

Horus: Prototipo de herramienta tecnológica de apoyo semi-libre, para personas con discapacidad visual*¹

[Horus: Prototype technological support tool semi-free for visually impaired people]

CHRISTIAN DAVID LOAIZA GALEANO², SAULO DE JESÚS TORRES RENGIFO³

RECIBO: 28.08.2013 – APROBACIÓN: 05.12.2013

Resumen

En un entorno generalizado dominado por los medios digitales como en el actual, no es difícil inferir los problemas de acceso a la información a los que se enfrentan las personas con discapacidad visual severa, en todo el mundo; en especial aquellos individuos de esta colectividad que viven en los países en vía de desarrollo. Si se tiene en cuenta la escasez de sensibilidad por parte de la industria y organizaciones gubernamentales para concebir herramientas de apoyo eficaces y económicas, que permitan a estos individuos acceder a las diferentes temáticas que cubre la información digital entre las que se puede mencionar: informar, educar y entretener. Asuntos que indudablemente mejorarían la calidad de vida de esta comunidad. En este escrito se da a conocer técnicas utilizadas y resultados obtenidos por los autores, después de haberse planteado el cuestionamiento: ¿Será posible a través

* Modelo para la citación de este artículo:

LOAIZA GALEANO, Christian David & TORRES RENGIFO, Saulo de Jesús(2013). Horus: Prototipo de herramienta tecnológica de apoyo semi-libre, para personas con discapacidad visual. En: Ventana Informática No. 29 (jul-dic). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 13-28. ISSN: 0123-9678

- 1 Artículo de investigación científica y tecnológica proveniente del proyecto *Implementación de un dispositivo de cómputo móvil PDA, que permite la representación de información digital al sistema de escritura y lectura Braille: proyecto Horus*, ejecutado en el periodo 05/03/2011 –27/08/2012 [Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero de Sistemas y Computación, por parte del primer autor, con el segundo como tutor].
- 2 Ingeniero de Sistemas y Computación. Correo electrónico: davidloaiza9@gmail.com
- 3 Ingeniero Electricista, M.Sc. en Física. PhD(c) en Ingeniería Informática. Docente universitario, Universidad Tecnológica de Pereira (Pereira, Risaralda, Colombia). Correo electrónico: saulo.torres@etp.net.co.

de software, y hardware reconfigurable desarrollar un prototipo de sistema que permita representar automáticamente la información contenida en textos e imágenes digitales almacenadas en un PC convencional a través del sistema de lectura y escritura Braille y un método que permita, a un discapacitado visual, deducir que figura se le está representando?

Palabras Clave: *Braille, Discapacitado Visual, FPGA, Pantalla de relieves, Representación de Imágenes, Representación de Texto.*

Abstract

In a generalized environment dominated by digital media and where we are now, it is difficult to infer problems of access to information faced by people with severe visual impairment throughout the world, especially those individuals in this community who live in developing countries. Taking into account the lack of sensitivity on the part of industry and government organizations to design effective tools and economic support, to enable these individuals to access the different themes covering digital information among which we can mention: inform, educate and entertain. Matters will undoubtedly improve the quality of life of this community. This paper gives results known techniques used and obtained by the authors, having raised the question: Would it be possible through software and reconfigurable hardware develop a prototype system to automatically render the information contained in texts and digital images stored on a conventional PC. Through the system of reading and writing Braille and a method to infer visual disability even that figure is representing you?

Keywords: *Braille, FPGA, Reliefs Screen, Images Representation, Text Representation, Visually impaired.*

Introducción

Actualmente, no es un secreto que los dispositivos electrónicos juegan un papel importante en el desarrollo de la humanidad, basta meditar un momento y darse cuenta que artilugios como los ordenadores y los teléfonos móviles se han vuelto imprescindibles para la colectividad en su propósito de acceso a la información. Dicho fenómeno se ha venido dando gracias a la tendencia de las personas en divulgar sus conocimientos y vivencias en formato digital, impulsados entre otros por las ventajas que trae consigo el empleo del sistema de distribución

de información digital *World Wide Web*⁴, el cual brinda a sus usuarios ventajas como: permitirse poseer mínimas cantidades de tiempo y habilidades técnicas para lograr llevar a cabo la publicación de contenidos informáticos.

