financiamiento parcial de éste proyecto, con número 5906.16-P y proyecto interno 2016.

## Agradecimientos.

Los autores agradecen a la carrera de Ingeniería Electrónica y a la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por el apoyo otorgado en la realización de éste proyecto.

## Referencias Bibliográficas.

**A. Espinosa Calderón, I. Torres Pacheco, R. Guzmán Cruz, A.A. Fernández Jaramillo, R.F. Muñoz Huerta, J.G. Torres López, R.G. Guevara González.** (2012). Principios ópticos para el diseño de sensors no invasivos de fotosíntesis en plantas, *Ciencia@UAQ*, 1:1, 1-9 (2012).

**Cordon, Gabriela Beatriz.** (2009). "Métodos ópticos no destructivos para monitoreo de salud vegetal", Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires.

**Rafael F. Muñoz-Huerta, Ramón G. Guevara-González, Luis M. Contreras-Medina, Irineo Torres-Pacheco, Juan Prado-Olivares and Rosalía V. Ocampo-Velázquez.** (2013). A Review of Methods for Sensing the Nitrogen Status in Plants: Advantages, Disadvantages and Recent Advances, *Sensors*, 13, 10823-10843.

## Información de los autores.



**Jorge Luis Camas Anzueto** es graduado como Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, miembro honorífico del Sistema Estatal de Investigadores. Actualmente docente-investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y de la carrera en Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Sensores ópticos, sensores de fibra óptica, optoelectrónica y optomecatrónica.



**Héctor Crespo Guerra** es Doctor en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en 2011. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y en el área de Licenciatura en Sistemas Computacionales de la Universidad Autónoma de Chiapas, en ambas desde 1995, líder del cuerpo académico “tecnologías de información para el desarrollo regional” donde dirige el área de trabajo “aplicaciones sobre mapas” y colabora en la línea “tecnología para población con necesidades educativas especiales”. [www.hectorguerracrespo.com](http://www.hectorguerracrespo.com)



**Madain Pérez Patricio** es graduado como Doctor en Ciencias en Automatización y computación industrial en 2005, por la Universidad de Ciencias y Tecnologías de Lille, Francia. Investigador- Docente desde 1997 en el Departamento de Posgrado y la Carrera en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés incluye visión por computadora y computación reconfigurables.



**Joaquín Adolfo Montes Molina** graduado en la Licenciatura en Químico Farmacéutico Industrial por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas en 1976. Graduado como Maestro en Ciencias en Biotecnología por la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Graduado como Doctor en Ciencias en la Especialidad de Biotecnología por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1. Actualmente es docente-investigador en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 1976 a la fecha. Su área de interés es la biotecnología.



**Abiel Garza López** es graduado como Ingeniero Agrónomo Fitotecnista por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Especializado profesionalmente en cultivos de células, tejidos y órganos vegetales por la Universidad Autónoma de Chapingo. Candidato a Maestro en Ciencias con especialidad en Productividad Agrícola por la Universidad Oaxaca de Juárez, Oaxaca. Profesor de Tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Comitán de 1985-2013 y actualmente Profesor de Educación superior titular B en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Su área de interés se encuentra enfocada en el área del monitoreo de parámetros fisicoquímicos de vegetales.

# Contador de bacterias de fermentación basados en métodos numéricos.

## Fermentation bacteria count based on numerical methods.

Hernán Valencia Sánchez (1).  
Docente del I.T. Tuxtla Gutiérrez.  
[hvalencia@ittg.edu.mx](mailto:hvalencia@ittg.edu.mx).

Roberto Carlos García Gómez (2) Docente del I.T. Tuxtla Gutiérrez. [rgarcia@ittg.edu.mx](mailto:rgarcia@ittg.edu.mx).

Oscar Eduardo Cervantes Reyes (3). Estudiante del I.T. Tuxtla Gutiérrez. [crooe07@gmail.com](mailto:crooe07@gmail.com).

Gilberto Martínez Pérez (4). Estudiante del I.T. Tuxtla Gutiérrez. [itachimt03@gmail.com](mailto:itachimt03@gmail.com).

Israel Nava Velázquez (5). Estudiante del I.T. Tuxtla Gutiérrez. [nav\\_inv94@hotmail.com](mailto:nav_inv94@hotmail.com).

**Artículo recibido en octubre 12, 2016; aceptado en noviembre 22, 2016.**

### Resumen.

*El presente trabajo presenta un prototipo para contar bacterias a partir de imágenes de un proceso de fermentación en el cual se introduce una muestra en el equipo el cual le toma una serie de fotografías y los procesa en un software numérico para separar y contar las bacterias de acuerdo a la intensidad luminosa que la bacteria desprende. La fermentación en medio sólido es la tecnología empleada cuya característica esencial es el crecimiento del microorganismo sobre un sustrato insoluble sin una fase libre, variando el nivel de humedad del 30 a 80%. La fermentación en medio sólido ofrece una serie de ventajas económicas sobre los procesos convencionales de fermentación sumergida para la obtención de productos de alto valor agregado, como etanol, enzimas, antibióticos, hongos comestibles, ácidos orgánicos, aminoácidos, pigmentos, metabolitos secundarios, etc., debido a los bajos niveles de humedad y a la disminución del volumen del medio por unidad de peso de sustrato, además de que se obtiene una alta productividad, los volúmenes de fermentación son menores a los sistemas sumergidos y el tratamiento del efluente es reducido.*

**Palabras claves:** Procesamiento digital de imágenes, fermentación, bacterias, métodos numéricos aplicados.

### Abstract.

*This work presents a prototype to count bacteria from images of a fermentation process in which a sample is introduced in the equipment which takes a series of photographs and processes them in a numerical software to separate and count the bacteria according to the luminous intensity that the bacteria produces. Fermentation in solid medium is the technology used whose essential characteristic is the growth of the microorganism on an insoluble substrate without a free phase, varying the level of humidity of 30 to 80%. Fermentation in solid medium offers a series of economic advantages over the processes of submerged fermentation for the production of high added value products, such as ethanol, enzymes, antibiotics, edible fungi, organic acids, amino acids, pigments, secondary metabolites, etc., due to the low humidity levels and the decrease in volume of the medium per unit weight of substrate, in addition to high productivity, fermentation volumes are lower than submerged systems and effluent treatment is reduced.*

**Keywords:** Processing digital de images, fermentation, Bacteria, applied numerical methods.

## 1. Introducción.

El procesamiento digital de imágenes (PDI) es el procesamiento, entendiéndose éste como el almacenamiento, transmisión y representación de información, de imágenes digitales por medio de una computadora digital.

El término imagen se refiere a una función bidimensional de intensidad de luz  $f(x, y)$ , donde  $x$  e  $y$  denotan las coordenadas espaciales y el valor de  $f$  en cualquier punto  $(x, y)$  es proporcional al brillo (o nivel de gris) de la imagen en ese punto. Una imagen digital puede considerarse como una matriz cuyos índices del renglón y columna identifican un punto en la imagen y el correspondiente valor del elemento de la matriz que identifica el nivel de intensidad de luz en ese punto.

Los elementos de tal arreglo digital son llamados elementos de imagen, elementos de pintura, píxeles o pels. El interés en el procesamiento digital de imágenes se basa esencialmente en dos aspectos: en mejorar la información contenida en una imagen para la interpretación humana y en el tratamiento de los datos de una escena para la percepción autónoma por una máquina (González R. y Woods R., 2002).

Un paradigma del PDI suele clasificar los tipos de procesamientos computarizados en tres categorías: bajo, medio y alto.

- Los procesos de **nivel bajo** incluyen la reducción de ruido, realce de contraste, y en general, realce de características de la imagen, en este caso todas las entradas/salidas son imágenes.
- Los procesos de **nivel medio** incluyen la segmentación (regiones, objetos), descripción de objetos, clasificación, etc. La entrada es una imagen y la salida son atributos de objetos (bordes, contornos, identidades de objetos individuales).
- Los procesos de **nivel alto** involucra darle sentido al conjunto de objetos encontrados, análisis de la imagen y llevar a cabo funciones cognitivas normalmente asociadas con la visión.

### Aplicaciones del procesamiento digital de imagen.

- Aplicaciones enfocadas a mejorar la calidad de la imagen para la interpretación humana y a la medición de ciertas características de los objetos en el plano de una imagen. Por mencionar alguna, el realce de imágenes médicas para facilitar la emisión de un diagnóstico, la inspección de productos industriales o agrarios corresponderían al nivel bajo y/o medio de la visión (pre procesamiento y extracción de características).
- Aplicaciones que impliquen un mayor nivel de complejidad con la recuperación de la información en el mundo real. Como muestra, la obtención de la estructura tridimensional de los objetos y de su entorno en visión en estéreo para el guiado automático de vehículos, robots o aviones.
- Aplicaciones que impliquen un reconocimiento de objetos e interpretación de la escena, el nivel más alto de procesado. Actualmente las imágenes de satélites para la detección y clasificación de diferentes tipos de vegetación o para la realización de predicciones meteorológicas.

### Algunas áreas de aplicación.

- Imagen médica (radiografías, mamografías).
- Sensores remotos con imágenes aéreas o de satélites: clasificación de terrenos (zonas de vegetación, desiertos, núcleos urbanos, agua,).
- Inspección industrial, control de calidad (circuitos digitales, pinturas, patrones).
- Procesado de documentos, reconocimiento de caracteres (códigos postales).
- Bases de datos multimedia.
- Compresión y transmisión de video.
- Diseño gráficos por ordenador. Procesos judiciales (identificación de personas a partir del rostro, huellas dactilares, o del iris).
- Robótica: Guiado automático de aviones, vehículos (reconstrucción en tres dimensiones -3D.).

- Vigilancia: Detección de movimiento en pasillos, metro, bancos, reconocimiento de matrículas de vehículos para multas,...
- Militares: Seguimiento de objetos (vehículos, personas, animales, etc).
- Agricultura: Análisis de plantaciones (crecimiento, plagas, inundaciones, etc).
- Control de tráfico.

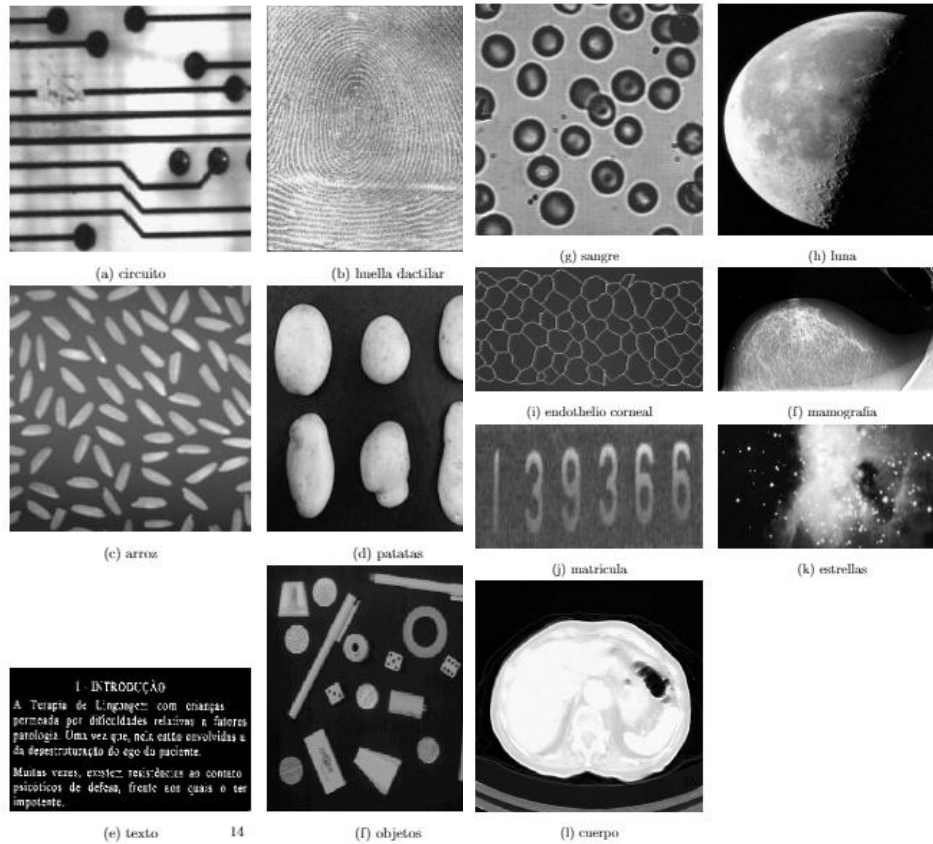


Figura 1. Aplicaciones del procesamiento digital de imágenes.

**Pasos para el conteo de bacterias de fermentación basados en métodos numéricos a partir del procesamiento digital de imagen.**

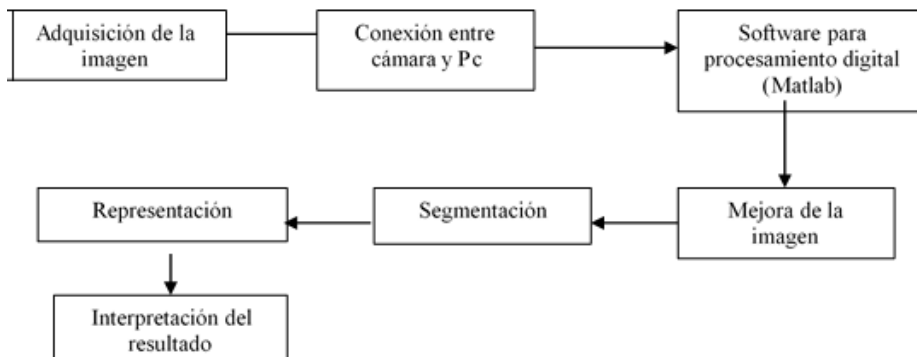


Figura 2. Diagrama del Procesamiento Digital de Imagen.

Antes de la adquisición de la imagen se deben considerar ciertos parámetros, que son importantes para obtener una imagen clara; de ello depende el éxito del procesamiento digital de imagen. Los parámetros utilizados en esta metodología son: La calibración de la cámara y la iluminación del interior del prototipo (González, R.C., Wintz, P., 1996).

Calibrar una cámara se refiere a obtener los parámetros intrínsecos y extrínsecos de una cámara de video a partir de las fotos tomadas por dicha cámara. Se llaman parámetros intrínsecos a los referentes a la propia cámara como distancia focal, formato, punto principal y distorsión de los lentes. Por otro lado los parámetros extrínsecos, denotan la matriz de transformación del sistema de coordenadas del mundo (metros, centímetros, etc.) al de la cámara (pixel). Esta se representa por una matriz de transformación que mapea los puntos 3D del mundo a los 2D de la cámara.

### Matlab Calibration Toolbox.



Figura 3.- Toma de imagen

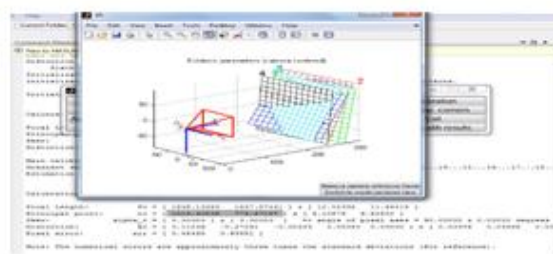


Figura 4.- Imagen 3 Dimensiones

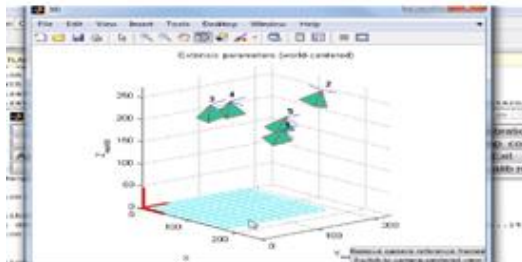


Figura 5.- Imagen Transformada en 2 D



Figura 6.- Parametros Intrinsecos y Extrinsecos

De esta forma y una vez obtenidos los parámetros intrínsecos y extrínsecos (la cámara esté calibrada) pudiéramos representar cualquier punto del mundo real sobre el plano 2D de una cámara, lo que resulta muy útil para aplicaciones de visión como "realidad aumentada"

En cuanto a la iluminación de la muestra, utilizamos el método de los lúmenes (Cho H, 2003).

## 2. Métodos.

### Método de los Lúmenes.

Es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general. Proporciona una iluminancia media con un error de  $\pm 5\%$  y nos da una idea muy aproximada de las necesidades de iluminación.

Cálculo del flujo luminoso total necesario de la zona necesaria (Bin LI. ,2010).

$$\Phi_T = \frac{E_M S}{C_u C_m} \text{ --- Ecuación 1}$$

Donde

$E_M$  = Nivel de iluminación medio ( en Lux)

$\Phi_T$  = Flujo luminoso

$S$  = Superficie a iluminar  $m^2$

$C_u$  = Coeficiente de utilización

$C_m$  = Coeficiente de mantenimiento

Cálculo del número de luminarias.

$$NL = \frac{\Phi_T}{n\Phi_L} \text{ --- Ecuación 2}$$

Donde

$NL$  = Número de luminarias

$\Phi_T$  = Flujo luminoso total necesario en la zona o local

$\Phi_L$  = Flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

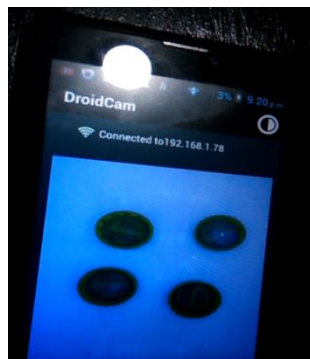
$n$  = Número de lámparas que tiene la luminaria

### 3. Desarrollo.

#### 1. Adquisición de la imagen.

1.- Se establece una interface entre la pc y la cámara a utilizar la cual tiene las siguientes características: Mediante un sensor de imagen CMOS (complementary metal-oxide semiconductor, en español “Semiconductor Complementario de Óxido Metálico”), el cual nos brinda las siguientes ventajas: a) Mejor desempeño en una estructura más simple, sin necesidad de más equipo. b) Menos sensible a la luz, un consumo bajo de energía.

Haciendo uso del siguiente comando de MATLAB, se obtienen las imágenes: Video=video input (‘adaptor’, DeviceID,’Format’).



**Figura 7.** Adquisición de imagen.

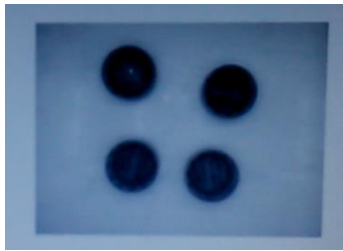
**2. Mejora de la imagen.** En esta etapa se procesa la imagen para lograr un resultado más adecuado que el original para una aplicación específica (obtener detalles que no se veían, o simplemente destacar características de simple interés).

Para convertir RGB a escala de grises se utiliza el comando de MATLAB:  
**Imagen\_gray=rgb2gray(Imagen\_RGB);**

Posteriormente se utiliza una binarización con el siguiente comando:  
**Imagen\_bin=im2bw(Imagen,level)** (González R. y Woods R., 2002).

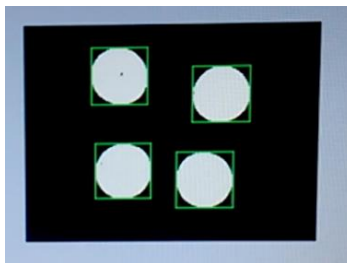
**3. Segmentación.** Se divide una imagen en sus partes constituyentes. Los objetos se extraen o aíslan del resto de la imagen para su posterior análisis. Es una de las tareas más difíciles del procesamiento digital de imágenes.

Se define la figura geométrica con la que será identificado cada uno de los objetos a contabilizar con la siguiente sentencia: **rectangle('Position',propiedades.BoundingBox,'Edgecolor','g','Linewidth',2**



**Figura 8.** Segmentación de la imagen.

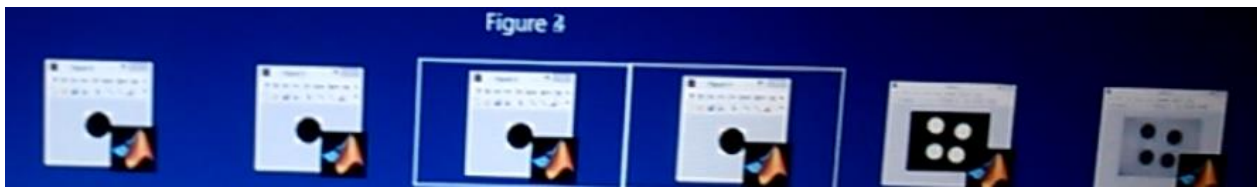
**4. Representación y descripción.** Casi siempre recibe una imagen segmentada que consta solamente de fronteras de regiones. Se toman decisiones tales como si la forma obtenida debe ser tratada como una frontera o una región, y se extraen atributos que resultan en información cuantitativa de interés o que son básicos para diferenciar clases de objetos.



**Figura 9.** Binarización de la imagen.

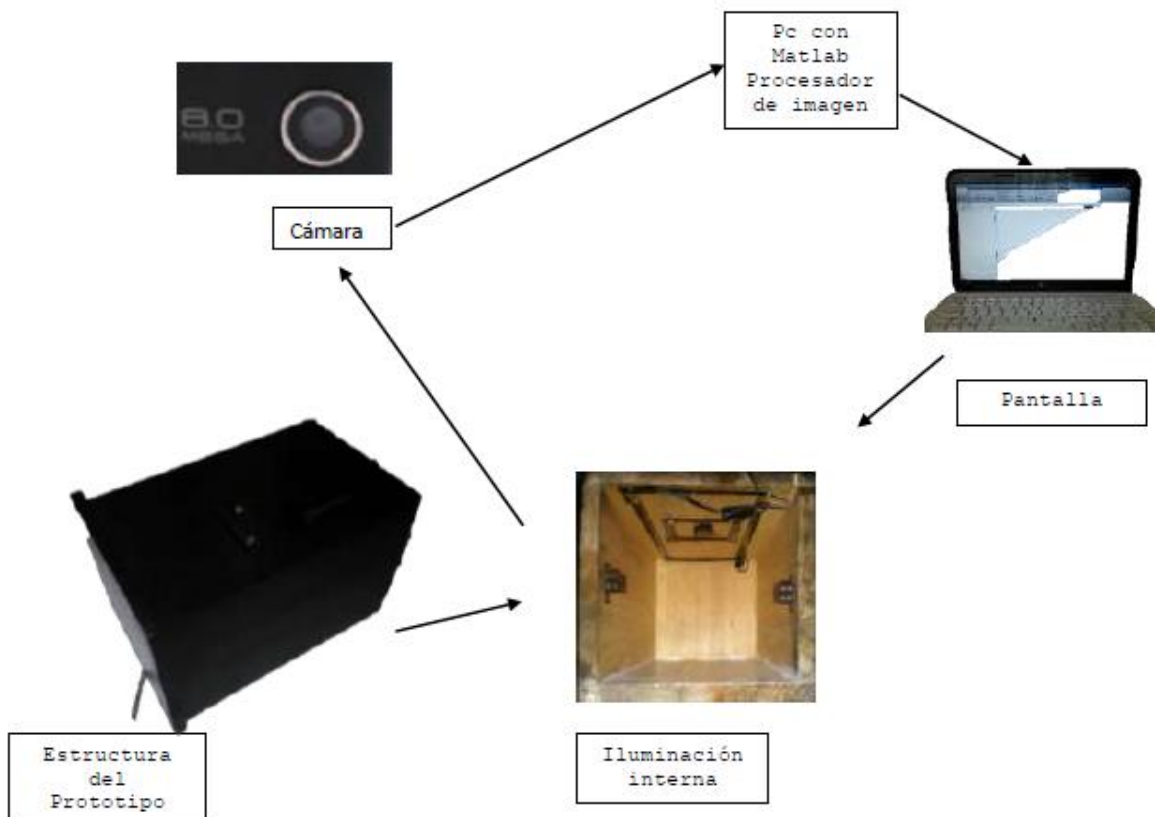
## **5. Interpretación del resultado.**

El prototipo es capaz de enviarte una pantalla por cada elemento que detecta, logrando así visualizar las características determinadas de cada objeto.



**Figura 10.** Interpretación de Resultados.

**Componentes del sistema contador de bacterias de fermentación basados en métodos numéricos.**



- 1.- Una cámara. (image sensors).
- 2.- Fuente de iluminación.
- 3.- Un monitor. (image displays).
- 4.- Un ordenador donde procesar y guardar las imágenes. (computer-mass storage).
- 5.- Software con librerías para el tratamiento digital de imágenes (MATLAB, image processing software).