Estos beneficios suponen un gran avance si se compara con las formas de difusión tradicionales que permitían divulgar información, como es el caso de los medios impresos. Pero dichos favores en la utilización de estas tecnologías no son equitativos para todas las personas y es así que se encuentra por ejemplo que la mayor parte de estas tecnologías, son concebidas para satisfacer las necesidades y gustos de individuos que no poseen inhabilidades físicas notables.

Este despropósito de ecuanimidad, crea brechas que transgreden el derecho de la igualdad inherente en todos los seres humanos y a su vez amenaza otros tipos de prerrogativas como por ejemplo el derecho a una educación integral, según las Naciones Unidas (1948), en ocasiones transgredido por la carencia de medios para llevar a cabo su fin.

En Colombia se han venido llevando a cabo proyectos educativos que intentan contribuir a la educación de las personas con limitaciones visuales como es el caso del *Centro Tiflotecnológico Hernando Pradilla Cobos*, ubicado en la Universidad Pedagógica Nacional (2013?), exhibido por Citytv (2011), o el aula de apoyo a la discapacidad que hace parte de la institución educativa Pablo Emilio Cardona de Pereira (s.f.), presentada por El Tiempo (2010) y DUTO (2004).

Inspirados en este tipo de iniciativas de gran impacto social, recientemente investigadores de la Universidad Tecnológica de Pereira adelantaron labores concernientes al desarrollo de un prototipo de Hardware y Software que busca ofrecer a las personas con discapacidad visual, la facultad de poder acceder a la información contenida en archivos de texto .Txt e imágenes digitales .Bmp a través del sentido del tacto (Granada & Loaiza, 2012).Dicho proyecto es denominado Horus; y a través de este documento se busca exponer y colocar a juicio de la comunidad académica y sociedad en general, los planteamientos de los principales conceptos utilizados en la construcción de esta herramienta tiflotecnológica⁵.

4 World Wide Web (WWW) o Red informática mundial es un sistema de distribución de información basado en hipertexto o hipermedios enlazados y accesibles a través de Internet.

5 La tiflotecnología es el conjunto de metodologías y procedimientos que posibilitan la utilización de los conocimientos tecnológicos con el fin de enfocarlos al beneficio de personas invidentes o que poseen una baja visión, permitiendo con ello, a estas personas hacer uso de las nuevas tecnologías informáticas.

1. Fundamento teórico

El proyecto Horus, es un sistema tiflotecnológico y por tanto una herramienta tecnológica de apoyo⁶, compuesto por un componente informático inmaterial (interfaz gráfica – *GUI (Software)*) y un conjunto de elementos electrónicos que componen su parte física (*Pantalla de Relieves (Hardware)*). Actualmente necesita de la interacción de dos actores para su funcionamiento: Una persona con necesidades especiales que es la persona a la que se le exhibe la información a través de la superficie de realces. Y otra que toma el rol de tutor que es la encargada de elegir la información que se desea exponer por medio de la interfaz gráfica del sistema, la cual se encontrará alojada en un PC convencional regido bajo un sistema operativo Windows XP o superior.

El sistema adopta esencialmente para la representación de la información el sistema de escritura y lectura Braille. Sin embargo, a partir de allí se empieza adicionar nociones de diferentes disciplinas de las que se pueden mencionar como más vitales para el funcionamiento del arquetipo:

- Electromagnetismo, teoría perteneciente a la rama de la física que estudia los campos electromagnéticos y campos eléctricos, y las interacciones que poseen estos con la materia. Esta idea se encuentra embebida en el principio de funcionamiento de los actuadores que producen los relieves en el sistema Horus.
- El píxel concepto adoptado por la rama informática para designar la unidad más pequeña que conforma una imagen digital y noción adoptada en el sistema Horus para llevar a cabo la representación de figuras digitales .Bmp partiendo del Sistema Braille.
- La rama de la teoría general de las imágenes (Villafañe & Mínguez, 2006, 29), conocida como representaciones mentales, que según Otero (1999, 93), brindan a los autores del proyecto el fundamento teórico psicológico para manifestar la posibilidad de correcta interpretación, por parte de la persona con discapacidad visual que palpa las imágenes trazadas en hardware del sistema.
- Arquitectura cliente servidor, modelo computacional de aplicación distribuida por medio del cual dos sistemas conectados a través de una red TCP/IP (Stevens, 1994, 16), pueden dividir labores bajo dos figuras: proveedor de recursos conocidos como servidor. Y deman-