**Conclusiones.**

El procesamiento digital de imágenes es un campo de investigación abierto. El constante progreso en esta área no ha sido por sí mismo, sino en conjunto con otras áreas con las cuales está relacionada como las matemáticas. El avance del Procesamiento Digital de Imágenes se ve reflejado en la medicina, la astronomía, geología, microscopía, información meteorológica, transmisión y despliegue agilizado de imágenes por Internet tienen sustento gracias a

estos avances.

Con las pruebas realizadas en campo, se comprobó el buen funcionamiento. Además de comprobar la eficiencia y el alcance del dispositivo tanto en un área abierta como en un área cerrada.

Por el tipo de tecnología utilizada en el equipo, se creó un diseño compacto del dispositivo lo cual permite que sea un aparato portátil fácil de llevar por sus dimensiones y peso además de ser un dispositivo económico y de fácil utilización.

### Referencias Bibliográficas.

- Bin LI.** (2010). Research on Digital Image Correlation Method Applied in Shear Test of New Style Automotive Structural Adhesive, International Conference on Electrical and Control Engineering, pp.1688-1671.
- Castillo, L. R., Alves, T. L. M., Medronho, R. A.** (2000). Production and extraction of pectinases obtained by solid state fermentation of agro-industrial residues with *Aspergillus niger*. *Bioresource Technology* 71, 45-50.
- Cho H.** (2003). *Opto-Mechatronic Systems Handbook*. Ed. London, Usa, 5ta edición.
- González R. y Woods R.** (2002). *Digital Image Processing*, Segunda Edición, Prentice Hall, E.U.A.
- González, R.C., Wintz, P.** (1996), *Procesamiento digital de imágenes*. Addison-Wesley,
- Holker, U., Hofer, M., Lenz, J.** (2004) *Biotechnology advantages of laboratory-scale solid state fermentation*. Part I. *Process Biochemistry*, 12, 24-27.
- Laukevics, J. J., Aspite, A. F., Viesturs, H. E.,Tengerdy, R. P.** (1984). *Biotechnology and Bioengineering* 26, 2465-2474.
- Pandey, A., Nigam, P., Vogel, M.** (1988). Simultaneous saccharification and protein enrichment fermentation of sugar beet pulp. *Biotechnology letters* 10, 67-72.
- Pandey, A.** (1994). *Solid-state fermentation*. In A. Pandey (Ed.) Wiley Eastern Publisher. New Delhi, pp. 3-10.
- Pandey, A., Azmi, W., Singh, J., Banerjee, U. C.** (1999). *Biotechnology: food fermentation*. In V. K. Joshi, A.
- Pandey Eds.** (1988). *Educational Publishers and Distributors*. New Delhi, 1, pp. 383-426.
- Vandenbergh, L. P. S., Soccol, C. R., Pandey, A., Lebeault, J. M.** (2000). *Solid-state fermentation for the synthesis of citric acid by Aspergillus niger*. *Bioresource Technology* 74:175-178.
- Viniegra González, G.** (1997). *Advances in solid state fermentation*. In S. Roussos, K. Lonsane

### Referencias páginas de internet.

**Curso de Procesamiento Digital de Imágenes, Elena Martínez.**

Recuperado de: [http://turing.iimas.unam.mx/~elena/PDI-Mast/Tema\\_1\\_ABC.pdf](http://turing.iimas.unam.mx/~elena/PDI-Mast/Tema_1_ABC.pdf)

### Información de los autores.



**Hernán Valencia Sánchez**, Licenciatura en Ingeniería Mecánica y con un Posgrado en Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Jefe de Proyectos de Investigación del Departamento de Metal-Mecánica, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Roberto Carlos García Gómez**, Licenciatura en Ingeniería Mecánica, con tres posgrados: Especialidad en Mecatrónica, Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica, Doctorado en Procesos de Manufactura. Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Jefe de Proyectos de Vinculación del Departamento de Metal-Mecánica, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Oscar Eduardo Cervantes Reyes**. Alumno De 7° Semestre De Ing. Mecánica del Instituto Tecnológico De Tuxtla Gutiérrez, Técnico en mantenimiento correctivo y preventivo de sistemas computacionales. 1 año de trabajo en taller de mecánica automotriz.



**Gilberto Martínez Pérez**, Alumno De 7° Semestre De Ing. Mecánica del Instituto Tecnológico De Tuxtla Gutiérrez, su colaboración se basó en el estudio bibliográfico y aplicación del software utilizado.



**Israel Nava Velazquez**, Alumno De 7° Semestre De Ing. Mecánica del Instituto Tecnológico De Tuxtla Gutiérrez. El área de conocimiento y apoyo brindado al proyecto fue en el estudio y simulación de la iluminación en el interior de la estructura del prototipo.

# Mapa turístico geo-referenciado de artesanías del Estado de Chiapas, México. Propuesta de clasificación artesanal para difusión web.

## Tourist map georeferenced of crafts from Chiapas, Mexico. Proposal for craft classification for web publishing.

Carlos Adrián Pérez Trujillo (1).  
Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
[carlos.apt@hotmail.com](mailto:carlos.apt@hotmail.com).

Héctor Guerra Crespo (2), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [hgcrespo@hotmail.com](mailto:hgcrespo@hotmail.com).

Imelda Valles López (3), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [imevalles@yahoo.com.mx](mailto:imevalles@yahoo.com.mx).

Jorge Octavio Guzmán Sánchez (4), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [jogs78@gmail.com](mailto:jogs78@gmail.com).

Aída Guillermina Cossio Martínez (5), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [acossio\\_m@yahoo.com](mailto:acossio_m@yahoo.com).

**Artículo recibido en enero 20, 2016; aceptado en mayo 25, 2016.**

### Resumen.

*Este artículo es una propuesta de clasificación para la presentación de información relacionada con el tema de artesanías con un enfoque turístico. Es el resultado de la búsqueda, lectura y selección de información relacionada con el tema de artesanías del Estado de Chiapas México el cual es vasto en la producción artesanal debido a su población indígena la cual cuenta con 9 grupos étnicos. La clasificación consta de cuatro entidades y 163 elementos informativos. La clasificación está integrada en una aplicación web bajo tecnología de software libre y disponible en el sitio web [turismoartesanias.mexmapa.com](http://turismoartesanias.mexmapa.com).*

**Palabras clave:** Aplicaciones WEB, aplicaciones sobre mapas, mapa turístico, artesanías, clasificación artesanal.

### Abstract.

*This article presents a classification proposal for submission of information related to topic craft with tourist approach. This is the result of the search, reading and selection of related information about crafts in Chiapas, Mexico, which is vast in artisanal production due to its indigenous population which has 9 ethnic groups. The classification considered four entities and 163 items. The classification is available in the website [turismoartesanias.mexmapa.com](http://turismoartesanias.mexmapa.com).*

**Keywords:** WEB Applications, maps, tourist map, craft, craft classification.

## 1. Introducción.

El Estado de Chiapas se encuentra situado al sur de México, cuenta con una población de 4,795,580 habitantes (INEGI, 2011) y 119 municipios. Se destacan a nivel mundial destinos turísticos como las ruinas de Palenque, el cañón del Sumidero y la ciudad de San Cristóbal de las Casas.

En Chiapas además de que existen múltiples sitios que tienen el potencial de convertirse en destinos turísticos también cuenta con entidades culturales relacionadas al turismo como artesanías, bailes regionales, etnias, gastronomía, festividades, conmemoraciones, tradiciones y trajes regionales.

En Chiapas de acuerdo a Alcazar M. (s.f.) existe una riqueza artesanal constituida por:

- Alfarería.
- Ámbar.
- Cerería.
- Cestería.
- Forja en hierro.
- Hojalatería.
- Instrumento musicales.
- Jarcería.
- Juguetería.
- Laca.
- Lapidaria.
- Papelografía.
- Talabartería.
- Talla en madera.
- Textilería.

Que a su vez generan 134 tipos de objetos artesanales, por poner unos ejemplos: Alfarería (ollas, cántaros, tinajas), ámbar (piezas talladas, aretes, corazones, pulseras, anillos).

Los tipos de artesanías junto con los objetos que producen constituyen el núcleo de este trabajo.

Toda el contenido está basado en el acervo bibliográfico del Centro Cultural Jaime Sabines del Estado de Chiapas entidad máxima en el manejo de documentos estatales sobre historia y cultura.

## 2. Métodos.

### Propuesta de clasificación artesanal, clasificaciones artesanales.

La parte central de la aplicación son las clasificaciones las cuales servirán para el menú y para generar la información que se quiera obtener en el mapa.

Después de consultar toda la bibliografía con respecto al tema en las Biblioteca Central Universitaria perteneciente a la Universidad Autónoma de Chiapas y al Centro Cultural Jaime Sabines que contienen el acervo bibliográfico al respecto se diseñaron 4 clasificaciones compuestas de la siguiente forma:

#### Clasificación 1. Regiones.

- Centro.
- Altos.
- Fronteriza.
- Frailesca.
- Norte.
- Selva.
- Sierra.
- Socunusco.
- Istmo-costa.

El objetivo de esta clasificación es proporcionar al turista la información necesaria para que pueda desplazarse en una zona geográfica en específico, cada región involucra a un conjunto de municipios donde se desarrolla artesanía, de los 119 municipios 29 desarrollan artesanía, los cuales son:

1. Amatenango del valle.
2. Berriozábal.
3. Bochil.
4. Chalchihuitán.
5. Chenalhó.
6. Chiapa de corzo.
7. Comitán.
8. Huitiupán.
9. Huixtán.
10. Las margaritas.
11. Ocotepec.
12. Ocozacoautla.
13. Oxchuc.
14. Palenque.
15. Pantepec.
16. San andres larrainzar.
17. San juan chamula.
18. San Cristóbal de las Casas.
19. Simojovel.
20. Tapalapa.
21. Tecpatán.
22. Tenejapa.
23. Tonalá.
24. Tumbalá.
25. Tuxtla Gutiérrez.
26. Venustiano Carranza.
27. Villaflores.
28. Yajalón.
29. Zinacantán.

Cabe mencionar que las clasificaciones no son oficiales están diseñadas de acuerdo a los objetivos de la aplicación.

#### **Clasificación 2. Tipo de Artesanías.**

- Alfarería.
- Ámbar.
- Cerería.
- Cestería.
- Forja en hierro.
- Hojalatería.
- Instrumento musicales.
- Jarcería.
- Juguetería.
- Laca.
- Lapidaria.
- Papelografía.
- Talabartería.
- Talla en madera.
- Textilería.

Esta clasificación es la más común cuando se trata de organizar la información referente a artesanías y proporciona una idea de la versatilidad de la artesanía que se desarrolla en Chiapas.

**Clasificación 3. Puntos de venta.**

- Andador Artesanal.
- Artesanías portales.
- Casa Chiapas.
- Plaza de las artesanías.

Esta clasificación pretende definir los lugares donde se exhibe artesanía para su venta al público.

**Clasificación 4. Productos artesanales.**

Esta clasificación agrupa en específico a todos los rubros de artesanía en el Estado de Chiapas. Es una subclasificación de la clasificación 1 y refleja los componentes individuales del contenido de la aplicación, los cuales representan los átomos informativos que dan sustento a la aplicación.

Alfarería.

1. Ollas.
2. Cántaros.
3. Tinajas.
4. Macetas.
5. Lámparas de paloma.
6. Platos.
7. Soles.
8. Animales.
9. Incensarios.
10. Figuras zoomorfas.
11. Vasijas.
12. Jarrones.
13. Palomas.

Ámbar.

14. Piezas talladas.
15. Aretes.
16. Corazones.
17. Pulseras.
18. Anillos.
19. Collares.
20. Dijes.
21. Inclusiones.

Cerería.

22. Velas de junco o carrizo.
23. Cirios.
24. Velas florales.
25. Velas torneadas.

Cestería.

26. Cestos.
27. Canasta.
28. Canastos.

29. Sillas.

30. Muebles rústicos.
31. Bandejas.
32. Sombreros.
33. Petate.
34. Tenate.
35. Bolsas.
36. Lámparas.
37. Floreros.

Forja en hierro.

38. Rejas de ventanas.
39. Barandales.
40. Balcones.
41. Cruces.
42. Aldabas.
43. Pasadores.
44. Herramientas.
45. Chapas.
46. Llaves.

Hojalatería.

47. Calderas.
48. Candiles para lámparas.
49. Embudos.
50. Regaderas.
51. Anafres.
52. Juguetes.
53. Sonajas.
54. Coronas.
55. Resplandores.
56. Candeleros.
57. Figuras (varios).
58. Flores.
59. Estrellas.

- 60. Corazón.
- 61. Figuras de animales.
- 62. Repujados.

Instrumento musicales.

- 63. Arpas.
- 64. Guitarras.
- 65. Violines.
- 66. Sonajas de parachicos.
- 67. Tambores.
- 68. Flautas de carrizo.
- 69. Marimba.

Jarcería.

- 70. Morrales.
- 71. Hamacas.
- 72. Redes (tarrayas).
- 73. Jáquimas.
- 74. Cinchas.
- 75. Bolsas.
- 76. Mecapales.
- 77. Cordeles .
- 78. Reatas.

Juguetería.

- 79. Carritos.
- 80. Guitarras.
- 81. Trasteros.
- 82. Maromeros.
- 83. Jicaritas.
- 84. Resorteras.
- 85. Yoyos.
- 86. Baleros.
- 87. Perinolas
- 88. Trompo.
- 89. Muñecas de totomoxtle.
- 90. Gallitos.
- 91. Silbatos.
- 92. Ollitas.
- 93. Alcancías.
- 94. Muñecas de trapos.
- 95. Animalitos.
- 96. Trastes de barro pequeños.
- 97. Muebles para casas de muñecas.

Laca.

- 98. Jicapestles.

- 99. Costureros.
- 100. Alhajeros.
- 101. Biombos.
- 102. Armarios laqueados.
- 103. Cofres.
- 104. Baúles.
- 105. Muebles.
- 106. Nichos.
- 107. Cruces.

Lapidaria.

- 108. Grabado de temas inspirado en la cultura maya.

Papelografía.

- 109. Coronas para altares.
- 110. Trabajos con papel picado.
- 111. Arreglos florales para bodas.
- 112. Piñatas.

Talabartería.

- 113. Monturas.
- 114. Cabezadas.
- 115. Huaraches.
- 116. Fundas para machete
- 117. Carrilleras.
- 118. Carteras.
- 119. Zapatos.
- 120. Correas.

Talla en madera.

- 121. Esculturas indígenas
- 122. Máscaras.
- 123. Santos.
- 124. Adornos para cocina y escritorios.
- 125. Cuadros.

Textilería.

- 126. Huipil.
- 127. Telar de cintura.
- 128. Faldas.
- 129. Fajillas.
- 130. Camisas.
- 131. Pantalones.
- 132. Morrales.
- 133. Mantelería.
- 134. Vestido chiapaneca.

**Aplicación.**

***Google Maps.***

Es el nombre de un servicio gratuito de *Google*. Es un servidor de aplicaciones de mapas en la web. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotos satelitales del mundo entero e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle *street view* y el motor de búsqueda de *Google* que permite ver imágenes a escala de un lugar específico del planeta. A través de su *Google Maps API* es posible generar aplicaciones sobre sus mapas, la plataforma de desarrollo es *JavaScript*.

### Herramientas utilizadas.

Las herramientas utilizadas corresponden a software libre, *WAMP* como servidor, *PHP* para la programación de los datos, *MySQL* como gestor de base de datos, *XHTML* para asegurar la estructura del código *HTML* y *CSS* para la presentación del sitio y *JavaScript* como lenguaje de programación sobre el mapa.

### Ficha informativa.

Los elementos de la clasificación 4 se presentan con lo que denominamos ficha informativa. La estructura de la ficha turística incluye el título de la artesanía, descripción y galería fotográfica.



**Figura 1.** Ficha informativa de la artesanía “vestido de chiapaneca” de la categoría “textiles”.



**Figura 2.** Ficha informativa de la artesanía “Collares” de la categoría “Ámbar”.

### 3. Desarrollo.

En el subdominio [turismoartesanias.mexmapa.com](http://turismoartesanias.mexmapa.com) se implementa el prototipo inicial, la interfaz principal se describe a continuación y en las siguientes figuras se ilustra.

1. Menú Opciones: Es una reseña de los tipos de artesanía en términos generales de acuerdo a la clasificación 2.
2. Menú Categorías: se visualizan 4 categorías que clasifican los distintos elementos artesanales de manera individualizada, este menú contiene a las cuatro categoría anteriormente descritas.
3. Íconos de acceso al tipo de artesanía, como parte de la aplicación se desarrolló una iconografía propia.
4. Menú búsqueda alfabética: El usuario puede acceder a los 134 elementos artesanales por orden alfabético si el usuario tiene claro que buscar.

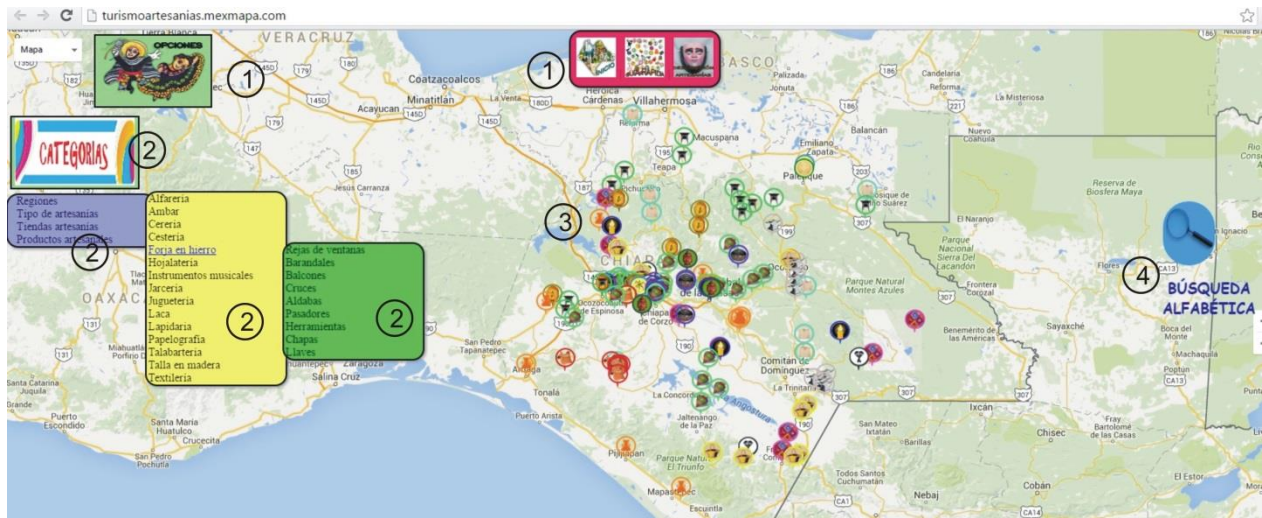


Figura 3. Interfaz mapa turístico de artesanías de Chiapas.

Figura 4. Descripción general de acuerdo al tipo de artesanía, la imagen corresponde al tipo de artesanía “Laca” muy popular en el municipio de Chiapa de Corzo sobre todo por los trajes típicos de los Parachicos.

### Conclusiones.

El proyecto tiene como finalidad el desarrollo de una aplicación web de índole informativo, donde pueda dar a conocer a los visitantes del portal todo lo relacionado con las artesanías que produce Chiapas con la intención de difundir esta actividad con fines de incentivar el turismo. Esta aplicación web contiene la geo-referencia con el fin de darle al usuario la posibilidad de ver la ubicación de los elementos artesanales con el fin de organizar una posible visita.

Las clasificaciones artesanales fueron diseñadas para cubrir todos los aspectos que pudieran auxiliar al turista en la materia, en un futuro cercano la aplicación será evaluada por los usuarios para ver si realmente está cumpliendo su objetivo de incentivar el turismo al cumplir con las expectativas de los usuarios.

### Créditos.

Los autores agradecen y dan créditos al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por todas las facilidades y apoyo para la realización de este proyecto.

### Referencias Bibliográficas.

**Alcazar M.** (s. f.). Chiapas y sus artesanías. Servicios Educativos del Museo Regional de Chiapas.

**Instituto Nacional de Estadística y Geografía.** (2011), *Perspectiva Estadística Chiapas diciembre 2011*, acceso: 07/05/2012, <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/perspectivas/perspectiva-chs.pdf>.

### Información de los autores.



**Carlos Adrián Pérez Trujillo** es egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales y se especializa en el desarrollo de proyectos web.



**Héctor Guerra Crespo** es Doctor en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en 2011. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y en el área de Licenciatura en Sistemas Computacionales de la Universidad Autónoma de Chiapas, en ambas desde 1995, líder del cuerpo académico “tecnologías de información para el desarrollo regional” donde dirige el área de trabajo “aplicaciones sobre mapas” y colabora en la línea “tecnología para población con necesidades educativas especiales”. [www.hectorguerracrespo.com](http://www.hectorguerracrespo.com)



**Imelda Valles López.** Desde 1991 profesora del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Maestro en Administración por el I.T.T.G., en 2001 e Ingeniero en Sistemas Electrónicos por el ITESM en 1990. Docente de las materias de Redes, Teoría Matemática de la Computación y Compiladores. Fundador de la línea de trabajo "Desarrollo de software para hablantes en lenguas nativas del estado de Chiapas" (2010). Líder de la línea de investigación "Cómputo Educativo" desde 2012. Integrante del cuerpo académico "Tecnología computacional para el desarrollo regional" desde 2011. Profesora de tiempo completo con perfil deseable (2013-2016). Miembro del Sistema Estatal de Investigadores desde 2012.



**Jorge Octavio Guzmán Sánchez** tiene la Maestría en Ciencias de la Computación, especialidad bases de datos y sistemas de información, es Ingeniero en Sistemas Computacionales, profesional certificado por *Microsoft* en la administración de servidores con *Windows*. Ejerce la docencia desde hace más de una década, actualmente docente del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez así como en la Universidad Descartes.



**Aída Guillermina Cossío Martínez** es Maestra en Ciencias en Administración por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2002. Es profesora de tiempo completo del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales desde 1994. Se especializa en la formulación y evaluación de proyectos, así como el emprendimiento y desarrollo de planes de negocio.

# Medición de corriente eléctrica de casa habitación con tecnología optoelectrónica

## Electrical current measurement of room house with optoelectronic technology

Jorge Luis Camas Anzueto (1),  
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México  
[jcamas@ittg.edu.mx](mailto:jcamas@ittg.edu.mx).

Sergio Mendoza Vázquez (2), Universidad Autónoma de Chiapas, [smendoza@unach.mx](mailto:smendoza@unach.mx).

Rubén Grajales Coutiño (3), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México,  
[rubngc@hotmail.com](mailto:rubngc@hotmail.com).

Héctor Ricardo Hernández de León (4), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México,  
[hhernandezd@ittg.edu.mx](mailto:hhernandezd@ittg.edu.mx).

Vicente León Orozco (5), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México,  
[vleon@ittg.edu.mx](mailto:vleon@ittg.edu.mx).

Joel Gómez Pérez (6), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México,  
[jgomezp@ittg.edu.mx](mailto:jgomezp@ittg.edu.mx).