6 Término utilizado para describir cualquier producto (incluyendo dispositivos, equipos, instrumentos, tecnología y software) que es usado para incrementar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de personas con discapacidad. La denominación específica para dispositivos concernientes al campo de la discapacidad visual es tiflotecnología.

dante de estos servicios conocidos como cliente. Este esquema de comunicación es utilizado por el sistema Horus para enviar peticiones de representación de información, desde la interfaz de usuario (GUI) alojada en el PC convencional; hacia la Pantalla de relieves.

- Sistema embebido, término utilizado en el área de la electrónica para referirse a un artefacto electrónico *creado para*:

«Cumplir una o pocas labores específicas, lo que lo diferencia de los sistemas de computación normal los cuales son diseñados para cumplir con un amplio abanico de tareas. Esta característica permite que para el tipo de dispositivo donde se implanta el sistema embebido, solo se diseñen y se implementen los módulos necesarios para cumplir con algunas labores explícitas. Por ende solo es preciso utilizar el hardware ineludible para su funcionamiento lo que hace que rebaje sustancialmente sus costos de construcción, comparado con los sistemas de propósito general. Adicionalmente esta característica permite que estos sistemas normalmente tengan un tamaño reducido lo cual facilita su portabilidad» (Granada, Loaiza & Torres, 2011, 89).

El hardware del sistema Horus, hace uso de un artilugio denominado FPGA⁷ (XILINS, s.f), el cual permite desarrollar solo las aplicaciones necesarias que logran que dicho dispositivo interprete la información recibida desde la interfaz gráfica; dichos datos después de ser descifrados son transformados en señales eléctricas, compresibles para los actuadores del sistema los cuales son los dispositivos encargados de elaborar los realces que modificarán la superficie, donde se exhibe la información a las personas con discapacidad visual.

La sinergia de todos estos conceptos a *grosso modo* conforma el prototipo Horus. Sin embargo, a partir de este instante y a lo largo de lo que resta de este documento, se intentará brindar una exhibición concreta del uso dado en el sistema a las nociones anteriormente expuestas.

1.1 El Braille visto como un todo

El Braille es el sistema de escritura y lectura propio de personas ciegas y sordo-ciegas, basado en seis celdas de puntos en relieve que se ubican

⁷ «En el nivel más alto, los FPGAs son chips de silicio reprogramables. Al utilizar bloques de lógica pre-construidos y recursos para ruteo programables, usted puede configurar estos chips para implementar funcionalidades personalizadas en hardware sin tener que utilizar una tablilla de prototipos o un cautín. Sólo deberá desarrollar tareas de cómputo digital en software y compilarlas en un archivo de configuración o bit stream que contenga información de cómo deben conectarse los componentes. Además, los FPGAs son completamente reconfigurables y al instante toman una nueva "personalidad" cuando usted compila una diferente configuración de circuitos» (National Instruments, 2013).

en un patrón de ordenamiento de tres filas por dos columnas (Figura 1a) y con los cuales a través de distintas combinaciones se pueden representar hasta 64 símbolos diferentes que incluyen: el alfabeto (Figura 1b), signos de puntuación, números, símbolos matemáticos (Fernández del Campo, 2004, 24) y hasta notas musicales.

Este sistema posee tres tipos célebres de transcripción conocidos como: Grado1, Grado2 y Grado3:

«Grado1: mantiene una relación de uno a uno con las letras del alfabeto, es decir: que a cada una de las letras le corresponde un determinado signo.

Grado2: Este nivel es el inicio de la estenografía⁸ e incluye las palabras abreviadas con un solo signo. Por ejemplo, la palabra “que” se estenografía con la “q”.