**Artículo recibido en noviembre 05, 2016; aceptado en diciembre 02, 2016.**

### Resumen.

*En este artículo se presenta un diseño optoelectrónico de un medidor digital de corriente eléctrica en casas habitación que utilizan medidores de disco. Se describe paso a paso el procedimiento con el cual el circuito funciona, a través de un diagrama a bloques. Se analiza la ventaja ante los medidores convencionales que CFE (Comisión Federal de Electricidad) tiene instalados en una casa-habitación en México. En el diseño propuesto se destaca la importancia de las aplicaciones de los microcontroladores en su momento, ya que toda la información es manejada o controlada por un microcontrolador PIC16F877. Este microcontrolador consta de un cristal externo como oscilador con una frecuencia de 4Mhz. El diseño presenta la información en una pantalla de cristal líquido (Liquid Crystal Display, LCD). Además, se utiliza una interrupción de luz como contador para cuantificar la corriente eléctrica de la casa-habitación.*

**Palabras clave:** corriente eléctrica, medidor digital, tecnología optoelectrónica.

### Abstract.

*This work, presents an optoelectronic digital meter of electrical current. The development of this design is described step by step with diagram to blocks. The advantage over conventional meters of CFE (Comisión Federal de electricidad) and the design proposed are analyzed. Information in the optoelectronic design is controlled by Microcontroller PIC16F877. This Microcontroller uses an external crystal as an oscillator with a 4 MHz frequency. The information is shown in a LCD (Liquid Crystal Display). In addition, to quantify the electrical current was necessary an interruption of light.*

**Keywords:** electrical current, digital meter, optoelectronic technology.

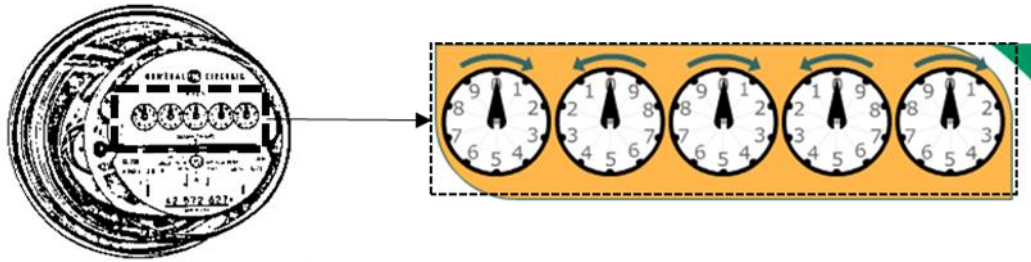
## 1. Introducción.

Un medidor o wathorímetro es un pequeño motor de inducción diseñado para medir energía eléctrica. El par en el medidor es producido por un electroimán llamado estator, el cual tiene dos juegos de devanados. Un devanado, llamado bobina de potencial, el otro devanado llamado bobina de corriente.

Estas dos bobinas, están arregladas de tal manera que sus campos magnéticos producen una fuerza en el disco del medidor la cual es directamente proporcional a la potencia de la carga conectada. El número de waththoras medido por cada revolución del disco se le conoce como constante del medidor o Kh. Las revoluciones del disco son contadas y presentadas a través de engranajes apropiados como kilowaththoras en el registro de waththorímetro (Angoa, 2012). La fórmula fundamental del waththorímetro puede escribirse como: Waththoras = Revoluciones del disco x Kh.

Existen medidores monofásicos y polifásicos (bifásicos y trifásicos). De acuerdo al consumo de potencia de las casas-habitación los waththorímetros usados en ellas son los de tipo monofásico y bifásico. Regla de la mano derecha, ley de los polos magnéticos y ley de inducción de Faraday.

Los medidores tienen una estructura en la cual se indica el consumo de kilowatts de manera mecánica mediante engranes que mueven manecillas similares a las de un reloj (fig. 1), sabemos que en la actualidad el ser humano ha comenzado a digitalizar su entorno, por lo que es necesario establecer sistemas de control e instrumentación que vayan a la par de la tecnología que se demanda hoy en día, es por ello que en este trabajo se da una alternativa para cambiar la presentación del consumo de corriente a una forma digital, además de incrementar la información presentada, como lo es el pago por los KWh y el consumo de aparatos específicos.



**Figura 1.** Manecillas del medidor común.

En este trabajo se presenta un medidor digital de corriente que proporciona una lectura a una persona con mayor facilidad que un medidor que CFE tiene en cada casa-habitación (figura 1). En este diseño se cuenta con un microcontrolador que utiliza un sistema digital, y con una programación adecuada es capaz de realizar diferentes actividades que requiera un sistema digital y de control. Para la presentación de la información se dispone del LCD, el cual es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos y se pueden representar 256 caracteres diferentes (Angulo et al., 2003; Hill & Peterson, 2007; Tohkheim, 1994). Dentro de los sistemas de medición que utilizan tecnología optoelectrónica se han reportado diferentes métodos, los cuales utilizan MEMS, Magnetoresistance, Magneto-optic entre otros (Camas et al., 2013; Son et al., 2016; Dabek et al., 2016; Huang et al., 2016; García et al., 2016).

La confiabilidad de este diseño es considerablemente fiable presentando información de consumo en KW-HR (Kilo-Watts-Hora), manejable y entendible para cualquier usuario, desarrollando un sistema de procesamiento de datos de entrada y teniendo un control para visualizar la información de interés.

## 2. Desarrollo.

El diseño de este proyecto consiste en calcular el consumo de los Kilowatts-Hora a partir del número de vueltas del disco del medidor de CFE. Teniendo en cuenta que éste puede ser Monofásico o Bifásico. En principio, para detectar el giro del disco se utiliza un diodo emisor infrarrojo y un fototransistor.

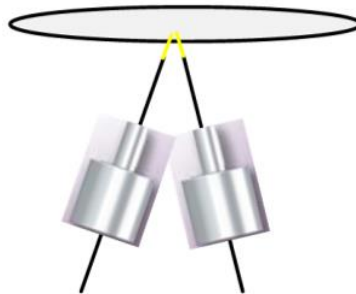
La fórmula fundamental del wathorímetro puede escribirse como:  $Watt\text{horas} = \text{Revoluciones del disco} \times \text{Kh}$  o  $Watts \times \text{Tiempo} = \text{Revoluciones del disco} \times \text{Kh}$ .

La cual se escribe normalmente en la ecuación (1):

$$Watts = \frac{3,600 \times \text{Revoluciones del disco} \times \text{Kh}}{\text{Tiempo en segundos}}$$

$$Watts = 60 \times \text{R.P.M.} \times \text{Kh} \tag{1}$$

Sabemos que para desarrollar un proyecto se necesita una gran recopilación de información, actividad que se realizó con búsqueda en páginas web, libros y directamente con el personal de Comisión Federal de Electricidad (CFE). Partiendo de la información obtenida, se procedió a analizar y con ello ir determinando las actividades a realizar. Al analizar la información, se optó por calcular el consumo de los Kilowatts-Hora partiendo del número de vueltas del disco del medidor, considerando también el tipo de este. (Monofásico o Bifásico), ya que para determinar el consumo se utiliza una formula en donde intervienen los giros y una constante de dicho medidor. Se determinaron dos opciones para detectar la vuelta del disco: 1.- En principio, se pretende utilizar un par de fibras ópticas con el fin de obtener una lectura del medidor convencional, dichas fibras se alinearán de tal manera que entre ellas exista un ángulo ( $\Theta$ ) que permitirá la reflexión perfecta de la luz desde una de ellas hacia la otra (figura 2), pudiendo así tener el conteo de cada giro del medidor del hogar. La decisión de utilizar a la fibra Óptica, va a depender de la factibilidad de alineación mecánica en función de la transmisión y recepción de luz. 2.- Utilizar un diodo emisor infrarrojo y un fototransistor alineados uno frente al otro, haciendo un pequeño orificio en el disco para dejar pasar la luz en cada giro. La opción que se eligió fue la de utilizar los infrarrojos, debido a la facilidad de su uso en la práctica y su valor económico accesible.



**Figura 2.** Esquema de dos fibras, enviando y recibiendo señal.

Para una exactitud de 100%, el disco del wathorímetro debe de dar una revolución completa en un tiempo predeterminado si una carga constante (watts) es aplicada. Esto indica que un medidor puede ser probado con un cronómetro bajo condiciones de carga constante. La luz enviada hacia al disco es reflejada por el mismo hacia el fototransistor. El disco cuenta con una línea oscura de aproximadamente 2mm de espesor. El fototransistor debe estar al mismo ángulo de inclinación a la cual se encuentra el emisor para que haya una buena recepción (ley de Reflexión). Cada vez que el disco gira, la línea oscura no reflejará luz y en ese momento habrá un conteo de revoluciones a la cual el disco gira. Teniendo cuantificadas el número de vueltas del disco en un lapso de tiempo se procede a determinar el consumo y pago a realizar, lo anterior lo determina un microcontrolador previamente

programado, al mismo tiempo un segundo microcontrolador se encarga de cuantificar el consumo de corriente de dispositivos comunes en una casa habitación. Los resultados se despliegan en una pantalla LCD. En la figura 3, se muestra un diagrama del diseño propuesto, indicando la etapa optoelectrónica, la cual proporciona la señal de entrada para los dos microcontroladores. También se muestra cada controlador y sus respectivas entradas y salidas, así como los dispositivos de visualización LCD.

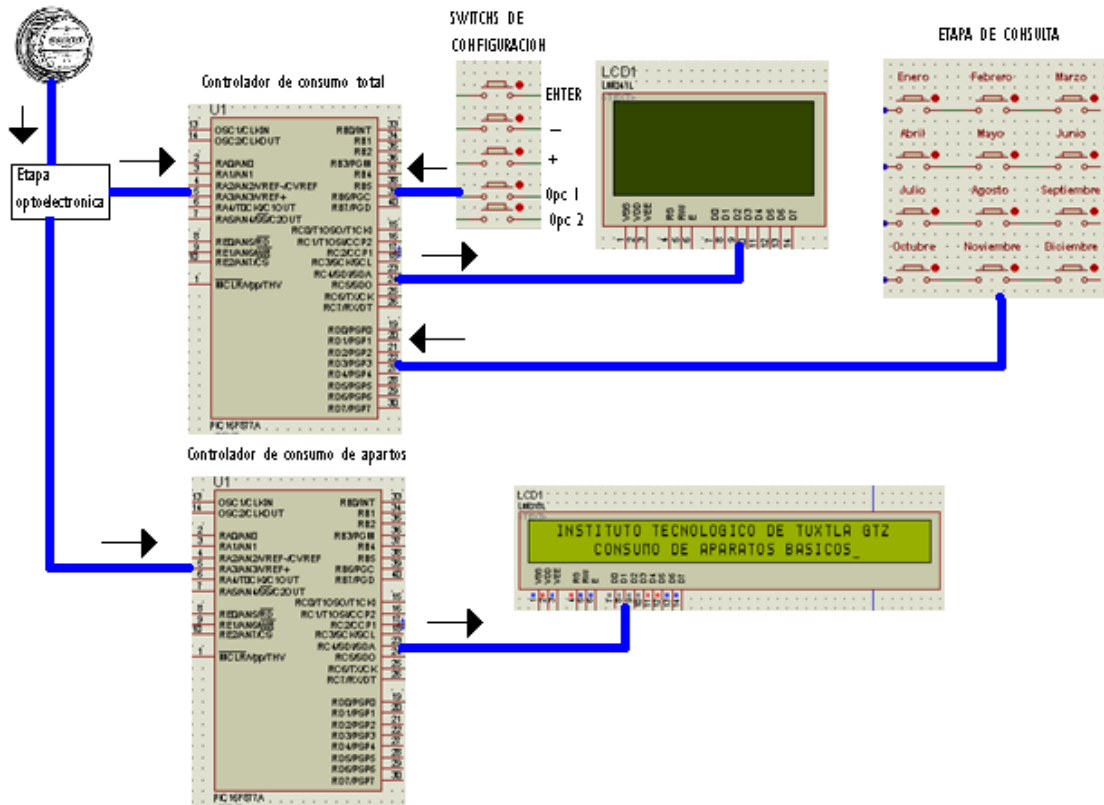


Figura 3. Esquema del diseño Optoelectrónico propuesto.

### 2.1 Control del sistema.

Como en todo sistema, es necesario tener un control de cada una de las entradas y salidas. En el diseño propuesto, el control lo hacen un par de microcontroladores PIC16F877, ya que este PIC tiene una variedad de puertos, además, soporta hasta 20 mhz de frecuencia máxima. Internamente contiene una memoria RAM y EEprom. Cada uno de ellos realiza diferentes acciones en el sistema, el primero se encarga de presentar el consumo total de la casa-habitación y el segundo nos muestra el consumo de corriente de manera individual de cada dispositivo electrónico común que se utiliza en una casa-habitación.

#### 2.1.1 Controlador de consumo total.

En la Figura 4, parte A se muestra el primer controlador que es el encargado de contar vía software el número de vueltas que el disco del medidor realiza a través de la activación de una de sus terminales provocada por la señal emitida desde la etapa optoelectrónica, con éste conteo se realizan operaciones matemáticas para determinar el consumo en Kilowatts – Hora y la cuota que se deberá de cubrir, imprimiendo los resultados cada hora en un LCD de 4 x 16 (Fila x Columna) que se observa en la Figura 2C. Al término de cada mes, tiene la tarea de almacenar los datos dentro de la memoria interna EEprom, por ultimo realiza la función de consulta, la cual se puede realizar en el momento que se desee.

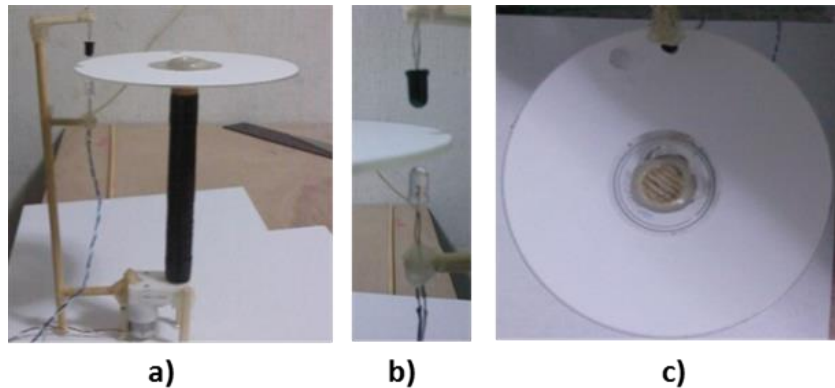
Cabe mencionar que antes de iniciar con el proceso antes mencionado, se entra a un menú de configuración, en donde la primer parte consta de la actualización de la fecha y hora de instalación. En forma de submenú se encuentra el apartado para seleccionar el tipo de medidor (Monofásico o Bifásico), posteriormente se entra al programa principal, en donde se visualiza el consumo de KWH y cuota descritos en el primer párrafo.

### 2.1.2 Controlador de consumo de aparatos.

En la figura 4, parte B se encuentra el segundo controlador que es el encargado de determinar el consumo de los aparatos básicos en una casa habitación (refrigerador, plancha, televisor, lavadora, computadora), a través de la medición del tiempo que tarda el disco del medidor en dar una vuelta. En base a una serie de datos almacenados en el microcontrolador, se puede relacionar el tiempo transcurrido por vuelta y así determinar el consumo del o los aparatos. Mandando los datos obtenidos en KWH a un LCD de 2 x 40 (Fila x Columna).

## 3. Resultados.

Para poder realizar experimentos acorde a la etapa optoelectrónica independiente del medidor de CFE, se diseñó un prototipo que simula las vueltas del medidor original (figura 4) en el cual se encuentra el diodo emisor infrarrojo y un fototransistor alineado de tal forma que en el disco existe un orificio en el cual la luz pasa hacia el fotodetector. Cada vez que la luz llega al fotodetector, se genera una fotocorriente logrando que se genere un voltaje positivo. Este voltaje es enviado al PIC16f877 como un pulso para su procesamiento interpretándolo como un conteo de una vuelta.



**Figura 4.** Prototipo que simula al disco giratorio de un medidor convencional de CFE.

El sistema se inicializa con un menú principal (figura 5). Seleccionando la opción deseada a partir de los botones de opc1 u opc2 (Figura 3, etapa Switch de configuración). Al seleccionar la opción 2, todos los datos y variables del programa se inicializarán.



Figura 5. Menú de inicio.

Al seleccionar la opción 1 de inicio, se tiene acceso a la parte de configuración de fecha y hora de instalación (figura 6), utilizando los botones de incremento y decremento se pueden establecer los valores exactos, pasando de un rubro a otro con el botón “enter”.

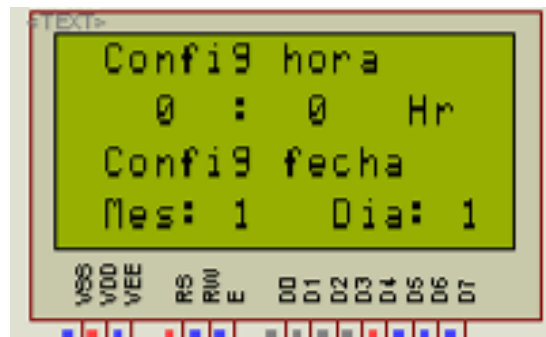


Figura 6. Configuración de fecha.

Al finalizar a configuración y pulsar el botón “enter”, se tiene acceso a otro menú (figura 7), en el cual se configura el tipo de medidor que la casa habitación tiene instalado, utilizando los botones de opción 1 ó 2.

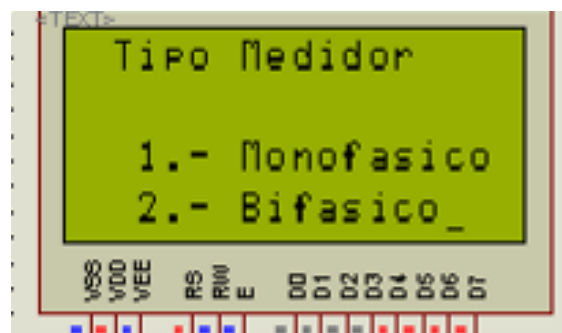
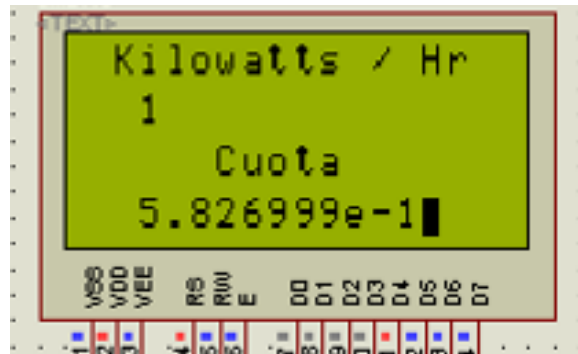


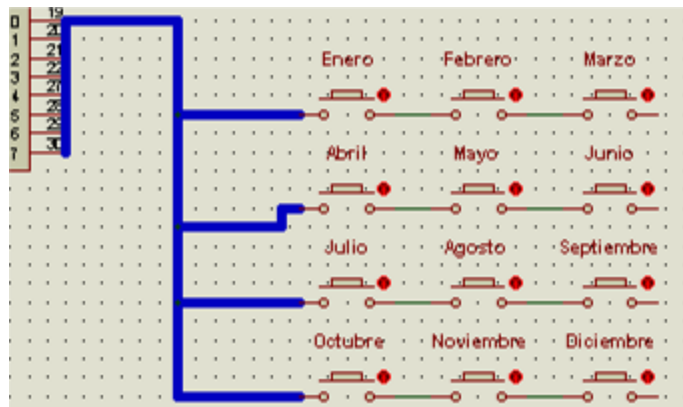
Figura 7. Seleccionar tipo de medidor.

Después de que se ha elegido el tipo de medidor, automáticamente se entra al programa principal (figura 7), en el cual se ilustra el consumo en Kilowatt – hora y la cuota a cubrir. La actualización de los datos en LCD se realizan cada lapso de 1 hr y al término de cada mes. El sistema almacena el consumo total en una memoria EEprom que se encuentra integrada al microcontrolador y las variables con los valores se inicializan.



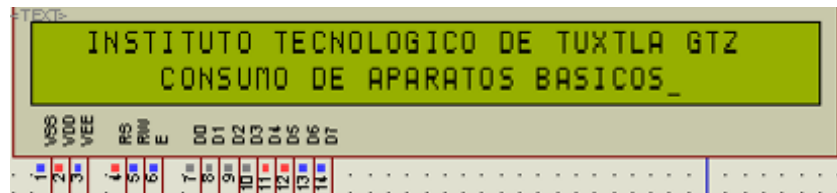
**Figura 8.** Consumo Kilowatt-hora.

Lo anterior se ejecuta mientras se seleccione la opción “Medidor” con el switch de modo. Cuando el switch se activa en la opción “lectura”, el sistema se detiene y espera que se seleccione el mes que se desea consultar, utilizando los botones que indican el mes (figura 9) e imprimiendo en la LCD el valor almacenado en la memoria interna EEprom. Al término de la consulta deberá de seleccionarse nuevamente la opción “Medidor”, para seguir con el funcionamiento principal.



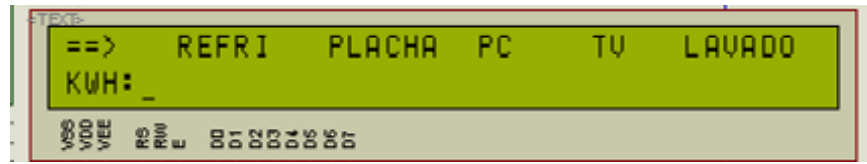
**Figura 9.** Tablero que selecciona el mes de consulta.

La etapa del segundo controlador, inicia con una referencia del proyecto en la pantalla LCD durante 5 seg. (figura 10).



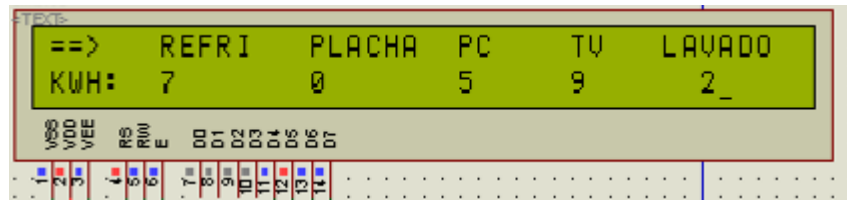
**Figura 10.** LCD mostrando la aplicación.

Después de dicho tiempo se imprimen los dispositivos electrónicos que el medidor cuantificará individualmente (figura 11).



**Figura 11.** Dispositivos electrónicos que cuantificará el medidor digital.

Cada vez que se detecta una vuelta, se incrementa un contador vía software, y al detectar otro giro, el controlador determina el tiempo que el disco demora en realizar la vuelta, dependiendo de los tiempos, se imprime en LCD el consumo de los aparatos (figura 11).



**Figura 12.** LCD mostrando ya el consumo de cada dispositivo electrónico en uso.x.

## Conclusiones.

Se ha diseñado un dispositivo digital optoelectrónico, en el cual la lectura del consumo de corriente eléctrica de una casa-habitación es mucho más rápida y fácil de obtener por un usuario, teniendo consigo ventaja sobre los medidores convencionales de CFE. En este medidor, un usuario puede tener el control del consumo de corriente eléctrica consume mensualmente y el costo de la misma, y así controlar el consumo de energía eléctrica de manera adecuada. La parte de control de consumo total es aplicable a cualquier casa-habitación que se desee. Cabe mencionar que el control de consumo de aparatos eléctricos se ve afectado dependiendo del tipo de centro de carga que se utilice en la casa-habitación. El problema se resuelve llevando a cabo un estudio del comportamiento del centro de carga y reprogramando el microcontrolador. En general este diseño puede ser de gran utilidad en el ahorro de energía eléctrica.

## Créditos.

Al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por financiamiento parcial de éste proyecto, con número 5906.16-P y proyecto interno 2016.

## Agradecimientos.

Los autores agradecen a la carrera de Ingeniería Electrónica y a la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por el apoyo otorgado en la realización de éste proyecto.

## Referencias Bibliográficas.

**Fernando Angoa Hernández.** (2012). Generalidades y Calibración de wathhorímetros Digitales F12H. FIME, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz.

- Fredrick J. Hill & Gerald R. Peterson.** (2007). “Digital Logic and Microprocessors”, Ed. Wiley. USA. ISBN: 04-710-8539-1
- J.L. Camas-Anzuetto, J.B. Roblero-Galdámez, R. Vázquez-Sánchez, C. García-Lara, G. Anzuetto-Sánchez, M. Pérez-Patricio, S. Mendoza-Vázquez, A. Medina-Santiago.** (2013) Novel approach to indirect measurements of alternating current based on the interrogation of an all-fiber laser, *Measurement* 46, 4108–4113.
- Jong-Duk Son, Byung-Hyun Ahn, Jeong-Min Ha, Byeong-Keun Choi.** (2016). An availability of MEMS-based accelerometers and current sensors in machinery fault diagnosis, *Measurement, Volume 94, December, 680-691.*
- Jose Ma. Angulo Usategui, Susana Romero Yesa, Ignacio Angulo Martínez.** (2003). “Microcontroladores PIC: Diseño Práctico de Aplicaciones”, Ed. MC GrawHill. España. ISBN: 84-481-3788-4.
- Michał Dąbek, Piotr Wiśniowski, Paweł Kalabiński, Jerzy Wrona, Anastasiia Moskaltsova, Susana Cardoso, Paulo P. Freitas.** (2016). Tunneling magnetoresistance sensors for high fidelity current waveforms monitoring, *Sensors and Actuators A: Physical, Volume 251, 1 November. 142-147.*
- R. García, E. Blanco, M. Domínguez.** (2016). Development of a magneto-optical sensor prototype to measure current by means of the induced magnetic field, *Sensors and Actuators A: Physical, Volume 249, 1 October, 231-241.*
- Roger L. Tohkheim.** (1994). “Electrónica Digital”, Ed. Reverte S. A. España. ISBN:84-291-3453-0
- Zhangting Huang, Hao Zhang, Junzhen Jiang, Yishen Qiu, Gaoming Li, Yu Zhang, Weijun Li.** (2016). A quasi-distributed all-fiber current sensor based on series structureOriginal, *Optical Fiber Technology, Volume 32, December 2016, Pages 1-5.*

### Información de los autores.



**Jorge Luis Camas Anzuetto** es graduado como Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, Miembro honorífico del Sistema Estatal de Investigadores. Actualmente docente-investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y de la carrera en Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Sensores ópticos, sensores de fibra óptica, optoelectrónica y optomecatrónica.