Grado3: incluye todas las contracciones y las palabras abreviadas con dos o más signos. Por ejemplo, la palabra “ciego” se estenografía con la “c” y la “g”» (Grzona, 2002)

Las principales ventajas en el empleo del sistema Braille, por parte de las personas que sufren una deficiencia aguda o nula de su visión, son: la relativa sencillez de uso cuando se denomina y la asequible adaptación a diferentes idiomas.

Dentro de sus principales desventajas se encuentran:

«El gran volumen que ocupan sus escritos (el grosor del papel que se utiliza y la mayor extensión por la multiplicidad de signos. Además los caracteres en Braille no se deben alterar de tamaño como sucede en el caso de la tinta).

La dificultad presentada por los usuarios para manipular los volúmenes.

El costo del papel especial.

Poca disponibilidad de contenidos transcritos en este sistema» (Grzona, 2002).

Por otra parte, este sistema de comunicación ha incursionado en el campo de la tiflotecnología; siendo posible en la actualidad encontrar dispositivos como las líneas Braille, dispositivos electrónicos que permite bajo una configuración lineal, representar en Braille la información expuesta desde otro dispositivo como puede ser un PC convencional.

⁸ Método de escritura que permite la transcripción al ritmo del habla, para ello se suelen emplear trazos breves, abreviaturas y caracteres especiales para representar letras, palabras e incluso frases.

Dentro de las principales ventajas de este tipo de dispositivos, se pueden mencionar la capacidad de representación de grandes cantidades de información en una única superficie; debido a que los puntos Braille pueden alternar entre las posiciones de subida y bajada dinámicamente. Sin embargo, cuenta con algunas desventajas que merecen ser mencionadas como es el caso de: - Costos económicos relativamente elevados para llevar a cabo su adquisición y - No permite representar contenidos diferentes a los textuales.

2. Metodología

El prototipo Horus busca aprovechar el principio dinámico del funcionamiento de los puntos que poseen este tipo de dispositivo tiflotecnológico. No obstante la representación de los estados de activación y desactivación de las celdas, se procesa internamente bajo una distribución matricial (Figura 1c) y no de filas; característica que posibilitó representar caracteres e imágenes digitales en una única área, y que asemeja su funcionamiento a la forma en que se exhibe la información en un monitor de computadora.

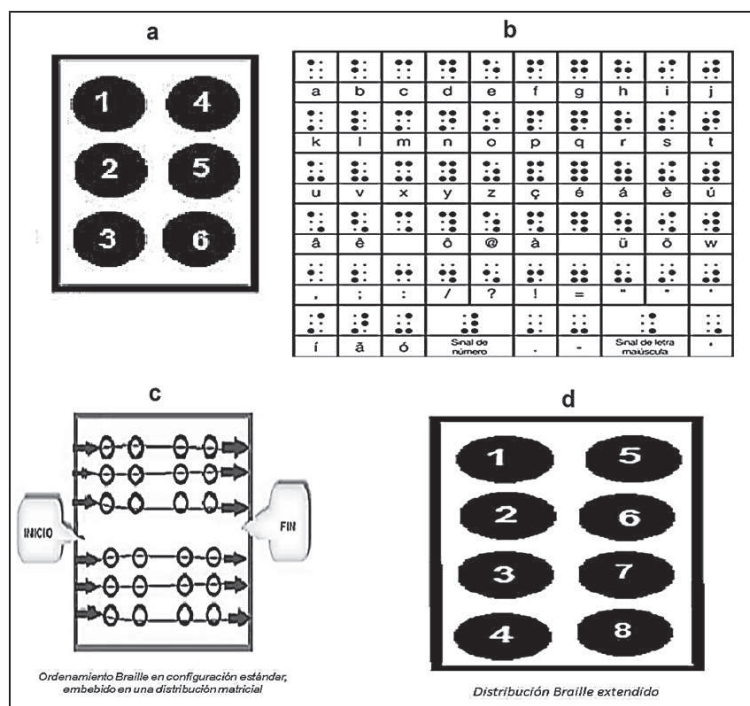


Figura 1. Alfabeto Braille y patrón de ordenamiento matricial

Con base en la naturaleza binaria⁹ del sistema de escritura y lectura Braille, los autores del prototipo relacionan a cada letra de los alfabetos inglés y español, una secuencia de 1 y 0 equivalente al símbolo en Braille (representación Grado 1); con la excepción de que dicha secuencia no es procesada a través de la configuración de Braille estándar. Sino bajo la estructura: Braille extendido (Figura 1d). Dicha configuración se conforma de ocho puntos, lo cual amplía la posibilidad representación de 64 símbolos diferentes utilizando solo seis puntos, a 256 símbolos distintos con ocho puntos y bajo los mismos principios.

2.1 ¿Cómo representa el sistema Horus internamente, un carácter de texto contenido al interior de archivo digital .Txt?

Toda información procesada por el sistema Horus, sin excepción debe ser introducida inicialmente en la interfaz gráfica del sistema. Dicha interfaz y todos los algoritmos de procesamiento de información y comunicación del sistema, fueron concebidos a través de lenguaje de programación de alto nivel C++¹⁰.

A continuación se ilustra por medio de sencillos ejemplos, las diferentes representaciones que toma una letra del alfabeto inglés y español en: contexto natural, el sistema de escritura Braille estándar y en la secuencia binaria que asigna el sistema Horus a cada una de ellas (Tabla 1); donde se puede notar que las secuencias binarias de cada letra, posee una longitud total de ocho unidades. Y que las posiciones 4 y 8 de dichas secuencias, corresponden a las celdas extras que posee la distribución del Braille en formato extendido.

Tabla 1. Representación de letras en diferentes contextos

Símbolo en lenguaje natural	Símbolo representado en Braille	Símbolo representado en secuencia binaria por el sistema Horus
a	⠁	10000000
j	⠵	01001100
s	⠎	01101000
z	⠵⠵	10100110

9 Sistema en el que los números se representan utilizando solamente las cifras cero y uno (0 y 1). las computadoras basan su funcionamiento interno en dos niveles de voltaje, por lo cual este tipo de sistema es natural para ellas (encendido = 1, apagado = 0).

10 Lenguaje formal diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como las computadoras, extensión del exitoso lenguaje C y el cual soporta la mayoría de sintaxis de este último.

2.2 ¿Cómo representa el sistema Horus internamente, una imagen digital .Bmp?

Las imágenes digitales .Bmp procesadas por el sistema Horus, al igual que los archivos de texto sin excepción. Deben ser introducidas inicialmente en la interfaz gráfica del sistema. Al dar la orden de visualizar dicha información en la Pantalla de Relieves del arquetipo, el algoritmo de procesamiento de imágenes aprovecha el mismo principio de transformación de la información (unos y ceros), de su semejante cuando se procesa texto digital. Con la gran diferencia que ahora las secuencias binarias resultantes, se interpretan bajo una estructura matricial que se crea dinámicamente a partir de los píxeles procesados de cada imagen; y que se rigen bajo los principios que se manifiestan en la parte inferior de este párrafo. A diferencia de la forma en que se procedía con un carácter digital, el cual ya tenía su respectiva sucesión binaria asociada de forma previamente definida. *Cada pixel negro que se encuentre en la imagen equivaldrá a un 1 y cada pixel blanco hallado en la imagen equivaldrá a un 0.*

Si bien en el párrafo anterior se explica cómo toma un valor binario de 1 o 0 el sistema para cada pixel de una imagen, es muy probable que el lector se esté preguntando: ¿Cómo procesa el arquetipo Horus una imagen digital .Bmp que no se encuentra a blanco y negro sino a color?. La solución a dicho cuestionamiento pasa a ser transformar toda imagen que se procese en el sistema a dicha escala de colores. Para llevar a cabo este propósito, el sistema Horus cuenta con *script*¹¹ que recorre la imagen pixel a pixel comparando el color que contiene; a partir de allí genera un promedio de los colores: rojo verde y azul (modelo RGB¹²) que es comparado con un valor de color umbral establecido por los diseñadores del sistema. Dicho límite permite establecer un valor de 1 para todo pixel que esté por debajo de este; y un valor de 0 para todo aquel que lo supere. El cálculo del valor blanco o negro que toma cada pixel se realiza mediante las siguientes líneas de código de programación con C++:

```
//Calculo de promedio RGB, si es mayor al umbral
//blanco=0 sino negro=1
if( ( (r+g+b)/3 ) > UMBRAL )
pixel = '0';
else
pixel = '1';
```

11 Programa informático usualmente pequeño y simple.

12 Modelo de color por medio del cual se puede representar cualquier color a través de la mezcla de los tres colores primarios: Rojo, Verde y Azul.