**Sergio Mendoza Vázquez** graduado como Ingeniero en Electrónica 1996 por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). En 2006 Investigador de la Benemerita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Actualmente docente-investigador en la Licenciatura en Física y Matemáticas en el CEFyMAP de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Su área de interés es optoelectrónica, fibras ópticas, comunicaciones y óptica no lineal.



**Rubén Grajales Coutiño** tiene la Licenciatura en Ingeniería en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), Maestría y Doctorado en Ciencias con especialidad en Óptica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Posteriormente, realizó una estancia Posdoctoral (2 años) en el Centro de Investigaciones en Óptica (CIO), es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1, ha publicado 12 artículos de riguroso arbitraje a nivel internacional, más de 20 congresos internacionales. Sus investigaciones están dirigidas en el estudio teórico, numérico y experimental de nuevas arquitecturas de switches ópticos de fibra, en particular interferómetros de Sagnac para el procesamiento digital todo-óptico, la caracterización de trenes de pulsos ópticos ultracortos y el amarre de modos pasivo y desarrollo de láseres de fibra dopada continuos y pulsados ajustables y a múltiples longitudes de onda. Actualmente imparte clases en la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Héctor Ricardo Hernández de León** es graduado como Ingeniero en Electrónica por el Instituto Politécnico Nacional, Doctorado en Ciencias en Sistemas Automatizados por el Instituto de Ciencias Aplicadas INSA-Toulouse-Francia. Actualmente investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y la Carrera de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Control Inteligente y diagnóstico de fallas en plantas de agua potable.



**Vicente León Orozco** es graduado como Ingeniero Eléctrico Por el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Diplomado en Telecomunicaciones por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, y Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el Instituto Tecnológico de Toluca. Actualmente presidente de la Academia de Electrónica y Docente de la carrera en Ingeniería Electrónica. Su área de interés es desarrollo de sistemas optoelectrónicos, sistemas de comunicaciones y fibras ópticas.



**Joel Gómez Pérez** es Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2005 y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2013. Ha colaborado con la Universidad Politécnica de Chiapas en el área de Ingeniería Mecatrónica. Actualmente es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2010 y colaborador de la Universidad del Valle de México desde 2013. Es miembro del Sistema Estatal de Investigadores desde 2011.



# Modelo neurodifuso para el control de humedad del suelo en cultivo hidropónico para la planta de tomate.

## Neurofuzzy model for the soil moisture control in hydroponic crop for tomato plant.

Mario Culebro de la Piedra (1).  
Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
[mculebrodlp@hotmail.com](mailto:mculebrodlp@hotmail.com).

Marcos Rafael Gómez Gómez (2), estudiante, I.T. de Tuxtla Gutiérrez, [marcosaguila\\_11@hotmail.com](mailto:marcosaguila_11@hotmail.com).

Aída Guillermina Cossío Martínez (3), I.T. de Tuxtla Gutiérrez, [acossio\\_m@yahoo.com](mailto:acossio_m@yahoo.com).

Joaquín Adolfo López Molina (4), I.T. de Tuxtla Gutiérrez, [jmontes@ittg.edu.mx](mailto:jmontes@ittg.edu.mx).

Néstor Antonio Morales Navarro (5), I.T. de Tuxtla Gutiérrez, [nstrmorales@gmail.com](mailto:nstrmorales@gmail.com).

Jorge Octavio Guzmán Sánchez (6), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [jogs78@gmail.com](mailto:jogs78@gmail.com).

**Artículo recibido en septiembre 26, 2016; aceptado en diciembre 08, 2016.**

### Resumen.

*Este trabajo presenta el diseño de un sistema neurodifuso para un cultivo hidropónico de la planta de tomate, que controla la humedad del suelo mediante un riego automatizado. Este modelo utiliza una red neuronal tipo feedforward con algoritmo backpropagation (topología multicapa) y el sistema difuso tipo Takagi-Sugeno. La red neuronal emplea los valores de entradas de los sensores de humedad y el sistema difuso los valores de salida para el control de humedad del cultivo. Los algoritmos del sistema neurodifuso fueron desarrollados y simulados en MatLab e implementados en una placa Arduino.*

**Palabras clave:** Modelo neurodifuso, cultivo hidropónico, redes neuronales, lógica difusa.

### Abstract.

*This work presents the design of a neurofuzzy system for a hydroponic crop of the tomato plant, which controls the soil moisture through an automated irrigation. This model uses a feedforward neural network with backpropagation algorithm (multiplayer topology) and the Takagi-Sugeno type diffuse system. The neural network uses the input values of the moisture sensors and diffuse system the output values for the control of crop moisture. The algorithms of the neurofuzzy system were developed and simulated in MatLab and implement on Arduino board.*

**Keywords:** Neurofuzzy model, hydroponic crop, neural networks, fuzzy logic.

## 1. Introducción.

El tomate es uno de los productos agrícolas con mayor valor económico a nivel mundial; además cabe destacar que es uno de los primeros cultivos producidos por el método hidropónico. Es importante mencionar que gracias a los altos estándares de producción que presenta el tomate mexicano, es una de las hortalizas con mayor demanda tanto a nivel nacional como internacional ya que cuenta con un alto grado de calidad e inocuidad, que lo hacen, una de las

especies vegetales con más rendimiento y rentabilidad. De acuerdo con datos arrojados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), a lo largo del 2014 México produjo cerca de 2.8 millones de toneladas de jitomate, razón por la cual su producción ocupa el segundo lugar después del cultivo de chile.

En México existen seis millones de hectáreas de riego y 15 a 16 millones de hectáreas de temporal, por lo tanto la frontera productiva está muy limitada y los sistemas tradicionales de producción no alcanzan a cosechar lo que nuestro país necesita de alimentos. Un gran reto para el país es el de generar tecnologías que ayuden al desarrollo de una mejor producción, manteniendo los altos estándares de calidad adecuados a las condiciones que hoy en día se presentan.

Ante ello están surgiendo sistemas alternativos que pueden ayudar a cubrir el déficit en la producción de alimentos del país, como lo es la hidroponía, una forma de producción que no necesita de suelos y por lo mismo no depende de fenómenos meteorológicos, con ello permite reducción de costos de manera considerable y cosechas fuera de estación, además de que brinda elevados rendimientos y alta calidad en los alimentos. Lo anterior se expuso en el marco del Primer Curso-Congreso Internacional de Hidroponía en México, organizado por la Asociación Hidropónica Mexicana, presidida por Gloria Samperio Ruiz.

El sistema de hidroponía consiste en efectuar cultivos prescindiendo de la tierra, utilizando sustratos inertes (grava, arena, cascarillas, etc.) e implica la alimentación de la planta mediante una solución nutritiva disuelta en agua, así como el máximo aprovechamiento de este vital líquido al utilizar riego por goteo o un sistema de reciclaje.

Samperio (2014) señaló que entre sus proyectos a corto plazo está el de seguir enseñando la hidroponía en forma básica para cubrir el renglón de autoconsumo y después ir a un nivel más avanzado de venta para que posteriormente se logre la exportación a través de muchos productores.

Entre los avances de los propios cultivos de la Asociación Hidropónica Mexicana se tiene el de que en diciembre de 1998 se cultivaron 109 toneladas de jitomate en cinco mil metros. Samperio explicó que existen tres niveles de la hidroponía: el de autoconsumo, el de comercio y el de industrial. Para una producción de autoconsumo, se recomienda conocer siempre la información de lo que se va a cultivar y siguiendo una serie de procedimientos sencillos a más tardar en 90 días se tiene una cosecha para autoconsumo.

## 2. Métodos.

### **Cultivo hidropónico del tomate.**

El sustrato utilizado en el cultivo hidropónico se conformó de una mezcla entre *peat moss* con arena, el *peat moss* es un material con buena retención de humedad, buena aireación y alto contenido de materia orgánica, por su parte la arena es uno de los sustratos que más se emplean en los cultivos hidropónicos por su facilidad de uso, granulometría y porque genera un buen drenaje general al homogeneizarse bien con el resto de componentes del sustrato.

El crecimiento y desarrollo del jitomate comprende de 3 a 5 etapas, las cuales tienen una duración diferente dependiendo del ambiente y las técnicas de producción, pero sobre todo, dependiendo del hábito de crecimiento (determinado o indeterminado). En igualdad de condiciones lo normal es que la duración de cada etapa sea mayor en las variedades indeterminadas. Las etapas de germinación, crecimiento, floración y fructificación se dan mejor bajo un ritmo alternante de temperatura entre el día y la noche que a una temperatura constante (Maroto, 1989).

Resh (2002) considera que el tomate es una planta con exigencias relativamente bajas en cuanto a la humedad del suelo, lo cual es debido a la armonía estructural entre el sistema radical, que absorbe agua con facilidad, y el sistema foliar, que gasta agua con dificultad. Una deficiencia de humedad provoca reducción del crecimiento, reduce la etapa de crecimiento y el periodo funcional de las hojas.

La humedad del sustrato del cultivo hidropónico es controlada a través de un riego automatizado, el funcionamiento del sistema de riego es activado cuando los sensores detectan una baja humedad dentro del sustrato (suelo) y es apagado cuando los sensores detectan un porcentaje alto de humedad.

**Sistemas neurodifusos.**

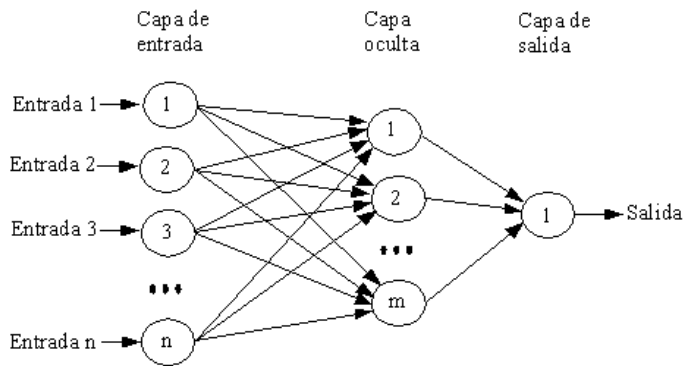
Para este proyecto se utilizó un sistema de control Neuro-Difuso, los sistemas basados en modelos neurodifusos combinan las fortalezas de las redes neuronales y la lógica difusa; por un lado tenemos que las redes neuronales son buenas en el reconocimiento de patrones, capacidad adaptativa, aprendizaje, paralelismo y generalización, en cambio la lógica difusa provee un mecanismo de inferencia bajo incertidumbre cognitiva de una forma como lo realiza el ser humano.

**Redes neuronales.**

Las redes neuronales artificiales son un campo muy importante dentro de la inteligencia artificial. Romero (2007) describe, inspirándose en el comportamiento conocido del cerebro humano (principalmente el referido a las neuronas y sus conexiones), se permite resolver problemas que no pueden ser solucionados usando algoritmos convencionales.

Las redes neuronales pueden ser clasificadas según el tipo de aprendizaje (supervisado, no supervisado), el tipo de aplicación y la arquitectura de la conexión (monocapa, multicapa). Una de las principales características de las redes neuronales, es su capacidad de aprendizaje, a la hora de entrenar la red neuronal, se busca conseguir que una aplicación determinada, para un conjunto de entradas produzca el conjunto de salidas deseadas o mínimamente consistentes. Este proceso de entrenamiento consiste en la aplicación secuencial de diferentes conjuntos o vectores de entrada para que se ajusten los pesos de las interconexiones según un procedimiento predeterminado.

En las redes neuronales artificiales existen dos capas con conexiones, con el mundo exterior. Una capa de entrada, donde se presentan los datos a la red, y una capa de salida que mantiene la respuesta de la red a una entrada. El resto de las capas reciben el nombre de capas ocultas. La Figura 1, muestra el aspecto de una red neuronal artificial.



**Figura 1.** Arquitectura de una Red Neuronal Artificial Multicapa.

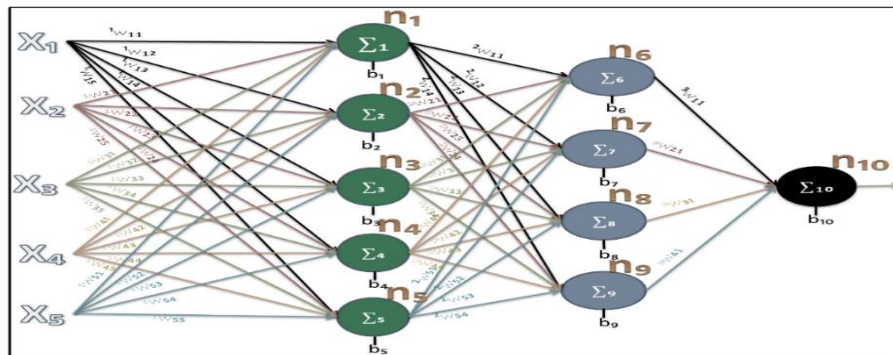
**Red neuronal tipo feedforward.**

La red neuronal tipo feedforward, como su nombre lo indica, en este tipo de redes se empieza con un vector de entradas el cual es equivalente en magnitud al número de neuronas de la primera capa de la red, las cuales procesan dicho vector elemento por elemento en paralelo. La información, modificada por los factores multiplicativos de los pesos en cada neurona, es transmitida hacia adelante por la red pasando por las capas ocultas para finalmente ser procesada por la capa de salida.

Es importante mencionar que las redes feedforward son las más sencillas en cuanto a implementación y simulación, pero su desempeño es bueno para aplicaciones en los que no se requiera que la red retenga información de eventos pasados como ayuda para evaluar eventos futuros. Cada vector de entrada presentado como entrenamiento para este tipo de redes es una entidad aislada del resto y, al final de dicho periodo de prueba, la red estará lista para comenzar a identificar y clasificar patrones o cualquier otra aplicación que se le quiera dar. (Haykin 1998).

**Red neuronal para el control de humedad**

Se creó una red neuronal tipo feedforward, como se muestra en la figura 2, para controlar la humedad del cultivo hidropónico contando con 5 neuronas de entradas en la primera capa, 4 neuronas en la capa oculta y una capa de salida con 1 neurona.



**Figura 2.** Red neuronal tipo feedforward [5 4 1].

La red neuronal artificial fue creada con el programa MATLAB, utilizando el paquete de la “Neural Network Toolbox”, que contiene una serie de funciones para crear y trabajar con redes de neuronas artificiales que comúnmente se entrenan por aprendizaje supervisado, aunque también soporta el aprendizaje no supervisado y el diseño directo, en MATLAB se realizó el proceso de aprendizaje, entrenamiento y las funciones de transferencia.

Para los valores de entrada de la red neuronal se utilizaron 5 sensores de humedad FC-28, los valores de los sensores de humedad fueron establecidos en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Escala de valores de entrada y salida de la red neuronal.

No	Valores de entrada	Valores de salida	Observaciones
1	1023	100	Seco
2	1000	100	Seco
3	900	100	Seco
4	800	75	Seco
5	700	75	Seco
6	600	50	Seco
7	500	50	Optimo
8	400	30	Optimo
9	300	30	Optimo
10	200	0	Húmedo
11	100	0	Húmedo
12	0	0	Húmedo

Con los datos establecidos se codificó en MATLAB la red neuronal, realizando el proceso de entrenamiento, aplicando el algoritmo backpropagation y utilizando las funciones de transferencia para generar los valores de entrada a la lógica difusa.

### Lógica difusa.

Los sistemas lógicos difusos son sistemas basados en reglas, las cuales son expresadas como implicaciones lógicas, es decir, en forma de sentencias SI-ENTONCES. La implicación refleja la relación que guarda un hecho derivado de otro y pertenece a una rama de las matemáticas conocida como lógica (Chahuara, 2005).

La lógica difusa permite tratar información imprecisa, como estatura media o temperatura baja, en términos de conjuntos borrosos que se combinan en reglas para definir acciones: si la temperatura es alta entonces enfriar mucho. De esta manera, los sistemas de control basados en lógica difusa combinan variables de entrada, definidas en términos de conjuntos difusos, por medio de grupos de reglas que producen uno o varios valores de salida. Los más populares sistemas de lógica difusa que se encuentran son los siguientes tipos: sistemas difusos tipo Mamdani (con fuzzificador y defuzzificador) Sistemas difusos tipo Takagi-Sugeno.

### Sistema difuso tipo Takagi-Sugeno.

El modelo difuso de Takagi-Sugeno fue propuesto por Takagi, Sugeno y Kang, en un esfuerzo para formalizar un método sistemático para generar reglas difusas a partir de un conjunto de datos de entradas y salidas.

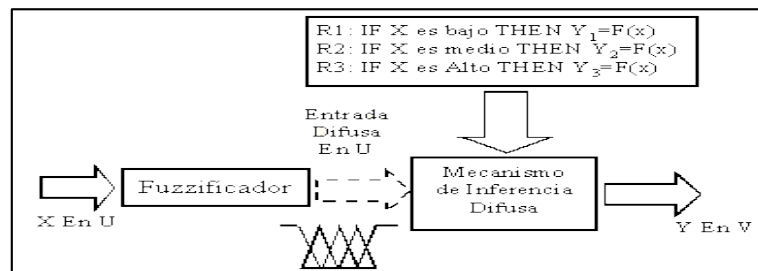


Figura 3. Sistema difuso Sugeno procesamiento general.

Los sistemas difusos Sugeno, como se muestra en la figura 3, se distinguen las siguientes partes:

- Fuzzificador, la entrada de un sistema de lógica difusa tipo Sugeno normalmente es un valor numérico proveniente, por ejemplo, de un sensor; para que este valor pueda ser procesado por el sistema difuso se hace necesario convertirlo a un "lenguaje" que el mecanismo de inferencia pueda procesar. Esta es la función del fuzzificador, que toma los valores numéricos provenientes del exterior y los convierte en valores "difusos" que pueden ser procesados por el mecanismo de inferencia. Estos valores difusos son los niveles de pertenencia de los valores de entrada a los diferentes conjuntos difusos en los cuales se ha dividido el universo de discurso de las diferentes variables de entrada al sistema.
- Mecanismo de inferencia difusa, teniendo los diferentes niveles de pertenencia arrojados por el fuzzificador, los mismos deben ser procesados para generar una salida difusa. La tarea del sistema de inferencia es tomar los niveles de pertenencia y apoyado en la base de reglas generar la salida del sistema difuso.
- Base de reglas difusas, en el sistema difuso tipo Sugeno, los valores que arrojan los consecuentes de las diferentes reglas que se han activado en un momento determinado ya son valores numéricos por lo que no se necesita una etapa de defuzzificación. Para calcular la salida del sistema difuso se ponderan los diferentes consecuentes teniendo en cuenta el valor que se activó el antecedente de cada una de las reglas.



Figura 4. Bases de reglas difusas.

### 3. Desarrollo.

El desarrollo del proyecto se dividió en 4 etapas y se utilizó un modelo de lazo cerrado (figura 5), con una entrada de referencia, aplicando el sistema neurodifuso (red neuronal y lógica difusa) para tener una salida controlada, con el propósito de retroalimentar el sistema.

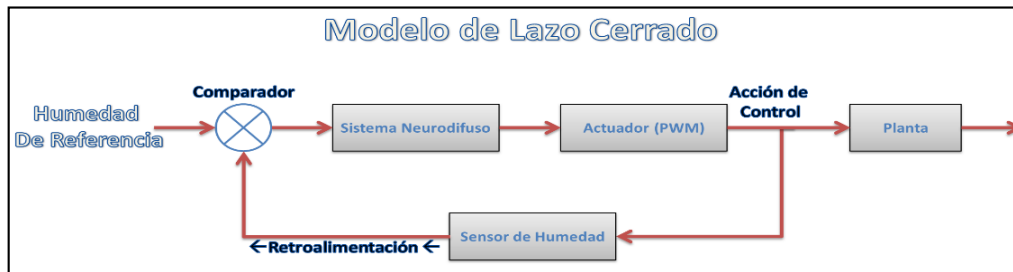


Figura 5. Modelo de lazo cerrado.

1.- Creación de la red neuronal artificial en Matlab.

- a) Se crea la variable “h” (humedad) que almacena los valores de las 5 entradas de los sensores de humedad, los cuales reciben valores desde 0 = muy húmedo, hasta 1023 = muy seco.
- b) Crear la variable “hs” es el porcentaje de salida, con valores entre 0 a 100.
- c) Se crea la red neuronal “net” agregando la matriz con los valores mínimos y máximos, tamaño de la capa, funciones de transferencia y entrenamiento.

```
>> h=[1023 1000 900 800 700 600 500 400 300 200 100 0; 1023 1000 900 800 700 600 500 400 300 200 100 0;
1023 1000 900 800 700 600 500 400 300 200 100 0; 1023 1000 900 800 700 600 500 400 300 200 100 0;
1023 1000 900 800 700 600 500 400 300 200 100 0];
>> hs = [100 100 100 75 75 50 50 30 30 0 0 0];
>> net = newff(minmax(h),[5 4 1],{'tansig','tansig','purelin'},'trainlm');
```

Figura 6. Creación de la red neuronal.

- d) Se inicializa la red “net” mediante el comando “init”.
- e) Se agrega el error máximo permitido.
- f) Se procede a entrenar la red “net” con el comando “train”, con lo que MatLab entrenara la red hasta alcanzar el performance esperado.

```
>> net = init(net);
>> net.trainparam.goal = 1e-05;
>> net = train(net, h, hs);
```

Figura 7. Inicialización y entrenamiento de la red neuronal.

- g) Simulación de la red neuronal, una vez entrenada la red neuronal, podemos aplicar un patrón real a la entrada y comprobar en la salida los valores que nos proyecta.

```
>> output = sim(net,h)

output =

Columns 1 through 11

55.4417 55.4384 55.4084 55.3052 54.9394 54.0435 52.9038 52.0429 51.5570 51.3217 51.2160

Column 12

-0.0035
```

**Figura 8.** Simulación de la red neuronal para comprobar los resultados.

- h) Por último procedemos a obtener los pesos y bias de cada una de las capas de la red neuronal con los comandos “net.iw{1,1} y net.b{1}” respectivamente. El mismo procedimiento se aplica para las capas 2 y 3, por lo que no se explica.

```
>> net.iw{1,1}

ans =

0.1383 0.1401 0.1390 0.1418 0.1406
0.0580 0.0625 0.0626 0.0616 0.0607
0.0013 -0.0019 0.0002 -0.0003 -0.0016
0.0685 0.0664 0.0704 0.0666 0.0674
0.1667 0.1638 0.1668 0.1660 0.1626

>> net.b{1}

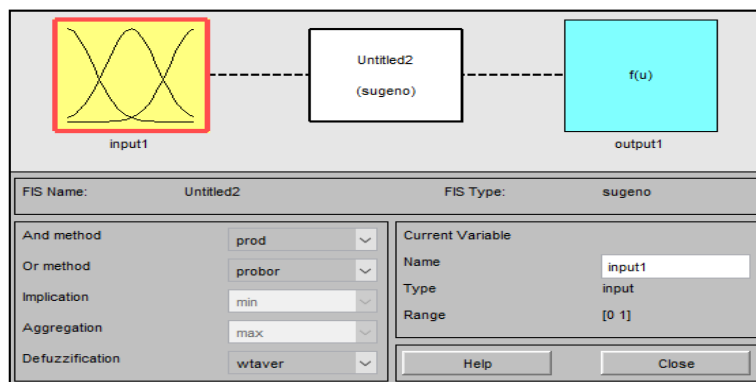
ans =

0.0211
2.6979
1.4129
0.2235
1.6849
```

**Figura 9.** Pesos y bias de la capa 1.

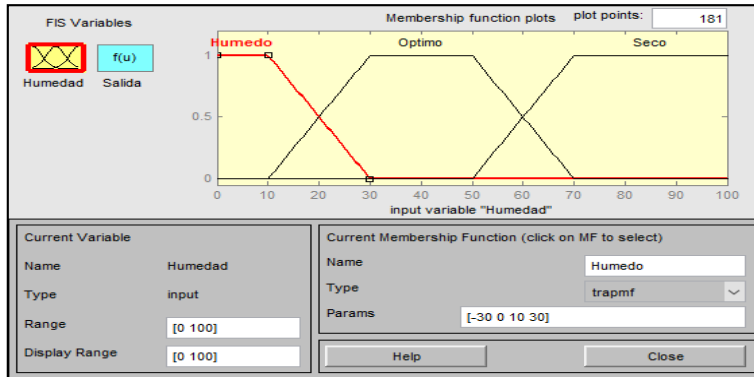
2.- Desarrollo de lógica difusa aplicando el modelo Takagi-Sugeno, debido a que ya están definidas las salidas del voltaje en relación a la entrada, estableciendo los valores definidos en la tabla 1 de la escala de control de humedad, se generan 3 subconjuntos trapezoidales.

- a) Se ejecuta el comando “Fuzzy” en Matlab para iniciar la interfaz gráfica y se establecen los valores de entrada, que estarán en un rango de 0 a 100.



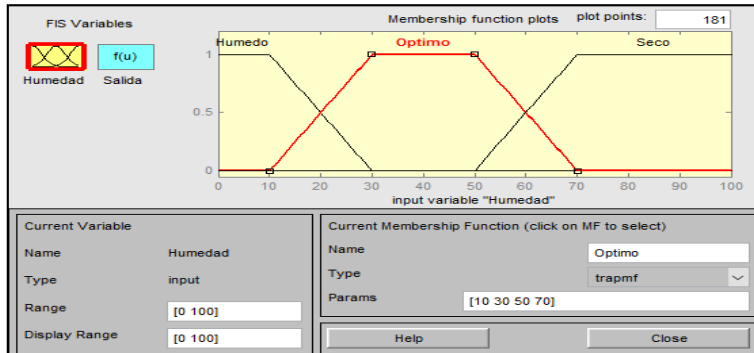
**Figura 10.** Interfaz gráfica en MatLab modelo Sugeno.

- b) Creación del primer subconjunto difuso “Humedo” con un rango de  $[-30 0 10 30]$ , función trapmf.



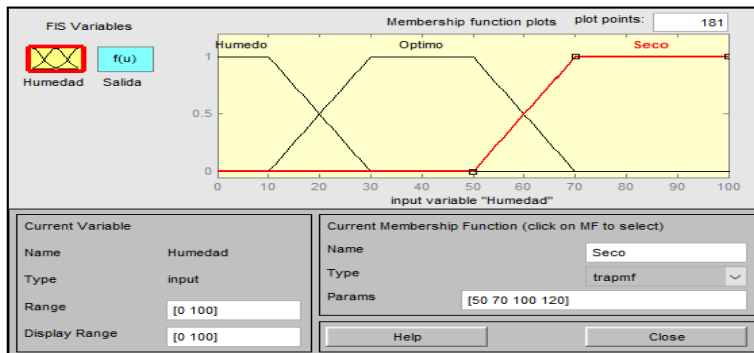
**Figura 11.** Subconjunto trapezoidal Humedo de la lógica difusa.

- c) Creación del segundo subconjunto difuso “Óptimo” con un rango de  $[10 30 50 70]$ , función trapmf.



**Figura 12.** Subconjunto trapezoidal Óptimo de la lógica difusa.

- d) Creación del primer subconjunto difuso “Seco” con un rango de  $[50 70 100 120]$ , función trapmf.



**Figura 13.** Subconjunto trapezoidal Seco de la lógica difusa.

- e) Se asignan los siguientes valores a la salida de lógica difusa Sugeno (estos valores serán la salida para el PWM del código en Arduino, debido a que el circuito creado utiliza estos valores para hacer funcionar a la bomba sumergible):

- Cuando la humedad es BAJA se activara la señal del PWM con un salida de 150.
- Cuando la humedad es MEDIA se activara la señal del PWM con una salida de 50.
- Cuando la humedad es ALTA se activara la señal del PWM con una salida de 0.



**Figura 14.** Variables de salida modelo Sugeno.

- f) A continuación se mencionan las reglas de inferencia utilizadas en el sistema difuso:
- Si la humedad es ALTA entonces la salida es BAJA.
  - Si la humedad es OPTIMA entonces la salida es MEDIA.
  - Si la humedad es BAJA entonces la salida es ALTA.

3.- Desarrollo de código del sistema neurodifuso en el IDE Arduino con los valores obtenidos en la red neuronal y en la lógica difusa, y al finalizar su respectiva quema en una placa Arduino.

- a) Declaración de variables:
- Se declaran cinco variables para recibir los datos de los cinco sensores de humedad FC-28.
  - Se declaran diez variables para las neuronas de la red neuronal.
  - Se declaran nueve variables para aplicar las funciones de transferencia.
  - Se declaran tres variables con la función de pertenencia tipo trampf.
  - Se declaran tres variables más para la salida del PWM (la intensidad de corriente que recibirá la bomba).
  - Se declara una variable para la constante “e”.
- b) Los resultados de salida obtenidos de la red neuronal, son los valores de entrada que se usan para el proceso de la lógica difusa, todo esto codificado en el IDE Arduino, a continuación de muestra una parte del desarrollo.
- Se leen los puertos analógicos, asignando este valor a cada variable perteneciente a cada sensor.
  - Se asignan los valores de pesos y bias a cada neurona de nuestra red en específico de nuestras tres capas totales de la red neuronal.
  - Se aplica la función de transferencia a cada neurona de nuestras tres capas, iniciando en la primer capa, en seguida a la segunda capa y al final a la tercer capa (capa de salida).
  - Se prosigue con el desarrollo de la parte de lógica difusa, que nos generará una salida por el pin 9 (PWM) de nuestra placa Arduino, esta última salida generada por el sistema será la encargada de activar y/o desactivar la bomba de agua, encargada del riego del cultivo.

```

Sistema_Neurodifuso $
#include <math.h> //Libreria para operaciones matematicas
float h1, h2, h3, h4, h5; // Variables de los sensores de humedad
float n1, n2, n3, n4, n5, n6, n7, n8, n9, n10; //Variables de las neuronas de la red
float s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7, s8, s9; // Variables de las funciones de transferencia
float p_bajo, p_normal, p_alto, v; //Variable de las potencias
const int v1 = 0, v2 = 50, v3 = 150; //Salida del PWM
float e = 2.71828182;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  h1 = analogRead(0); //Se leen los valores de entrada
  h2 = analogRead(1);
  h3 = analogRead(2);
  h4 = analogRead(3);
  h5 = analogRead(4);
  
```

Figura 15. Desarrollo en el IDE Arduino.

4.- Implementación de todos los componentes para la puesta en marcha del sistema.

- a) Se utilizó un contenedor con medidas de 138.5 cm de largo, 78.5 cm de ancho y 30 cm de profundidad.
- b) Se utilizó una mezcla de peat moss con arena, en cantidades de 70% y 30% respectivamente como sustrato para nuestro cultivo, colocado en el contenedor.
- c) Se realizó una práctica de laboratorio para conocer la capacidad de retención de agua (CRA) presente en el sustrato.
- d) Se realizó la siembra en charola de las semillas de tomate, para posteriormente de 12 a 15 días realizar el trasplante de las plántulas al contenedor.
- e) Instalación de los 5 sensores de humedad Fc-28 a lo largo y ancho del contenedor.

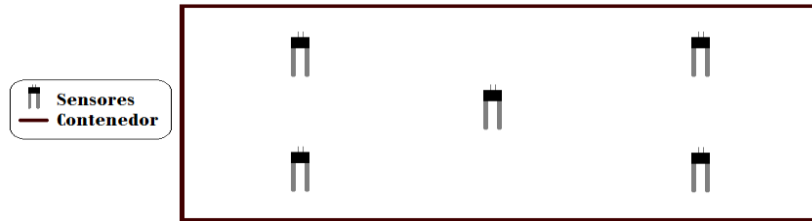


Figura 16. Esquema de distribución de los sensores de humedad FC-28.

- f) Instalación del sistema de riego, utilizando 8 metros de manguera de cristal de 3/4" y para obtener un riego más uniforme sin perder potencia en la salida de agua, se adaptó un empalme para conectar tres partes de la manguera y así poder distribuirse mejor por el contenedor.

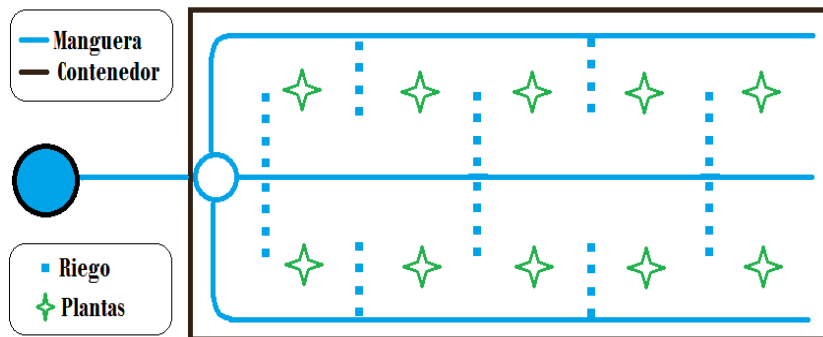
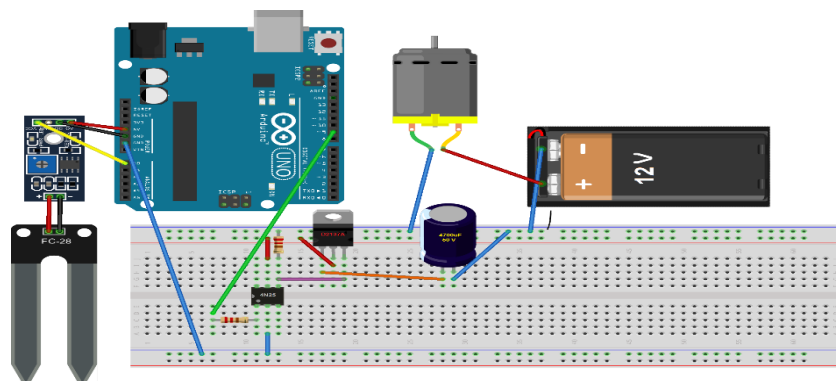


Figura 17. Esquema de distribución del sistema de riego.

- g) Se realizó un circuito necesario para el funcionamiento de la bomba.



**Figura 18.** Diagrama esquemático de las conexiones del circuito.

- h) La bomba de agua fue colocada en un recipiente con una capacidad de más de 10 litros de agua, la bomba debe ir conectada a una alimentación de 12v, y su entrada negativa a la salida del circuito, el cual su valor es dado por la salida del pin 9 (PWM) del Arduino.
- i) Se alimentó a la placa Arduino con una power bank (batería externa) de 3000 mAh, que cuenta con un puerto USB, donde se conectó el Cable USB Tipo A-B, la cual lo alimenta correctamente para su funcionamiento.
- j) Una vez que el sistema cuente con alimentación necesaria, 5v para la placa Arduino y 12v para la bomba, el sistema comenzara a trabajar autónomamente, censando y activando la bomba según la necesidad del suelo.

### Conclusiones.

El sistema neurodifuso aplicado al cultivo hidropónico donde se determinaron los valores de 40% a 60% de humedad como óptimos, cumple con la característica de mantener dichos valores en los rangos establecidos, los valores de entrada del sistema neurodifuso son tomados de las mediciones que realizan los sensores de humedad en tiempo real, y el valor de salida que activa el riego automático, es obtenido a través del valor de salida del mismo sistema. La red neuronal nos permitió encontrar la combinación de parámetros que mejor se ajustan al control de humedad requerida, en la logica difusa se generaron las reglas para realizar las acciones de control para la activación del riego, de acuerdo a los valores establecidos.

### Créditos.

Los autores agradecen y dan créditos al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por todo el apoyo y las facilidades para la realización de este proyecto.

### Referencias Bibliográficas.

**Chahuara, J. (2005).** Sistemas Neuro-difusos, Virtual data, Recuperado 25 de Agosto del 2016, desde <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ini/chahuara.htm>

**Haykin, S. (1998).** Neural Networks, A comprehensive Foundation, New York: MacMillan College Publishing Company.

**Maroto B., J. V. 1989.** Horticultura Herbácea Especial, Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España. 589 p.

**Resh, H. M. 2002.** Cultivos Hidropónicos, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 369 p.

**Romero, A. (2007).** Redes Neuronales, Gestión de recursos Informáticos del Departamento de Informática y Automática. Recuperado el 26 de Agosto de 2016, desde <http://avellano.fis.usal.es/~lalonso/RNA/index.htm>

**Sampeiro, G. 2014.** "México Puede Solucionar El Déficit De Producción De Alimentos Mediante El Sistema De Hidropónia". Asociación Hidropónica Mexicana. Recuperado el 9 de Agosto de 2016, desde <http://hidroponia.org.mx>

### Información de los autores.



**Mario Culebro de la Piedra** es egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en diciembre de 2015, de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, se especializa en el área de inteligencia artificial con enfoque a los sistemas neurodifusos (sistemas de control), desarrollo de proyectos web y sistemas embebidos.



**Marcos Rafael Gómez Gómez** es egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en diciembre de 2015, de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, se especializa en el área de inteligencia artificial en la rama de sistemas expertos orientado a los sistemas neurodifusos, desarrollo de aplicaciones móviles y proyectos web.



**Aída Guillermina Cossío Martínez** es Maestra en Ciencias en Administración por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2002. Es profesora de tiempo completo del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, desde 1994. Se especializa en la formulación y evaluación de proyectos, así como el emprendimiento y desarrollo de planes de negocio, actualmente es perfil deseable y trabaja en la línea de investigación Tecnología de Información y Base de Datos.



**Joaquín Adolfo Montes Molina** graduado en la Licenciatura en Químico Farmacéutico Industrial por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas en 1976. Graduado como Maestro en Ciencias en Biotecnología por la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Graduado como Doctor en Ciencias en la Especialidad de Biotecnología por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1. Actualmente es docente-investigador en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 1976 a la fecha. Su área de interés es la biotecnología.



**Néstor Antonio Morales Navarro** es Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2010. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2012 y en el área de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Valle de México Campus Tuxtla desde 2011. Se especializa en el área de Visión e Inteligencia Artificial.



**Jorge Octavio Guzmán Sánchez** tiene la Maestría en Ciencias de la Computación, especialidad bases de datos y sistemas de información, es Ingeniero en Sistemas Computacionales, profesional certificado por *Microsoft* en la administración de servidores con *Windows*. Ejerce la docencia desde hace más de una década, actualmente docente del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez así como en la Universidad Descartes.



# Monitoreo del uso de una herramienta de las tecnologías de información y comunicación (TIC) creada para la enseñanza de las matemáticas en la educación superior.

## Monitoring the use of an information and communication technologies tool (ICT), created for the teaching of mathematics in higher education.

Joel Gómez Pérez (1).  
I. T. de Tuxtla Gutiérrez.  
[jgp10\\_10@hotmail.com](mailto:jgp10_10@hotmail.com).

Abdiel López Cruz (2), estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, [abdiellc@gmail.com](mailto:abdiellc@gmail.com).

Julio Alberto García Domínguez (3), estudiante, I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [jagdc11@hotmail.com](mailto:jagdc11@hotmail.com).

Roberto Cruz Gordillo (4), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [rcruz@ittg.edu.mx](mailto:rcruz@ittg.edu.mx).

Jacinta Luna Villalobos (5), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [lunajacinta85@gmail.com](mailto:lunajacinta85@gmail.com).

Gilberto Hernández Cruz (6), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [dgasx@hotmail.com](mailto:dgasx@hotmail.com).

**Artículo recibido en septiembre 28, 2016; aceptado en diciembre 06, 2016.**

### Resumen.

*Este documento es el resultado del muestreo del uso de una herramienta creada para la enseñanza de las matemáticas; siendo ésta una de las disciplinas que más se le complica al estudiante al cursar la carrera de ingeniería. Se utilizan algunos elementos de las tecnologías de información y comunicación (tic) que existen en la actualidad como: videos, sitios web, teléfonos celulares y tablets. Los videos son creados en el salón de clases con alumnos presentes y posteriormente incorporados a la plataforma virtual de Youtube y ordenados en un sitio web para su visualización. Los videos están disponibles en un canal del sitio web de youtube con el nombre ingejoel ittg o desde [ingejoel.jimdo.com](http://ingejoel.jimdo.com).*

**Palabras clave:** Muestreo, Tecnologías de Información y Comunicación, Youtube.

### Abstract.

*This document is the result of the sampling of the use of a tool created for the teaching of mathematics; Being this one of the disciplines that more complicates to the student to him to attend the race of engineering. Some elements of the information and communication technologies (ICT) that exist at the present time like: videos, web site, cellular phones and tablets. The videos are created in the classroom with students present and later incorporated into the virtual platform of YouTube and ordered on a website for viewing. The videos are available in a channel of the youtube website with the name ingejoel ittg or from [ingejoel.jimdo.com](http://ingejoel.jimdo.com).*

**Keywords:** Sampling, Information and Communication Technologies, Youtube.

## 1. Introducción.

El término tecnologías de información y comunicación (TIC), se usa de forma habitual dentro de nuestras configuraciones sociales (Baelo y Cantón, 2009). Es parte de nuestra cultura; los niños, jóvenes y adultos utilizan la tecnología de manera natural. Quizá el parte aguas entre la información verbal e impresa lo realizó Johannes Gutenberg en 1440 al inventar la imprenta; desde ese entonces la información a fluido mucho más rápido; sin embargo, con el paso del tiempo, la tecnología a crecido de manera exponencial. En la actualidad es común consultar libros, revistas, artículos, periódicos y demás información de manera digital, utilizando las tecnologías de información y comunicación.

Por otro lado la educación es uno de los pilares en las que se sustenta la sociedad (Belloch, 2014); por tal motivo, si la sociedad es dinámica y está inmersa en la era digital, también deben utilizarse los medios adecuados disponibles para una mejor explicación de temas complejos en la enseñanza del nivel superior para que exista una armonía en el proceso enseñanza-aprendizaje. Esto no indica que la forma habitual de exponer una clase como comúnmente se hace es incorrecta, pues la mayoría de los que imparte una cátedra fue formado con un modelo educativo que ha perdurado por mucho tiempo. Sin embargo las TIC se han mostrado como un recurso potente, por lo cual es necesario ir implementando poco a poco tecnologías que nos ayuden exponer un tema con mucho más facilidad, como un software para comprobar resultados de cálculos complejos, o la graficación de funciones en tres dimensiones por mencionar algunos ejemplos. Además se puede ir más allá analizando no sólo ejercicios en clase, sino a la resolución de problemas reales, es decir, que la implementación de la tecnología en la educación también conlleva a resolver problemas más complejos que los que se resolvería comúnmente sin el uso de dicha tecnología. La enseñanza de las ciencias exactas, especialmente las matemáticas; es una de las materias que más se le complica al estudiante promedio, por eso se decide iniciar el proyecto.

## 2. Métodos.

### Observación de campo.

El proyecto surge como una posible solución a un problema de transición a la era digital; y es que al trabajar con jóvenes universitarios por al menos diez años, la tendencia de la población estudiantil es completamente volcado a la tecnología. Al observarlos por algunos meses de manera general, luego de manera un poco más cercana por semanas y posteriormente de manera más específica a un determinado grupo por algunos días. Se observó que los alumnos pierden la noción del tiempo al estar inmersos en el mundo tecnológico, utilizando computadoras en red para jugar, o *tablets* y teléfonos celulares para enviar mensajes o interactuar con otros mediante Facebook u otros medios utilizados en las redes sociales. Sin embargo debido a los tiempos limitados y la falta de experiencia para abordar el proyecto, solamente se queda con la inquietud de iniciar dicho proyecto.

La verdadera necesidad se observa al impartir una materia de matemáticas a estudiantes universitarios en la modalidad de educación a distancia. Esta modalidad se implementa en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez para coadyuvar al rezago educacional y apoyar a los jóvenes con escasos recursos económicos que no pueden emigrar a las ciudades para estudiar alguna carrera. El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, apertura sedes en diversas comunidades para que los jóvenes puedan estudiar una carrera sin desplazarse de su territorio. Siendo las sedes los municipios de Soyaló, Siltepec, Tiltepec, la Concordia y Acala.

Al charlar con los jóvenes, mencionan que cuentan con personal que prácticamente fungen como intermediario entre los profesores y alumnos de las diferentes sedes; facilitándoles el material que los profesores envían para ellos y administrando las redes para proveer de computadoras conectados a la internet para que los jóvenes puedan realizar las actividades que los profesores solicitan para acreditar los cursos que se imparten. También el personal de apoyo organiza algunas clases virtuales para que el profesor interactúe con los estudiantes con temas que a ellos se les complica. Sin embargo –cuentan los estudiantes-, derivado de problemas políticos propios de cada sede, el encargado del mantenimiento de las instalaciones (que por lo general es el presidente municipal), como lo es, el pago de luz, internet y teléfono; no cumple con la parte del trato que le corresponde para que los jóvenes puedan trabajar de manera adecuada en las instalaciones.

Si en la sede no se tiene alguno de estos servicios, prácticamente los jóvenes no pueden trabajar para cumplir con los requerimientos que el profesor solicita para acreditar la materia. Situación que sucedió en algún momento en una de estas sedes en las que se impartía alguna materia de matemáticas. De tal forma que los estudiantes tenían que buscar resolver su problemática haciendo uso de lugares en donde rentan computadoras con acceso a internet, encareciendo así su formación; algo que se suponía de principio era el motivo de la apertura de las sedes de educación a distancia en los municipios antes mencionados. Una de las soluciones en ese momento fue la de crear videos grabados con una cámara de video y almacenados en disco compacto (CD o DVD) para que posteriormente fueran enviados a las diversas sedes y de esa manera los jóvenes contarán con al menos una herramienta y no generar un gasto no planeado. Los videos se grabaron en un formato para que los jóvenes pudieran reproducirlos en un lector de Disco Digital de Video (DVD), desde sus hogares o en equipos de trabajo, si la mayoría de los estudiantes no contase con este dispositivo

### **3. Desarrollo.**

#### **Herramientas utilizadas para la grabación de videos.**

Los videos pueden ser grabados en un escenario en el que se imparte una clase normal; sin la necesidad de contar con un set de grabación; esto es de mucha utilidad debido a que reduce en gran medida el costo de producción de dichos videos. Cualquier profesor puede realizar material para la materia que imparte; solamente se tiene que elegir algún tema en particular, en el cual los estudiantes tengan problemas para entender la metodología de solución de cierta problemática, y además de impartir una clase de manera habitual, los alumnos tendrán un material adicional para poder repetir la clase el numero de veces que ellos consideren necesario. A continuación se mencionan las herramientas necesarias para grabar un video.

- Tableta digitalizadora.
- Laptop.
- Video Proyector.
- Software para grabar video.

#### **Elementos de descarga y visualización en la red.**

Para poder compartir los videos realizados en clase, fue necesario el uso de las redes sociales; siendo una de las mejores opciones, la creación de un canal en la plataforma YouTube. Esta plataforma permite el almacenamiento, edición y compartición de material que allí se almacena. La plataforma genera opciones para la descarga del material, de tal forma que pueda obtenerse para cualquier dispositivo: laptop, tablet, teléfono celular con tecnología android, blacberry o teléfonos mas sofisticados como los iphone. De tal manera que los estudiantes puedan visualizar los videos desde la plataforma o descargarlos a su computadora, tableta o teléfono celular; en el formato que el estudiante decida; los cuales pueden ser: MP4, 3GP en 360p, 240p o 144p (estos definen la calidad y peso del video). La dirección del sitio en donde se encuentra almacenado el material, esta en la plataforma Youtube ingejoel ittg. En el que actualmente se cuenta con más de 70 videos de matemáticas.