En la Figura 2b, se presenta la interpretación de una imagen .Bmp por el sistema Horus, en comparación con la imagen normal.

2.3 ¿Cómo averigua el sistema Horus los mecanismos que se deben activar o desactivar en la pantalla de relieves?

Transformar los caracteres de texto e imágenes a una secuencia binaria, es solo la punta del iceberg en todo el ciclo de vida de la información procesada por el sistema Horus. Subsiguiente a ello, se debe buscar la forma de poder dar a conocer al hardware del sistema, los actuadores que debe activar o desactivar; y para ello se hace necesario transformar dicha secuencia binaria a un número entero, que le indique a la FPGA internamente, a través de una posición de memoria, qué señales debe generar para activar o desactivar un actuador.

Por regla general se utiliza la fórmula $\sum 2^n$ (donde n es igual al número de punto que se encuentra activo (1^{13}), según la secuencia binaria resultante del proceso de representación interna de un carácter o imagen digital) para interpretar la secuencia de número binarios tanto para archivos .Txt como para imágenes .Bmp. Sin embargo, la secuencia en que se aplica la expresión varía de un tipo de archivo a otro (Figura2a).

Para intentar dar mayor claridad al lector sobre la aplicación de dichas ideas dentro del sistema Horus, se pasa a otorgar dos ejemplos prácticos:

- Si se deseara calcular la posición de memoria de los mecanismos que se deben activar, después de conocer la cadena binaria resultante otorgada por el sistema Horus posterior a la interpretación interna de la letra z. Dicha cadena resultante equivaldría a la secuencia binaria 10100110 (Tabla 1). Aplicando la fórmula general otorgada, dicha serie de unos y ceros se transforma a un número entero igual a 101. Cantidad concebida a partir de los valores que toman las celdas 1, 3, 6 y 7; generada por la expresión (Figura 2c) y correspondiente a los puntos que son según el sistema Braille los que deben manifestar realce para representar el símbolo analizado.
- Si se deseara calcular la posición de memoria de los mecanismos que se deben activar, después de conocer la cadena binaria resultante otorgada por el sistema Horus posterior a la interpretación interna de la imagen expuesta en la Figura 2b. Dicha cadena resultante equivale a la matriz binaria:

13 La cuenta de este subíndice se debe iniciar desde el número 0

10
11
10
00

La cual al aplicarle la fórmula general otorgada, se convierte en el número entero 39. Cantidad concebida a partir de los valores que toman las celdas: 1, 2, 3 y 6; generada por la expresión (Figura 2c) y que son según los pixeles que están en negro, los actuadores que deben manifestar realce para representar la imagen analizada.