Para que los videos tengan una secuencia de acuerdo a un programa de estudio, se creó una página web a la que se puede accederse con el nombre ingejoel.jimdo.com. La página cuenta con diferentes pestañas que dan acceso a diversos temas como cálculo diferencial, cálculo integral, ecuaciones diferenciales y matemáticas avanzadas. Cabe señalar que los videos son grabados en clases magistrales en donde existe la interacción con los estudiantes que cursan la materia en ese momento.

## 4. Resultados.

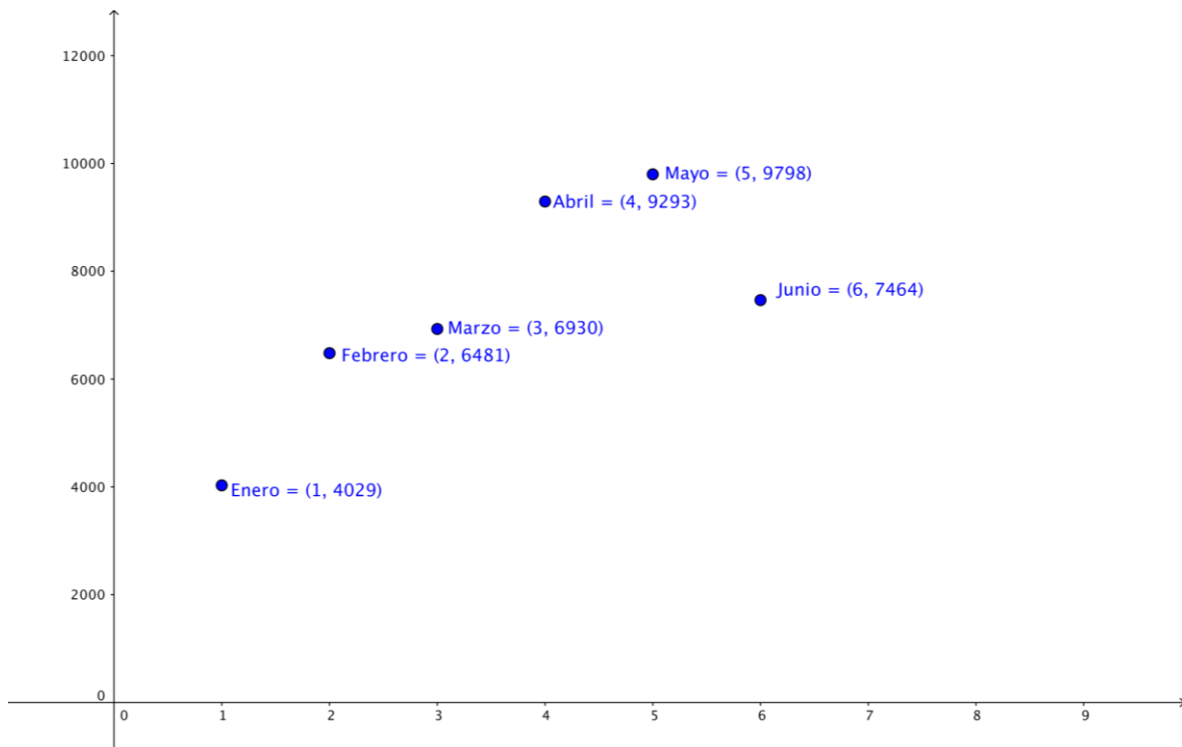
### Actividad en el canal ingejoel ittg en el primer semestre del año 2016.

En la tabla 1, se muestra la cantidad de videos vistos en los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Junio del año 2016. Estos datos fueron obtenidos desde el canal de YouTube ingejoel ittg.

**Tabla 1.** Videos de matemáticas vistos en el primer semestre del año 2016.

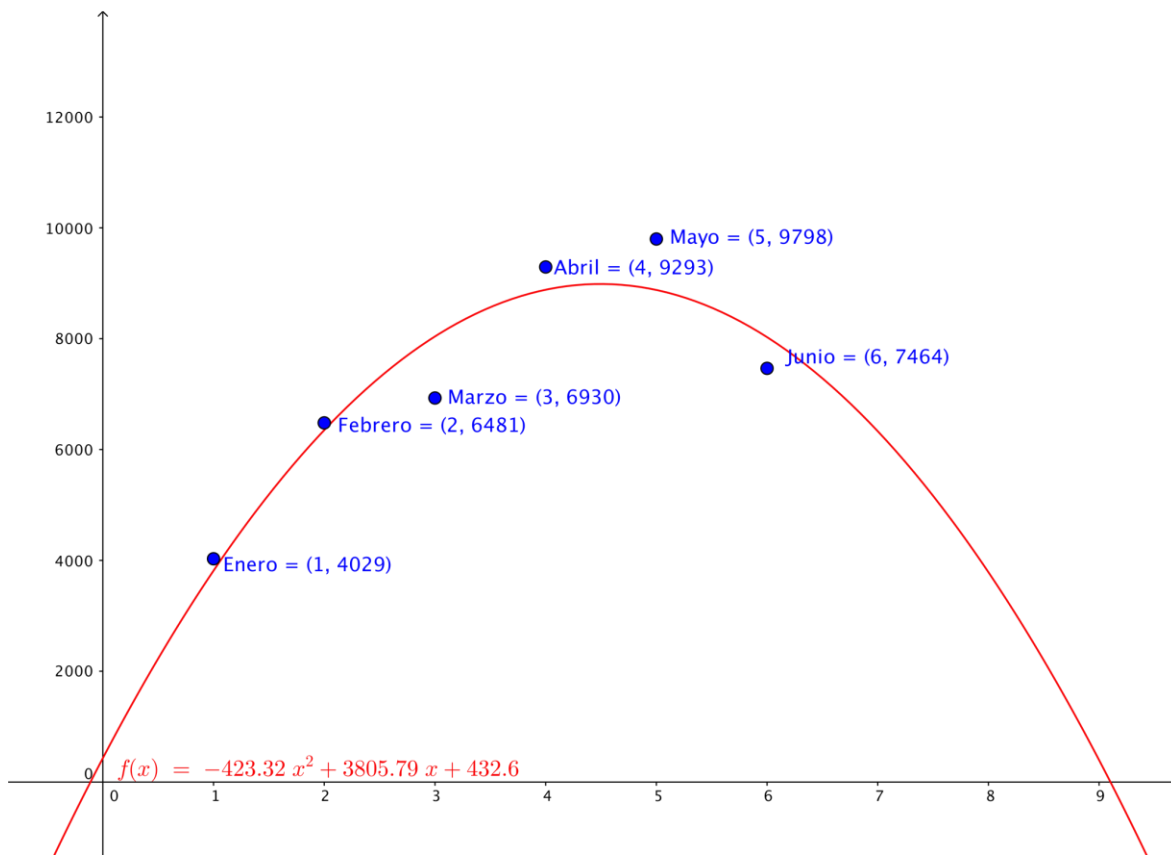
	Mes	Visualizaciones
1	Enero	4,029
2	Febrero	6,481
3	Marzo	6,930
4	Abril	9,293
5	Mayo	9,798
6	Junio	7,464

Se puede obtener la media aritmética para tener una idea de cuantos jóvenes visualizan el video en un mes; siendo la media 7,332. Esto significa que los videos están siendo utilizados por los jóvenes. Los datos obtenidos en la tabla 1, se grafican para observar el comportamiento de los mismos; estos datos graficados, pueden observarse en la figura 1. Para realizar la gráfica, se utilizó el software matemático interactivo libre denominado Geogebra.



**Figura 1.** Visualización de videos en los primeros seis meses del año 2016.

Una vez graficados los datos de la tabla 1, se observa un patrón en la figura 1 y se utiliza la técnica de regresión por mínimos cuadrados para la obtención de una función que represente el comportamiento de los mismos; el cual puede observarse en la figura 2; en donde se observa que los jóvenes utilizan más los videos a la mitad del semestre que en los primeros meses.



**Figura 2.** Regresión por mínimos cuadrados de los datos obtenidos en el primer semestre del año.

En la figura 2 se muestran los puntos (mes vs. visualización) y la función obtenida mediante el método de regresión por mínimos cuadrados, función con la cual se puede observar la tendencia del uso de los videos realizados.

**Actividad en el canal ingejoel ittg en el segundo semestre del año 2016.**

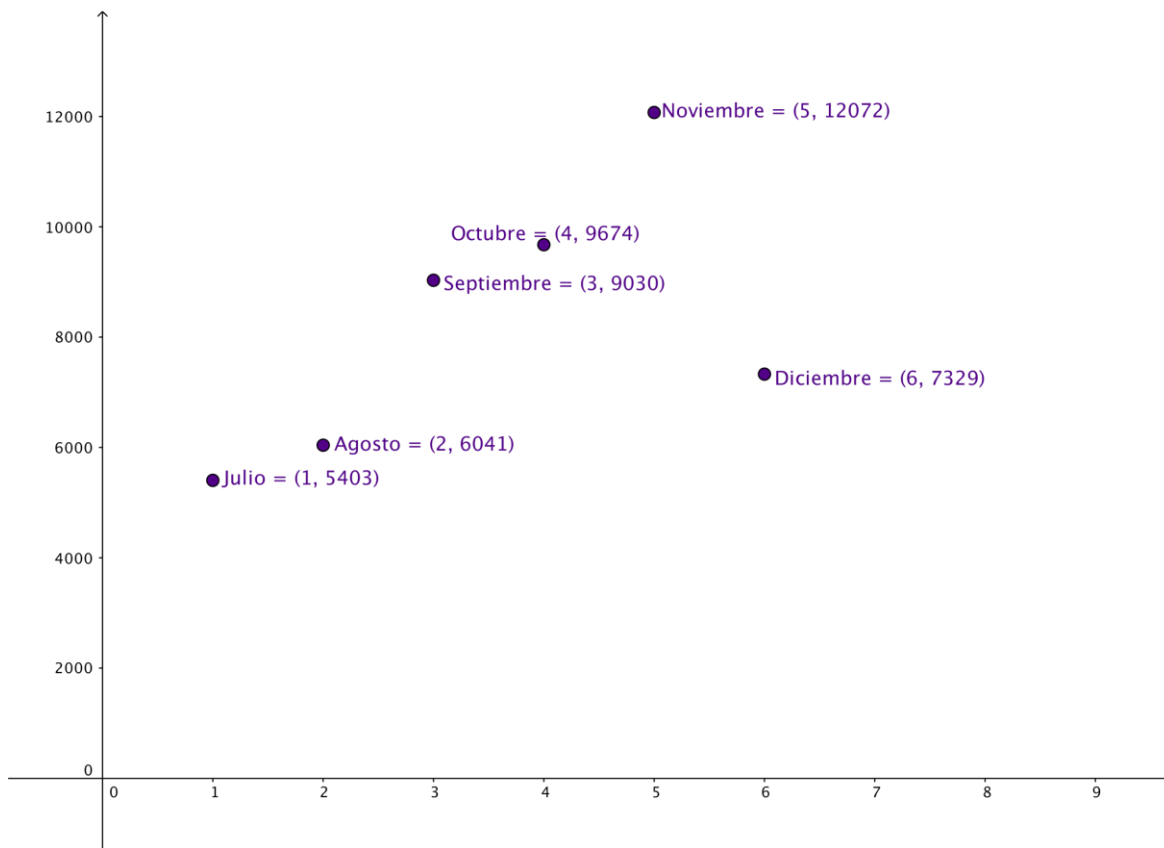
En la tabla 2 se muestra la cantidad de videos vistos por los jóvenes en el segundo semestre del año, que abarca los meses de julio a diciembre (primeros días de diciembre), aquí la media hasta este momento es 7329. Dato similar obtenido para el primer semestre del año. Los datos fueron obtenidos del canal ingejoel ittg.

**Tabla 2.** Videos vistos en el segundo semestre del año 2016.

	Mes	Visualizaciones
1	Julio	5,403
2	Agosto	6,041
3	Septiembre	9,030
4	Octubre	9,674
5	Noviembre	12,072
6	Diciembre	1,757

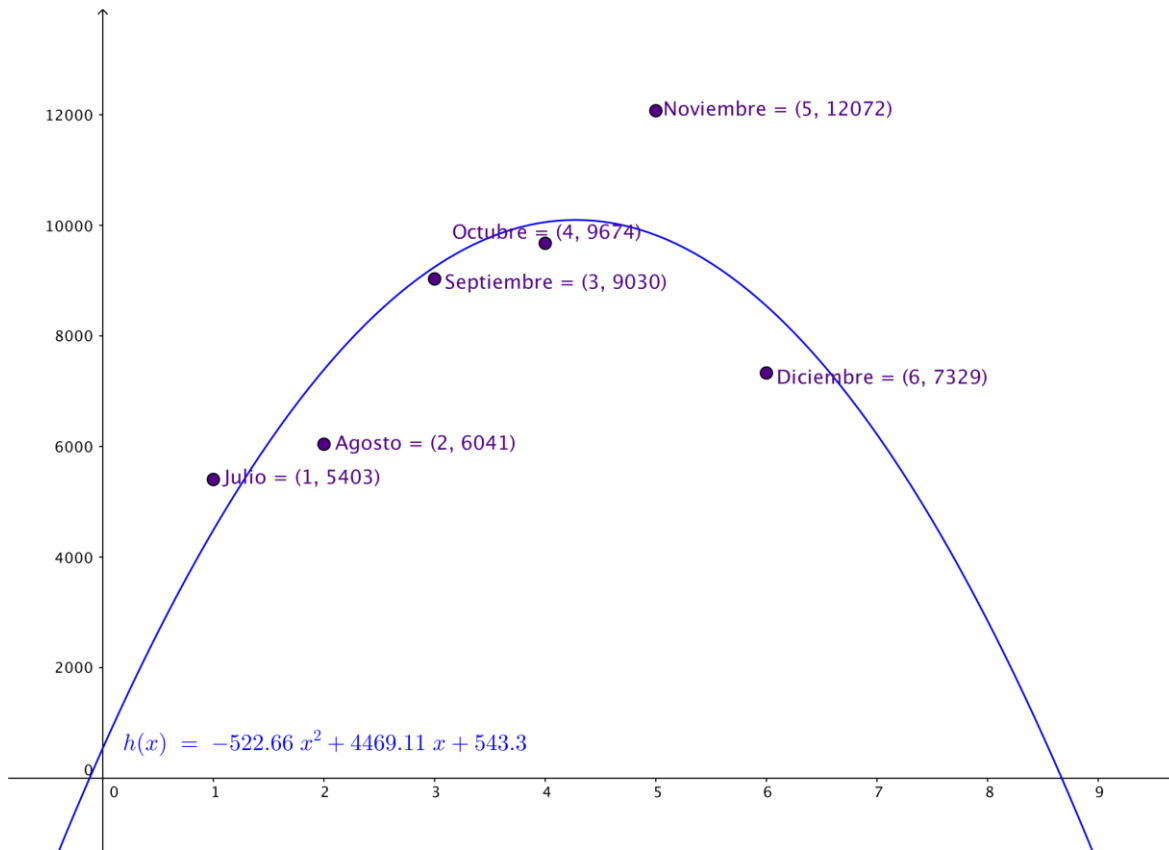
Los datos de la tabla 2, son graficados para observar el comportamiento de los mismos; los cuales pueden observarse en la figura 3. Un dato que fue modificado es el de diciembre debido a que se muestreo en la

primera semana de diciembre y prácticamente no concuerda con los datos de los meses anteriores; así que se decidió cambiar ese dato por la media aritmética obtenida.



**Figura 3.** Visualización de videos en los últimos seis meses del año 2016.

La media aritmética del segundo semestre del año 2016 es de 7329 hasta la primera semana de diciembre de 2016, y fue ese el único dato que fue alterado debido a que en la gráfica parecería como un dato erróneo. En la figura 4 se grafica la función de regresión por mínimos cuadrados de los datos presentados en la tabla 2.

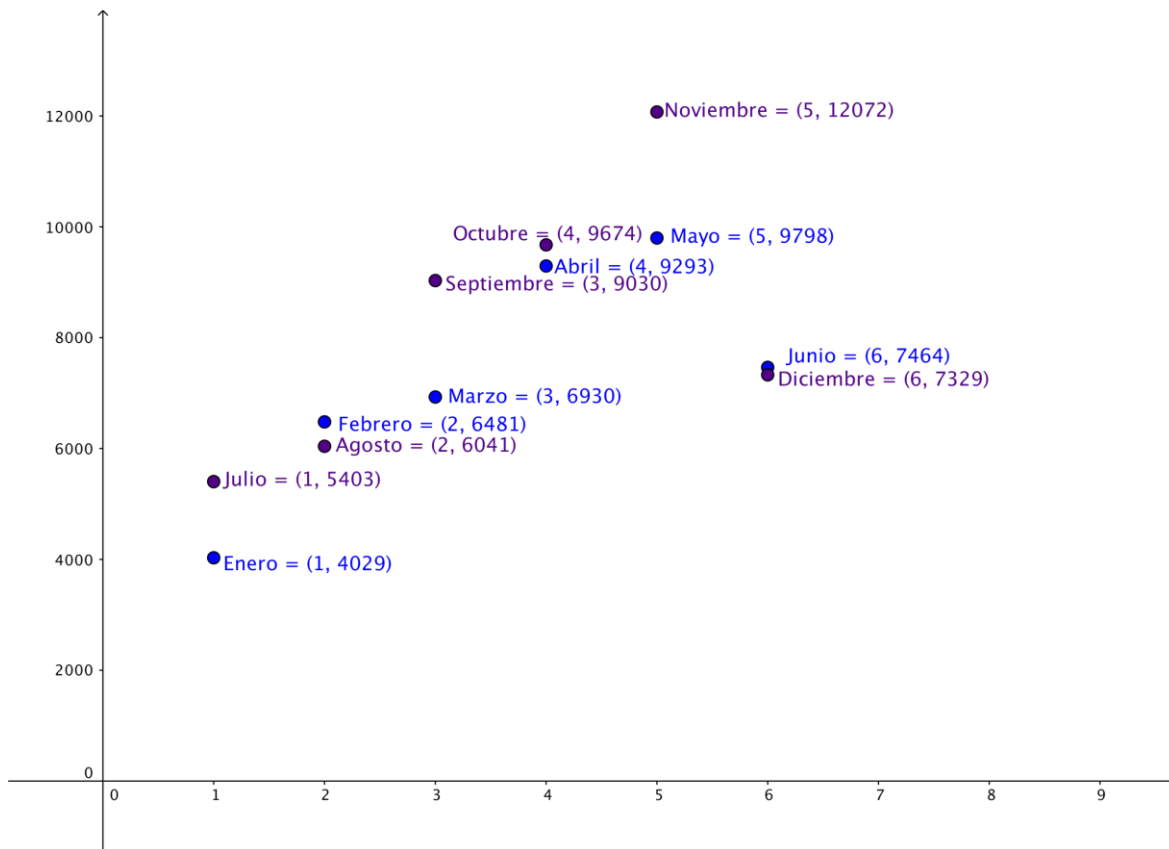


**Figura 4.** Visualización de videos en los últimos seis meses del año 2016.

En la figura 4, se observa un comportamiento similar al obtenido en la figura 2, el cual muestra la actividad de los jóvenes en un semestre normal. La función alcanza su máximo prácticamente en los últimos meses del semestre; en el cual los jóvenes de seguro están en exámenes finales o trabajos finales.

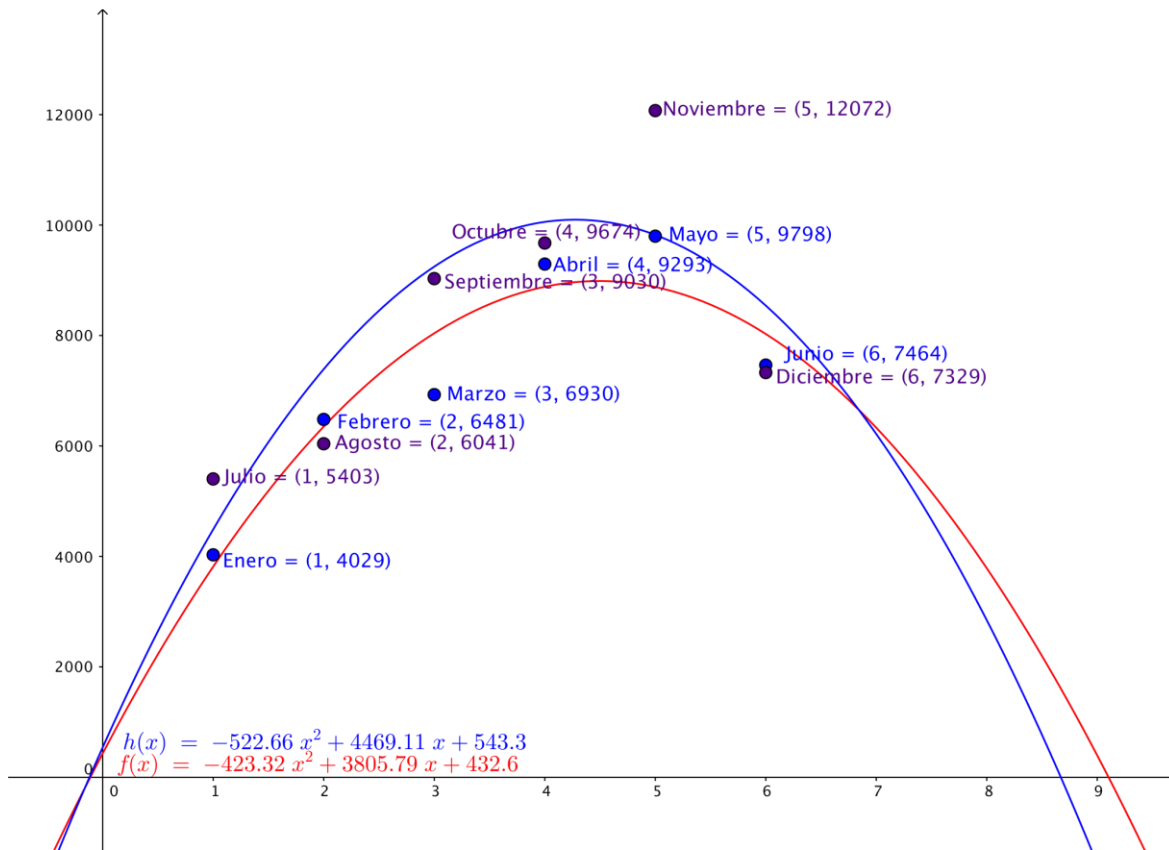
#### Datos comparativos de los dos semestres del año 2016.

En la figura 5, se grafican los datos recabados expuestos en la tabla 1 y tabla 2, en el que se observa la actividad de los jóvenes al visualizar los videos de matemáticas en el canal de YouTube en los dos semestres de año 2016.



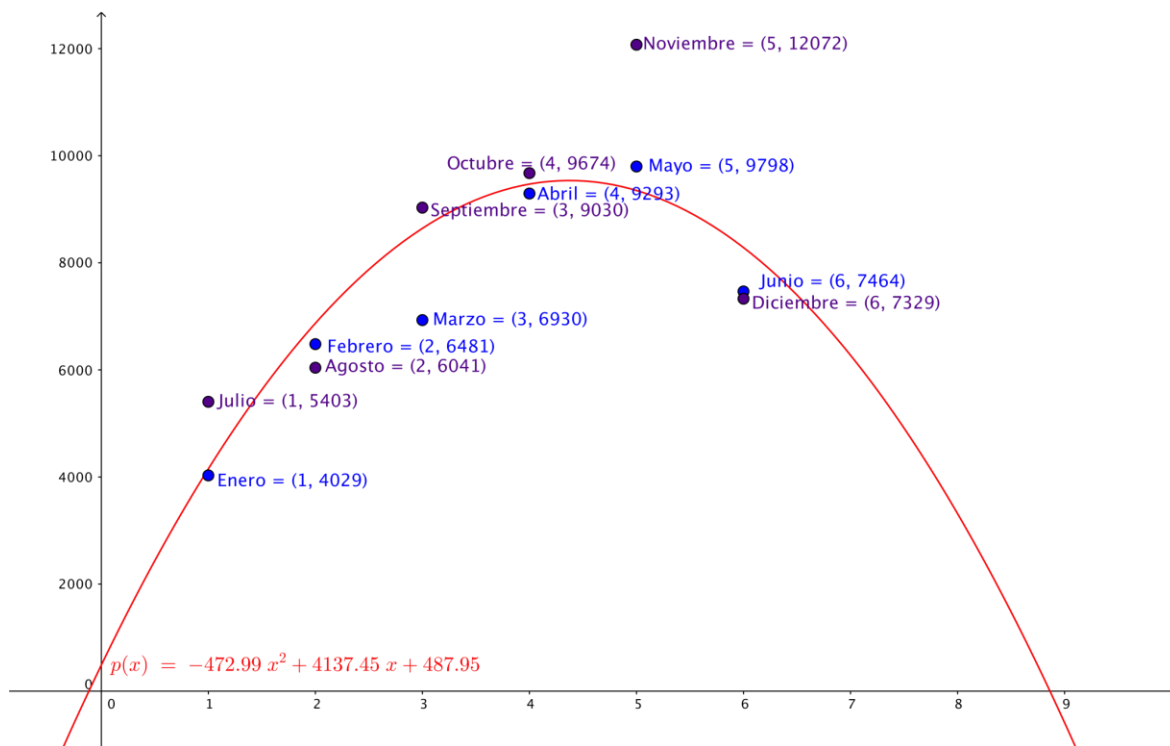
**Figura 5.** Datos comparativos de los dos semestres del año 2016.

Se observan datos similares en el transcurso del semestre; sin embargo también se visualiza un ligero incremento en la visualización de dichos videos del primer semestre al segundo semestre del año. Estas funciones son graficadas en la figura 6; en el que se observa de manera más detallada los datos.



**Figura 6.** Gráficas comparativas de la visualización de los videos en el año 2016.

Esta información obedece al comportamiento natural de los estudiantes en el transcurso del semestre. Las dos funciones alcanzan su máximo valor entre el cuarto y quinto mes del semestre, decreciendo al final del periodo. En la figura 7, se hace una regresión por mínimos cuadrados para obtener una única función que represente el comportamiento de los datos.



**Figura 7.** Regresión por mínimos cuadrados de los datos acumulados de los dos semestres del año 2016.

La gráfica nos arroja un panorama general de la actividad en el canal con los videos de matemáticas que allí se almacenan; y los tiempos en que los jóvenes los utilizan de manera más frecuente. Hasta el momento se observa una actividad interesante de los alumnos con los video tutoriales de algunos temas de matemáticas. Cabe señalar además que los videos cuentan con no más de dos años en la red y existe un par de videos que presentan cerca de las 50,000 reproducciones.

## Conclusiones.

Los videos se realizaron con el objetivo de que los estudiantes cuenten con una herramienta de consulta adicional a las clases; para que los jóvenes que cursan alguna materia de matemáticas puedan consultarlos en todo momento. Los elementos necesarios para acceder a los videos son una conexión a internet y algún dispositivo de visualización.

Los resultados son aceptables, quedando demostrado que los videos están cumpliendo el objetivo inicial del proyecto. En promedio se tienen 7500 reproducciones de los videos de matemáticas en el canal ingejoel ittg; y eso es de mucha satisfacción debido a que alienta a seguir creando material de consulta para los jóvenes que realmente desean superarse.

Las curvas de regresión también indican el comportamiento natural de los jóvenes al cursar las materias, los cuales ingresan a las clases con poco entusiasmo, pero al transcurrir el semestre, debido a las presiones de los maestros, los estudiantes buscan resolver el problema de no comprensión de algún tema en particular recurriendo a los video tutoriales.

Es muy posible además que con el avance tecnológico, en un futuro cercano, la mayoría de las clases sean de manera virtual utilizando las tic's prescindiendo de esa manera de profesores; pero no en su totalidad por lo pronto. Es agradable también saber que los jóvenes realizan comentarios favorables respecto a los temas tratados en los videos; aunque cabe señalar que este trabajo es sólo el comienzo, indicando con esto que los videos no están completamente terminados, requiere pulirlos y agregar mas videos sobre temas diversos en el

área de matemáticas y porque no decirlo, de las demás áreas que implique un grado de complejidad para el estudiante de ingeniería y áreas afines que requieran el uso de esta herramienta que puede ser distribuida en las redes sociales.

### Créditos.

Los autores agradecen y dan créditos al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por todas las facilidades y apoyo para la realización de este proyecto.

### Referencias Bibliográficas.

**Baelo A. R. y Cantón M. I. (2009).** Las tecnologías de la información y comunicación en la educación superior. Estudio descriptivo y de revisión, Revista Iberoamericana de Educación.

**Belloch O. C. (2014).** Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el aprendizaje. Unidad de tecnología educativa. Universidad de Valencia.

### Información de los autores.



**Joel Gómez Pérez** es Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2005 y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2013. Ha colaborado con la Universidad Politécnica de Chiapas en el área de Ingeniería en Mecatrónica. Actualmente es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2010 y colaborador de la Universidad del Valle de México desde 2013. Es miembro del Sistema Estatal de Investigadores desde 2011.



**Abdiel López Cruz** es estudiante en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, de la carrera de Ingeniería mecánica con especialidad en mecatrónica. Actualmente realiza su residencia profesional en la empresa Coca-Cola FEMSA; como requisito previo para la obtención del título como ingeniero mecánico. Cuenta con una certificación en el software *SolidWorks*.



**Julio Alberto García Domínguez** es estudiante del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, de la carrera de Ingeniería Bioquímica. Ha realizado dos estancias en la Universidad del Estado de Oklahoma, Estados Unidos, trabajando en el proyecto “System and method for production of shelf stable probiotics for animal nutrition enhancement” y de capacitación en el idioma inglés. Miembro actual del equipo que representa a su instituto en el Evento Nacional Estudiantil de Ciencias Básicas, en donde a llegado a la etapa nacional en dos ocasiones.



**Roberto Cruz Gordillo** es Ingeniero Electrónico por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 1996 y Maestro en Ciencias en Diseño Asistido por Computadora (CAD) por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) en 2003, actualmente es profesor de medio tiempo del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde enero de 2004, asignado al Departamento de Sistemas y Computación; se especializa en las matemáticas y ciencias exactas.



**Jacinta Luna Villalobos** es Contadora Pública con maestría en Administración. Actualmente trabaja como docente de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial. Es investigadora líder con perfil PRODEP habiendo participado en diversos proyectos de innovación, donde ha obtenido premios a nivel local, regional y nacional. También funge como asesora de proyectos para el Centro de Incubación Empresarial del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Gilberto Hernández Cruz** es Ingeniero Industrial Eléctrico, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 1994, cuenta con la Maestría en Educación por parte de la Universidad Autónoma de Chiapas. Cuenta con experiencia docente, desde el año de 1994 es Instituciones Educativas Privadas; y a partir del año 2009 forma parte del I.T.T.G., en donde desde el 2013, se desempeña como Jefe de Departamento de Ciencias Básicas.

# Software educativo para la enseñanza auditiva en niños hipoacúsicos con implante coclear.

## Educational software for auditory teaching for children with cochlear implants.

Diego Daniel Santos Caballero (1).  
Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
[ciego\\_nay@hotmail.com](mailto:ciego_nay@hotmail.com).

Giovanny Alexander Ovando Toledo (2), Estudiante, I. T. de Tuxtla Gutiérrez [alexldgio91@gmail.com](mailto:alexldgio91@gmail.com).

Imelda Valles López (3), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [imevalles@yahoo.com.mx](mailto:imevalles@yahoo.com.mx).

Octavio Ariosto Ríos Tercero (4), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [oarios\\_oarios@yahoo.com.mx](mailto:oarios_oarios@yahoo.com.mx).

José Alberto Morales Mancilla (5), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [amancilla58@hotmail.com](mailto:amancilla58@hotmail.com).

Héctor Guerra Crespo (6), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [hgcrespo@hotmail.com](mailto:hgcrespo@hotmail.com).

**Artículo recibido en enero 19, 2016; aceptado en marzo 21, 2016.**

### Resumen.

*En un normoyente las ondas sonoras atraviesan el oído externo hasta llegar al tímpano, el cual pone en movimiento la cadena osicular, formada por martillo, yunque y estribo los cuales transfieren la energía hacia el oído interno, los fluidos contenidos en éste entran en movimiento, provocando que las células ciliadas transformen estas vibraciones en impulsos eléctricos, que se transmitirán a través de las fibras nerviosas auditivas al cerebro. En algunos tipos de sordera profunda, hay una destrucción de las células ciliadas. El Implante Coclear sustituye dichas células enviando señales al cerebro. Los niños con implante coclear de 5 años o más por primera vez escuchan y es necesario enseñarlos a identificar los sonidos lo más pronto posible para que el implante funcione correctamente, ésta es una de las funciones del Centro de Atención Múltiple (CAM). El presente proyecto suple el vacío evidenciado en el ámbito de software educativo para niños con implante coclear para el proceso de enseñanza auditiva por medio del método de Terapia Auditiva Verbal (TAV). El software propuesto incluye el método TAV y otras actividades propuestas por la terapeuta de lenguaje en CAM incluyendo en total 6 actividades, las cuales son: Detección del sonido, Identificación entre dos sonidos, Números, Prueba de Ling, Secuencias, Vocales.*

**Palabras clave:** Hipoacusia, Implante Coclear, Software educativo.

### Abstract.

*A person who hear perfectly fine the sound waves go across the external ear until it reaches the eardrum, which sets in motion the ossicles, formed by a hammer, anvil and stirrup. This, transfers the energy to the internal ear, which fluids content in it sets in motion causing that the hair cells transform this vibrations in electric impulse, that will be transmitted across the auditory nerve fibers to the brain. In some types of profound deafness, it is a destruction of the hair cells. The cochlear implant replaces these cells send signals to the brain. Children with cochlear implant of 5 years or more when It is the first time they hear and it is necessary to teach them to identify the sound, for this It necessary for them to identify didactic tools that will allow them to go for their biggest dreams, this is one of functions of the multiple attention center (CAM), This project supplies the vacuum evident in the field of educational software for children with cochlear implants for teaching and learning through the auditive and verbal therapy*

(TAV). The propose software includes the TAV method and other activities proposed from the CAM expert therapist including 6 activities, which are: identification of the sound, identification of two different sounds, numbers, ling test, vocals and sequences.

**Keywords:** Educational software, Cochlear implant, hearing loss.

## 1. Introducción.

El beneficio que corresponde a la inclusión de la tecnología en la educación permite ampliar las redes y las posibilidades de acceso al conocimiento. Por esta razón el diseño y desarrollo de un software educativo contribuye al proceso de interacción entre conocimiento y tecnología, tan característico del mundo actual, por tanto las posibilidades que brindan los aplicativos multimedia subyacen a los beneficios mismos de la incorporación del software en el ámbito educativo en general y a los beneficios que este proceso provee dada la capacidad de penetración de la revolución de la tecnología de la información en todos los ámbitos de la actividad humana.

Actualmente el proceso de aprendizaje para niños con hipoacusia neurosensorial es enseñada por profesionales formados en alguna de las siguientes disciplinas: Patología del habla y del lenguaje, Audiología y/o Educación para sordos. Estos profesionales imparten este proceso por medio de la rehabilitación auditiva y del enfoque Auditivo-Verbal. En el cual se apropian del componente auditivo de las experiencias de la vida diaria y promueven el uso del sonido para que el niño se comunique. Utilizan énfasis en el aspecto acústico de los sonidos y patrones del lenguaje con el propósito de maximizar el desarrollo verbal del niño. Se guían por el principio de que todas las decisiones terapéuticas y educacionales que se tomen deben llevar a la máxima participación del niño en su familia y su comunidad que se manejan con el uso de la audición y el lenguaje oral.

Uno de los métodos más utilizados por los especialistas en el área es la Terapia Auditiva Verbal conocida como TAV, es un enfoque terapéutico para la educación de los niños sordos donde se enfatiza el desarrollo de las habilidades auditivas para desarrollar el lenguaje a través de la audición. Para ello, los niños son identificados, diagnosticados y equipados con la amplificación óptima lo más tempranamente posible. Se les enseña a los padres a crear un ambiente en donde su hijo aprenda a escuchar, a procesar el lenguaje verbal y a hablar.

Conociendo la realidad de la educación especial para niños con implante coclear, así como la importancia que tiene la tecnología y su implementación dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje, se toma como una alternativa de ayuda un software educativo que soportado sobre una bien definida estrategia pedagógica, apoye directamente el proceso de enseñanza-aprendizaje constituyendo un efectivo instrumento para el profesor.

## 2. Métodos.

Se entrevistó a la Lic. en Audición y Lenguaje Elisa Solís Estrada quien es terapeuta del CAM y lleva 30 años de experiencia trabajando con este tipo de discapacidad. En dicha entrevista, según su experiencia, recomendó usar el método TAV, no sólo porque es usado en el CAM, lugar donde se implementa el software, sino porque es el método más documentado, recomendado por la mayoría de los terapeutas y probado exitosamente en investigaciones hechas por Ledesma.

La Terapia Auditiva Verbal, es un enfoque terapéutico para la educación de los niños sordos donde se enfatiza el desarrollo de las habilidades auditivas para desarrollar el lenguaje a través de la audición. Para ello, los niños son identificados, diagnosticados y equipados con la amplificación óptima lo más tempranamente posible. A través de esta aproximación el niño hipoacúsico aprende a desarrollar la audición (a través de la amplificación de la audición residual o por la estimulación eléctrica vía implante coclear) como un sentido activo para que el “escuchar” se vuelva automático. Con habilidades de escucha activa la audición se vuelve una parte integral de lo que el niño hace en su vida diaria. Está basada en una serie de lógica y crítica de principios cuyo cumplimiento es necesario para aumentar las probabilidades de que los niños pequeños con deficiencias auditivas puedan ser educados para usar incluso

mínimas cantidades de audición residual, y una vez amplificadas en formas óptimas, a través de ella, aprender a escuchar, a procesar el lenguaje verbal y a hablar. No se utilizan Lengua de signos ni Palabra Complementada. Debido a que el habla es una serie de eventos acústicos cuya información completa solo puede ser captada y procesada por el uso de la audición, los profesionales que trabajan con la TAV deben trabajar a través de lo auditivo para sacar lo mejor de la audición residual del niño. De esta manera puede aprender el lenguaje hablado en la forma más natural y eficiente. Este énfasis en lo auditivo le permite darle sentido a los sonidos de su ambiente y crear una memoria auditiva, volviéndose más confiante en el mundo sonoro y aprendiendo también a través de la escucha casual (Ledesma J., 2000).

La terapeuta del CAM propuso 6 actividades basadas en el método TAV, las cuales se implementaron en la herramienta y se muestra interface en la figura 1. Son las siguientes: Detección del sonido, Identificación entre dos sonidos, Números, Vocales, Prueba de Ling, Secuencias.



**Figura 1.** Pantalla principal.

### 3. Desarrollo.

En el desarrollo de la herramienta, ya que el método TAV así lo indica, se diseñaron las imágenes y el componente auditivo de las experiencias de la vida diaria, siguiendo la recomendación de D. Pollack (Pollack D., 1985), haciendo énfasis en el aspecto acústico de los sonidos y patrones del lenguaje.

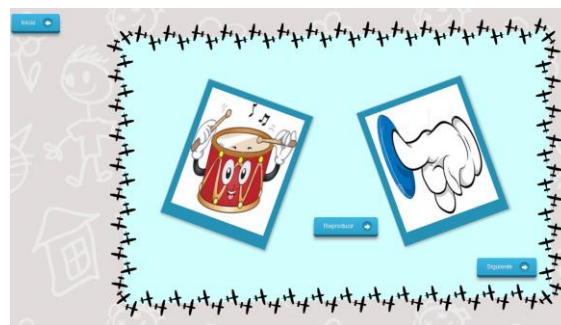
Existe una gran diferencia entre una señal “audible” y una señal “inteligible”. El habla es audible si la persona es capaz simplemente de detectar su presencia. Sin embargo, para que el habla sea inteligible la persona debe ser capaz de discriminar las distinciones sonoras de los fonemas individuales de la palabra. Consecuentemente, el habla puede ser muy audible, pero no consistentemente inteligible, causando confusiones en la discriminación de sonidos similares, incluso en hipoacusias leves. (Flexer C., 1990).

Los sonidos generados por la herramienta deberían asegurar la audibilidad de todas las frecuencias del habla, basarse en los umbrales tonales, ésta es la función de la actividad “Identificación del sonido” e “Identificación entre dos sonidos”. Se muestra la interfaz de la actividad Identificación del sonido en el figura 2. En esta actividad el terapeuta selecciona una de las imágenes que se muestran a la derecha y reproduce el audio del objeto que se muestra en la imagen.



**Figura 2.** Identificación del sonido

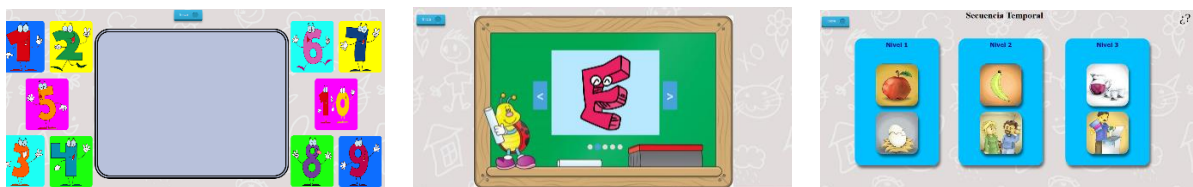
En la actividad Identificación entre dos sonidos, un ejemplo de ésta actividad se muestra en la figura 3, se muestran dos imágenes y se debe reproducir el audio, el niño escuchará el audio e identificará a qué imagen pertenece el audio reproducido.



**Figura 3.** Identificación entre dos sonidos.

Los sonidos vocálicos son sonidos de baja frecuencia y son los más potentes por lo que hacen el habla audible. Mientras que los sonidos consonánticos, de alta frecuencia y más débiles son los que hacen inteligible. Para que el habla sea discriminada claramente, tanto las vocales como las consonantes tienen que estar acústicamente disponibles (Castro A., 2001).

Basados en las conclusiones de Castro y Ruiz se incluyeron las actividades “Números”, “Vocales”, “Secuencias”; una interfaz de cada una de estas actividades se presenta en la figura 4.



**Figura 4.** Interfaces de las actividades propuestas basadas en las conclusiones de Castro y Ruiz.

Por último, por la importancia de evaluar la eficiencia del implante, se incluyó la prueba de los seis sonidos de Ling, creado por el Dr. Daniel Ling, evalúa la habilidad para detectar los sonidos /a/, /u/, /i/, /m/, /sh/ y /s/ a distintas distancias; dichos sonidos cubren el rango de frecuencias que se utilizan en el habla. La respuesta a cada uno de estos sonidos implica la audibilidad de otros componentes del habla que se sitúan en el mismo rango de frecuencias. (Ling D., 1989).

## Conclusiones.

La necesidad de atender a niños con implante coclear ha ido adquiriendo fuerza con el paso de los años, el gobierno e instituciones como DIF, cada año instalan más implantes lo que genera que instituciones como CAM Inicial atiendan a más niños.

Antes de utilizar el software, la terapeuta contaba con muy pocos materiales didácticos, se le dificultaba al momento de producir o hacer diferentes sonidos para que el niño los distinga y era difícil captar la atención del niño durante la terapia. Utilizando el software en la terapia, al terapeuta se le facilita utilizar los sonidos que existen en la vida real y capta más rápido la atención del niño haciendo más ágil y eficiente el proceso en la enseñanza a identificar los sonidos a niños con implante coclear. Los elementos incluidos en el software y el uso de las computadoras en la terapia permitieron facilitar la organización y uso del material al terapeuta.

## Créditos.

Se agradece la colaboración para el proyecto a la Lic. Elisa D. Solís Estrada y al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por todas las facilidades y apoyo para la realización de este proyecto.

## Referencias Bibliográficas.

- Castro, A. C. C., Ruiz, M. J. C., & Fernández, A. H.** (2001). Entrenamiento auditivo en niños portadores de un implante coclear. Universidad de Jaén, pp. 5.
- Flexer, C.** (1997). The Power of Hearing-audiological foundations for the development of spoken language. Paper presentado en "A Sound Celebration". *Voice and Auditory Verbal International, Inc., 10th Anniversary Conference*, Canadá, pp138-145.
- Ledesma, J. M., Rus, G. G., & Torrecilla, M. L.** (2000). "Las NNTT en la rehabilitación logopédica: el visualizador fonético speechviewer III a la vista del visualizador del habla de la universidad politécnica". *Rep. Tec., Tecnoneet. Estudios AEES*, pp 57,37-40
- Ling, D** (1989) Foundations of Spoken Language for Hearing Impaired Children. Washington, DC: AGB. Editor Alexander Graham Bell Association For The Deaf, pp. 345.
- Pollack, D** (1997) Educational Audiology for the Limited Hearing Infant and Preschooler. Springfield, IL: Charles C. Thomas Pub Ltd; Edición 3. pp. 123-131

## Información de los autores.



**Diego Daniel Santos Caballero** es egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales y se especializa en el desarrollo de software, sus principales intereses es el área de desarrollo de software. Actualmente se desempeña como desarrollador de software en SHCP.



**Giovanni Alexander Ovando Toledo** es egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales y se especializa en el área de desarrollo de software. Actualmente se desempeña en el área de desarrollo de software del Consejo Estatal para la Cultura y las Artes del Estado de Chiapas.



**Imelda Valles López.** Desde 1991, profesora del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Maestro en Administración por el I.T.T.G., en 2001 e Ingeniero en Sistemas Electrónicos por el ITESM en 1990. Docente de las materias de Redes, Teoría Matemática de la Computación y Compiladores. Fundador de la línea de trabajo "Desarrollo de software para hablantes en lenguas nativas del estado de Chiapas" (2010). Líder de la línea de investigación "Cómputo Educativo" desde 2012. Integrante del cuerpo académico "Tecnología computacional para el desarrollo regional" desde 2011. Profesora de tiempo completo con perfil deseable (2013-2016). Miembro del Sistema Estatal de Investigadores desde 2012.



**Octavio Ariosto Ríos Tercero** es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales, es Maestro en Ciencias en Ciencias Computacionales egresado del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET. Su experiencia en docencia es en el área de ingeniería de software, matemáticas discretas y programación. Pertenece al cuerpo académico "tecnologías de información para el desarrollo regional".



**José Alberto Morales Mancilla** es Maestro en Ciencias de la Computación, egresado del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET, en Cuernavaca, Morelos. Es profesor investigador de tiempo completo en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 1991, pertenece al cuerpo académico "Tecnologías de información para el desarrollo regional", tiene el reconocimiento de Perfil Deseable desde 2012, cuenta con el reconocimiento del Sistema Estatal de Investigadores. Fundó y dirige el área de trabajo "tecnología para población con necesidades educativas especiales" [capacidades.sistemastectuxtla.net](http://capacidades.sistemastectuxtla.net) y colabora en al área "aplicaciones sobre mapas" [www.mexmapa.com](http://www.mexmapa.com).



**Héctor Guerra Crespo** es Doctor en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en 2011. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y en el área de Licenciatura en Sistemas Computacionales de la Universidad Autónoma de Chiapas, en ambas desde 1995, líder del cuerpo académico “tecnologías de información para el desarrollo regional” donde dirige el área de trabajo “aplicaciones sobre mapas” y colabora en la línea “tecnología para población con necesidades educativas especiales”. [www.hectorguerracrespo.com](http://www.hectorguerracrespo.com)



# **Tablero auxiliar de comunicación hospitalario para enfermos con problemas del habla y movilidad.**

## **Auxiliary communication board for hospitalized patients with speech and mobility problems.**

Alvaro Hernández Sol (1).  
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez  
[ing\\_sol10@yahoo.com.mx](mailto:ing_sol10@yahoo.com.mx).

Abdias Santis López (2), estudiante del I.T. Tuxtla Gutiérrez. [santiz703@live.com.mx](mailto:santiz703@live.com.mx).

Mauricio Cigarroa Trinidad (3), estudiante del I.T. Tuxtla Gutiérrez. [ciga19@hotmail.com](mailto:ciga19@hotmail.com).

Raúl Moreno Rincón (4). I.T. Tuxtla Gutiérrez. [rmoreno@ittg.edu.mx](mailto:rmoreno@ittg.edu.mx).

Francisco Ronay López Estrada (5). I.T. Tuxtla Gutiérrez. [frlopez@ittg.edu.mx](mailto:frlopez@ittg.edu.mx).

**Artículo recibido en abril 04, 2016; aceptado en junio 14, 2016.**

### **Resumen.**

*El presente artículo describe el diseño de un sistema de comunicación para personas enfermas que se encuentran en un hospital. Al usar el prototipo el personal de enfermería se entera de las necesidades básicas del usuario, como sería solicitar “agua”, “comida”, “mucho ruido”, “ver televisión”, etc. Todas las solicitudes son enviadas vía inalámbrica desde un emisor (enfermo) a un receptor (enfermera). Se implementaron dos tableros emisores y un sistema receptor de necesidades. Se transmite a una frecuencia de 433 MHz y se envía una trama de 5 bytes. En dicha trama se maneja el protocolo de comunicación que el receptor debe reconocer quien envió la información. Se realizaron pruebas con los prototipos obteniendo una buena comunicación entre el emisor y el receptor; También se logró reconocer la petición de atención enviada por el emisor.*

**Palabras claves:** Tablero de comunicación, transmisor, receptor, deficiencia motriz.

### **Abstract.**

*This paper describes a communication system design of a for sick people who are in a hospital. By using the prototype, nursing staff understand users basic needs, such as "water", "food", "noisy", "watching TV", etc. All requests are sent wireless from sender (hospitalized person-issuer) to a receiver (nurse). Two transmitter and one receiver board system were implemented. The message is transmitted in a frequency of 433 MHz and a it is send a 5 bytes frame. In that frame the communication protocol must recognize who sent the information. Tests were conducted with prototypes getting good communication between the transmitter and the receiver, and also it was possible to recognize the request sent by the issuer.*

**Keywords:** Communication board, transmitter, receiver, motor impairment .

## 1. Introducción.

La incomunicación es uno de los mayores problemas a los que se puede enfrentar toda persona, sobre todo en el caso de los individuos que la sufren y son conscientes de ello.

Es bien sabido que las personas que sufren una enfermedad y tiene la necesidad de hacer uso de los hospitales, tanto públicos como privados, y por la misma enfermedad pierden la capacidad de movilidad, mientras convalecen. Impidiendo su desenvolvimiento como una persona normal, y no tienen a su alcance medios y/o herramientas que les permitan llevar a cabo actividades y necesidades tan simples como tomar agua.

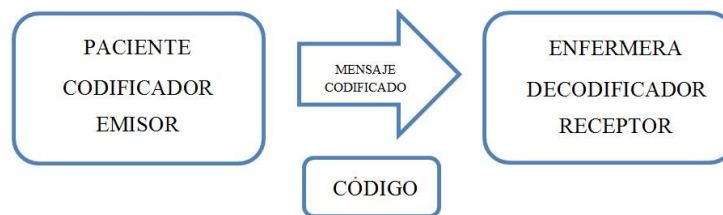
A todas estas personas se les debe ofrecer la posibilidad de expresar sus necesidades básicas en el momento que así lo requiera y con esto proporcionarles una mejor estancia de recuperación en el hospital.

El personal de enfermería desempeña una actividad fundamental en los servicios de salud, con fuerte apego a principios científicos y éticos; sus intervenciones permiten fortalecer la calidad en los servicios de salud, a través de acciones interdisciplinarias.

Al analizar las inconformidades relacionadas con atención de enfermería que recibió la Comisión Nacional de Arbitraje Médico (CONAMED) en el 2015, se elaboraron recomendaciones dirigidas a mejorar la práctica de enfermería y propiciar la adecuada comunicación con el paciente, familiares y equipo interprofesional de salud. De esta manera, la CONAMED y el grupo de validación externa, proponen al personal de enfermería atender las siguientes recomendaciones:

- Mantener una comunicación efectiva con las personas a las que proporciona atención.
- Reconocer en la persona su concepción general.
- Proporcionar cuidados que garanticen la atención libre de riesgos y daños innecesarios.
- Establecer una coordinación efectiva con el equipo interprofesional de salud.
- Actuar con base en los principios éticos que rigen la práctica profesional de enfermería.

En centros hospitalarios del estado aún existen deficiencias en el servicio médico, uno de ellos es la relación paciente-enfermera (Figura 1). En la tabla 1 se muestra los porcentajes de los principales motivos de inconformidad en México.



**Figura 1.** Proceso de la comunicación enfermo-enfermera.

**Tabla 1.** Porcentajes de quejas y dictámenes.

Atención	Porcentaje
Tratamientos quirúrgicos.	42.0%
Tratamientos médicos.	25.0%
Diagnósticos.	19.0%
Deficiencias administrativas.	3.2%

Relación médico-paciente.	3.1%
Atención de parto y puerperio.	2.4%
Auxiliares de diagnóstico y tratamiento.	2.3%
Recibir explicación.	0.9%
Accidentes e incidentes.	0.8%
Atención inicial.	0.4%
Otros.	0.9%

En este artículo se presenta un método para mejorar la calidad hospitalaria utilizando un sistema de comunicación aumentativo (tablero de comunicación hospitalario) que ayudará a disminuir el problema de comunicación paciente-enfermera.

Siendo un Sistema Alternativo y Aumentativo de Comunicación aquel que no utiliza palabras articuladas pero que tiene suficiente nivel de estructuración como para transmitir información (Torres, 2001).

Las estadísticas del Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática (INEGI, 2010) arrojaron en este año la existencia de 5.7 millones de personas con algún tipo de discapacidad o problemas de salud que necesitan del apoyo de diversas disciplinas especializadas; 58.3% presenta limitaciones relacionadas con sus brazos o piernas, 27.2% es invidente o sólo percibe sombras (con otro tipo de entrenamiento), 12.1% es sorda o escucha con ayuda de un aparato, 12.9% tiene algún retraso o deficiencia mental, 8.3% es muda, y el restante 0.7% presenta otra clase de discapacidad (Población discapacitada, según tipo de discapacidad).

## 2. Métodos.

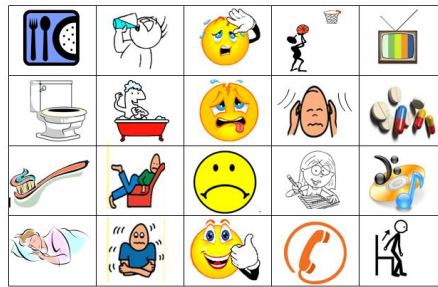
### Tableros de comunicación.

Los “Tableros de Comunicación” son superficies planas, divididos en casillas, donde se distribuyen las imágenes y símbolos con los que se elabora el mensaje a comunicar. Se estructuran basados en la necesidad de la persona, de tal forma que permiten la comunicación entre 2 interlocutores (Pineda, 2008). Si el tablero es manual, se sitúa entre ambos, de modo que puedan compartir los signos.

Según García (2001) estos tableros pueden ser de diferentes tipos:

- **Pictográficos:** Están conformados por dibujos, agrupados lógicamente para facilitar su aprendizaje y localización (campo semántico y colores).
- **Alfabéticos:** Se basan en la ortografía tradicional, letras, palabras, frases, números, signos de interrogación y admiración.
- **Computarizados:** No acceso fácil, difícil traslado, requieren de un equipo de cómputo para ser ejecutados.

El Tablero hospitalario que se diseñó utiliza 20 símbolos distintos divididos en cinco campos semánticos, los cuales incluyen símbolos pictográficos básicos para cubrir las necesidades primarias de una persona enferma, tal como se muestra en la figura 2 y en la tabla 2.



**Figura 2.** Opciones del tablero organizadas por campos semánticos.

Estas 20 figuras fueron elegidas con la ayuda de un especialista en enfermería, Considerando también lo establecido en el manual de comunicación aumentativa y alternativa de Torres (2001).

**Tabla 2.** Campos semánticos utilizados.

Número	Opciones
1	<i>Quiero comer</i>
2	<i>Quiero beber agua</i>
3	<i>siento calor</i>
4	<i>Quiero jugar</i>
5	<i>Quiero ver la tv</i>
6	<i>Necesito ir al baño</i>
7	<i>Necesito bañarme</i>
8	<i>Me duele la cabeza</i>
9	<i>Hay mucho ruido</i>
10	<i>Quiero mis medicamentos</i>
11	<i>Necesito cepillarme</i>
12	<i>Estoy incomodo</i>
13	<i>Estoy triste</i>
14	<i>Quiero escribir</i>
15	<i>Quiero escuchar música</i>
16	<i>Quiero dormir</i>
17	<i>Siento frio</i>
18	<i>Estoy contento</i>
19	<i>Necesito llamar por teléfono</i>
20	<i>Quiero levantarme</i>

### 3. Desarrollo.

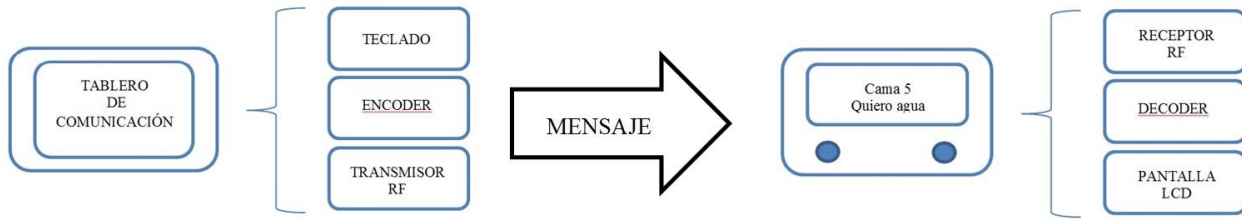
#### Diseño.

El diseño se basa en la elaboración de un sistema de transmisores de mensajes y un receptor de los mismos (Angulo, 2006). Y el diseño del protocolo de comunicación entre ellos (Tocci y Widmer, 2015). Como se muestra en las figuras 3 y 4.

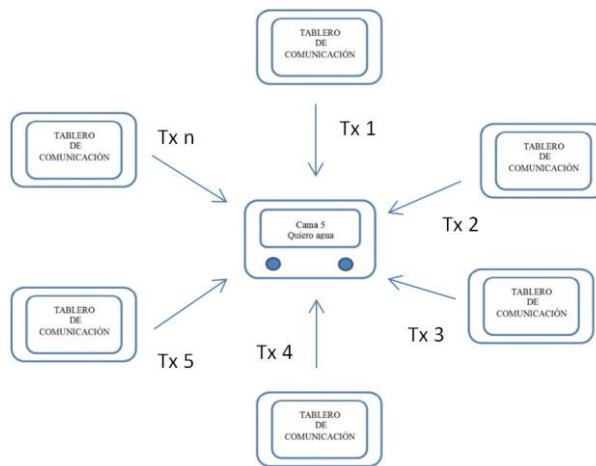
#### Transmisor.

Cuando se programan cada tablero se le asigna un número que es único e irrepitible. En el diseño del teclado detrás

de los símbolos pictográficos, se agruparon los pulsadores de manera matricial, es decir, cada tecla debe tener una posición diferente según su fila y columna.



**Figura 3.-** Transmisor y receptor del tablero de comunicación.



**Figura 4.-** Red de tableros de comunicación.

Cuando el paciente presiona una de las opciones que tiene el tablero, estas señales son procesadas por un *encoder* (74LS922) que convierte la presión de la tecla en un código de 6 bits. El código generado son recibidos por un microcontrolador PIC16F877 que toma estos bits y los empaqueta en una trama para ser enviadas a través de su unidad *USART* de tiene integrada. Estos datos en serie se entregan al transmisor de RF TWS434, el cual se encarga de enviar el código, ver figura 5.



**Figura 5.** Tablero de comunicación (transmisor).

Si ninguna tecla es presionada el sistema se mantiene en modo de espera, ver diagrama de flujo de la figura 6.

La transmisión de datos se realiza cuando se recibe una solicitud por parte del receptor de datos, utilizando una comunicación inalámbrica a una frecuencia de 433.92 MHz.

Los transmisores deben colocar los datos del código dentro de una trama, que incluyen un encabezado, dirección de tablero, el comando y un dato final. El encabezado está constituido por un identificador (solicitud o respuesta), el número de tablero que genera el mensaje (un byte). El bloque de comando (un byte) ya que el código de la solicitud es de 6 bits. Mientras que al final de la trama se coloca un byte de verificación (CHECKSUM). La trama completa se puede ver en la figura 7.

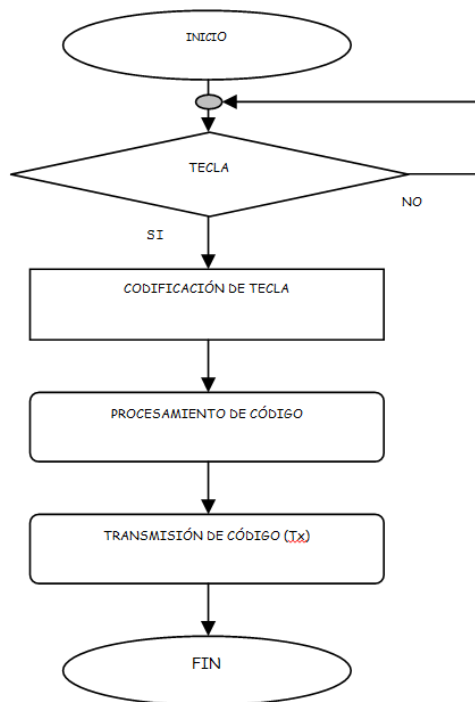


Figura 6. Diagrama de Flujos del programa para la transmisión de datos.

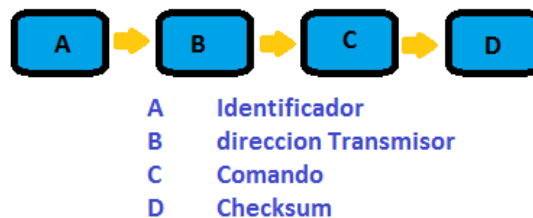


Figura 7. Trama de envío de comando.

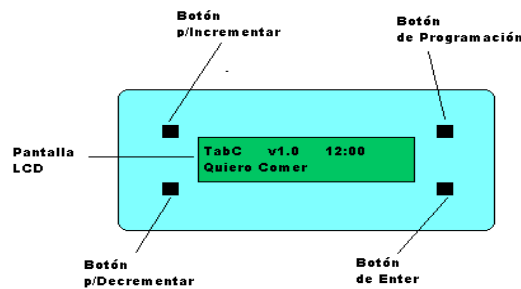
**Receptor.**

Al encender el receptor debe establece comunicación con cada uno de los tableros que tenga a su alrededor. Si tiene la respuesta dentro de los primeros 2 segundos, los enumera en su memoria. Esto termina cuando no se recibe

respuesta después de los 2 segundos.

Cuando alguno de los tableros reconocen la petición enviará el código correspondiente, enviando un cero si no tiene tecla presionada o bien el código que corresponde a la selección presionada. Al recibir la trama de regreso se identifica el tablero y si existe tecla presionada, además de llevar a cabo la verificación de corrección de error, verificando que los datos hayan sido recibidos de forma correcta, usando para esto el byte de CHECKSUM. Si en la verificación se detecta algún error en la recepción, se hace una nueva solicitud al tablero en cuestión. Cuando se verifico que los datos son correctos el microcontrolador, envía el mensaje del tablero y la actividad solicitada por el enfermo.

En la pantalla del receptor se muestra además de la leyenda “Tablero hospitalario” el día y la hora. La hora del sistema es programable a partir de 4 botones. En la figura 8 se muestra la ubicación en la caratula y función de cada botón caratula y en la figura 9 se muestra el diseño final del receptor así como la forma de portarlo por parte de la enfermera.

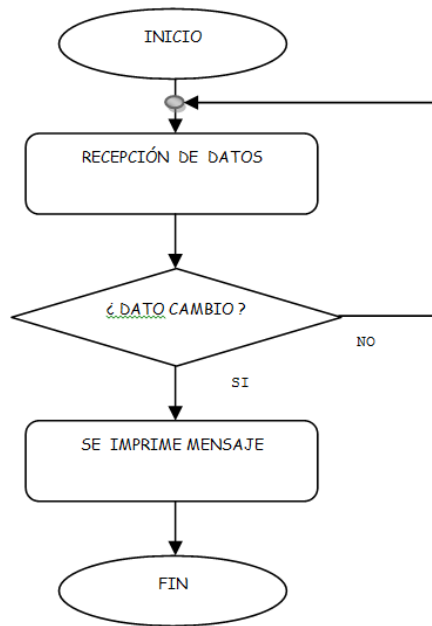


**Figura 8.** Caratula del Receptor.



**Figura 9.** Forma de uso del Receptor.

El diagrama de flujo de la figura 10 muestra el proceso que realiza el programa encargado de la recepción, decodificación y procesamiento de datos para desplegar el mensaje de texto.



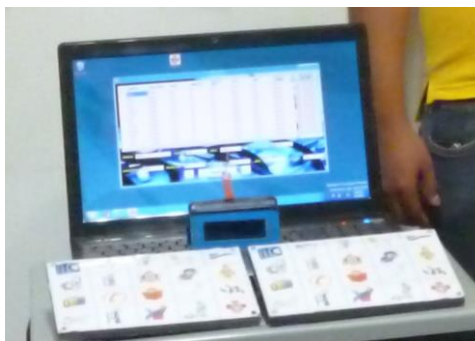
**Figura 10.** Diagrama de flujo recepción de datos.

El sistema desarrollado también cuenta con la posibilidad de guardar toda la información (solicitud, dispositivo, hora, fecha) en una memoria microSD, que está dentro del dispositivo receptor. Dependiendo del número de solicitudes de atención se tendrá la posibilidad de almacenar hasta por 24 horas. Esta información se almacena en formato *.txt* que puede ser desplegada en cualquier procesador de texto o en hoja de Excel.

## Resultados

En esta investigación se construyeron 2 tableros hospitalarios y un receptor para llevar a cabo la comprobación del protocolo de comunicación.

En la figura 11 se puede ver los prototipos finales. Ambos tableros, idénticos, se encuentran divididos en cinco campos semánticos con cinco colores diferentes para ubicar fácilmente las figuras.



**Figura 11.** Prototipo del Teclado de comunicación.

## Pruebas.

Para evaluar la eficacia del prototipo que se desarrolló, se acudió a una clínica para que las enfermeras probaran el

buen funcionamiento del tablero. En el lugar se solicitó el apoyo para realizar pruebas con personas enfermas que tuvieran problemas de motricidad.

El personal de enfermería que está a cargo de un sala de recuperación permitió que Juan, un señor en recuperación de una cirugía de rodilla usará el tablero. A Juan le gusto el diseño por su facilidad de uso, ya que se adaptó rápidamente al tablero, considerando que la cirugía de la que fue intervenido le permitía una movilidad de sus extremidades superiores logrando comunicar sus necesidades a su interlocutor (enfermera a cargo) que se encontraba en otra sala a una distancia aproximada de 30 metros.

El tablero de comunicación también se les presentó a estudiantes de enfermería (figura 12) y como en el primer caso también se tuvieron buenos comentarios del dispositivo construido



**Figura 12.** Presentación de prototipo a estudiantes de enfermería.

## Conclusiones.

Con el desarrollo del prototipo que se describe se continúa creando más Sistema Alternativo y Aumentativo de Comunicación, que permite una mejor comunicación entre la persona con capacidades limitadas y quienes se encuentran en su entorno. Esto se logra al llevar a cabo la conversión de la idea que representa un símbolo pictográfico a su correspondiente frase en lenguaje escrito, el cual puede ser interpretado de mejor manera por cualquier persona. La comunicación vía radiofrecuencia hace que la comunicación no se pierda cuando el interlocutor no tiene contacto visual con el tablero.

Con las pruebas realizadas en campo, se comprobó el buen funcionamiento de los tableros así como del protocolo de comunicación implementado. Además de comprobar la eficiencia y el alcance del dispositivo tanto en un área abierta como en un área cerrada.

Las expectativas que se tienen del tablero hospitalario es que se convierta en un sistema eficaz, accesible e innovador en el ámbito hospitalario. Siendo utilizado en forma masiva en las instituciones de gobierno así como en hospitales privados.

Por el tipo de tecnología utilizada en el equipo, se creó un diseño compacto en el dispositivo receptor lo cual permite que sea un aparato portátil fácil de llevar por sus dimensiones y peso.

## Referencias Bibliográficas.

**Angulo Usategui, José María y Angulo Martínez, Ignacio.** (2006). "Microcontroladores PIC. Diseño práctico de aplicaciones.PIC16F87X, PIC18FXXXX". 2ª. edición. Madrid. Editorial McGraw Hill. 2006.

**García Romero.** (2001), "I. Pautas Básicas y Sistemas Alternativos de Comunicación". España. 2001.

**Pinedas Selvas Manuel Alejandro, Hernández Ventura Yahir (2008).** “Tablero de comunicación electrónica” Tesis profesional. 2008.

**Tocci J. Ronald y Widmer S. Neal.** (2015). “Sistemas digitales: Principios y aplicaciones”. Prentice-Hall. 10ª edición. 2015.

**Torres Monreal, S.** (2001). “Sistemas alternativos de comunicación: Manual de Comunicación aumentativa y alternativa: sistemas y estrategias”. Ediciones Aljibe. 2001.

### Referencias páginas de internet.

**Comisión nacional de arbitraje médico (CONAMED).** (2015). *Estadísticas 2015 de inconformidades*. Recuperado de [http://www.conamed.gob.mx/estadistica/estadistica\\_2015.php](http://www.conamed.gob.mx/estadistica/estadistica_2015.php)

**Instituto nacional de estadística, geografía e informática (INEGI).** (2015). “*Estadísticas de salud, discapacidad y seguridad social*”. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=19004>

### Información de los autores.



**Álvaro Hernández Sol**, es Ingeniero en electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Siendo Jefe de proyectos de investigación de Ingeniería Electrónica desde el 2001. Fundó y asesora el “Club de robótica del ITTG”. Colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Y dirige el área de trabajo en “sistemas aéreos autónomos”. Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.



**Abdías Santis López** es Ingeniero Electrónico egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Es profesor de medio tiempo en la carrera de Tecnologías de la Información (TIC) en la Universidad de la Selva, en la ciudad de Ocosingo, Chiapas. Ha participado en la generación de proyectos en la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).



**Mauricio Cigarroa Trinidad** es Ingeniero Electrónico egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Participó en el proyecto denominado “control de pantalla modular de leds” 2014.



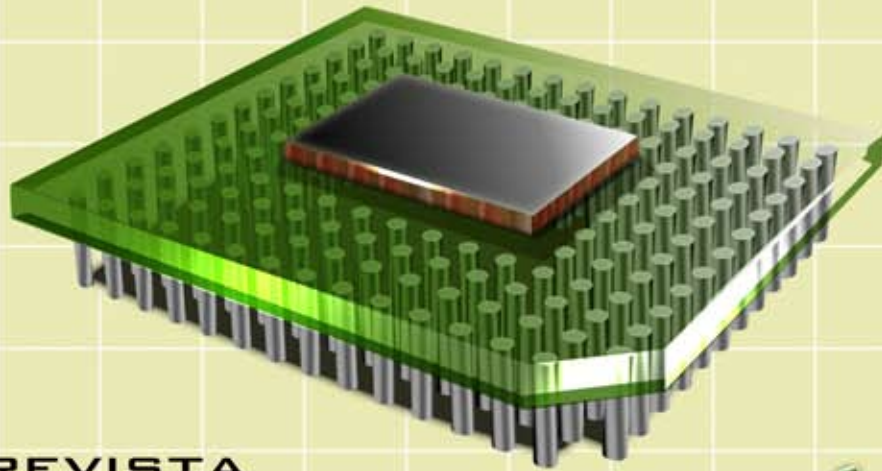
**Raúl Moreno Rincón**, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME-IPN, en la ciudad de México, D.F. Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca. Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y Jefe de Proyectos de Docencia de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 1999 y colabora en la línea de investigación “Robótica” de Ingeniería electrónica, en donde ha realizado proyectos como: Sistema de alarma para personas con deficiencia auditiva basado en XBEE, robot de cafetería, araña hexápoda, entre otros.



**Francisco Ronay López Estrada** recibió su Doctorado en Ciencias en Control Automático por la Universidad de Lorraine, France, en 2014, y su Doctorado en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el Centro Nacional de Investigación (CENIDET) en 2015. Recibió el grado de maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el CENIDET en 2008. Ha sido profesor del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2008 adjunto al departamento de Ingeniería Electrónica. Sus intereses de investigación son: Los sistemas lineales de parámetros variantes, sistemas de detección de fallas, sistemas descriptores, control de procesos y control de vehículos aéreos no tripulados.







REVISTA  
**TECNOLOGÍA**  
DIGITAL

[www.revistatecnologiadigital.com](http://www.revistatecnologiadigital.com)