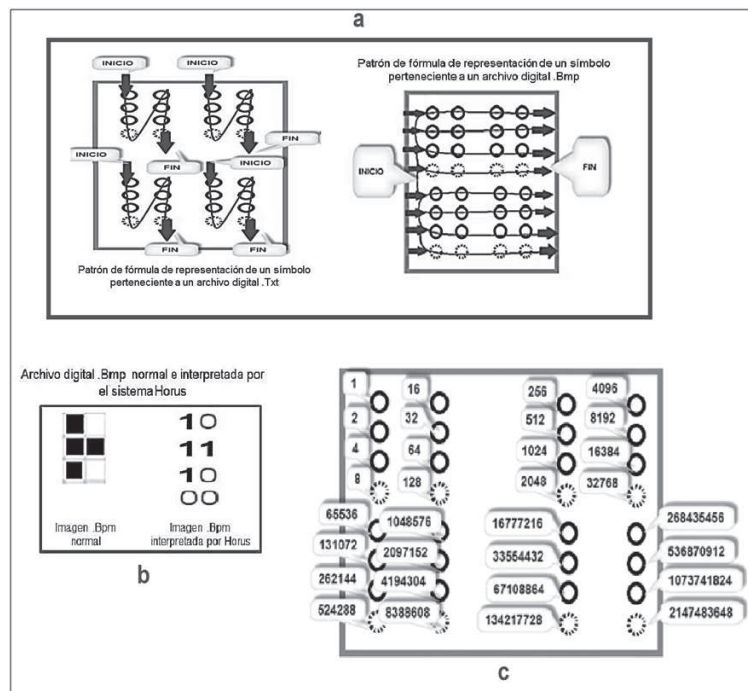


Figura 2. Patrones de fórmulas de representación de un símbolo perteneciente a archivos digitales .Txt y .Bmp, imagen digital y su respectivo patrón binario. Y simulación del cálculo de posición de memoria de los actuadores según la expresión general de cómputo otorgada.

2.4 Teoría que corrobora la posibilidad de la interpretación de las imágenes que se exhiben en el sistema Horus

El método de exhibición de imágenes que emplea el sistema Horus por sí solo no debería poseer el peso suficiente para ser considerado irrefutable, en el objetivo que persigue. Si se tiene en cuenta los proble-

mas de discapacidad a los que se ven enfrentados sus usuarios finales objetivos. Sin embargo, esta forma de manifestación de información se apoya en el concepto de representaciones mentales perteneciente a la teoría general de la imagen; la cual se intentará explicar con el fin de que el lector obtenga sus propias conclusiones a partir de ello y la información exhibida a lo largo de este texto.

Según la Real Academia Española (2001), y tomando en cuenta la descripción más ajustada al contexto de este escrito, el término imagen posee el siguiente significado: «*Figura, representación, semejanza y apariencia de algo*».

Con soporte en lo psicológico y en un esfuerzo por definir que es una imagen mental, a continuación se expone el significado que le dan los autores a este término: una imagen mental son representaciones inmateliales que se forman en la mente de los individuos, en su propósito de dar significado a percepciones provenientes de su entorno o de sí mismos... *es como generar un concepto a partir de algo*.

Dicho lo anterior, entonces se puede manifestar que las diferentes formas que pueden llegar a tomar las imágenes mentales de una misma percepción en diferentes personas, vienen dadas por la interpretación de la información percibida por cada sujeto; mas no dependen en su totalidad por las particularidades que pudo haber llegado a tener lo que generó la concepción de esta figura imaginaria.

En la actualidad se pueden encontrar investigaciones como la tesis doctoral de Correa (2008), que intentan explotar este tipo de concepto para crear representaciones táctiles que sean fácilmente interpretables por las personas con limitaciones visuales. Su propósito general es encontrar un canon que permita crear figuras en relieve para que las personas con discapacidad visual, conciben figuras mentales lo más fielmente posible a lo que se le intenta exponer de forma física. El proyecto Horus más allá de intentar buscar ese canon de representación, intento explorar la manera de crear un sistema que permitiera generar una representación táctil de una imagen digital y, a partir de ello, intentar que la persona con limitación visual interprete la información que se le expone, de una forma notablemente significativa.

3. Resultados y discusión

3.1 Descripción de resultados

A partir de las técnicas implementadas en el sistema Horus, actualmente es posible presentar a la comunidad en general un prototipo funcional que realiza la conversión automática de caracteres contenidos en ar-

chivos. Txt a símbolos Braille, e imágenes .Bmp de dimensiones 2x3 y 24 bits de profundidad a una serie de patrones de fácil interpretación para el usuario final (persona con necesidades visuales especiales), todo ello bajo una única superficie.

Lo anterior genera un panorama interesante y prometedor en el área de la tflotecnología, si se tiene en cuenta que dicho artilugio se convierte al instante en un medio de transmisión de información textual o gráfica, que no requiere para la colectividad mundial con problemas visuales y el resto de la sociedad tener que habituarse a los sistemas de comunicación específicos utilizado por su contraparte, para respectivamente poder interpretar y manifestar esos tipos de contenidos.

La arquitectura cliente servidor y el ciclo de procesamiento de la información a través del sistema Horus, la apariencia actual de su interfaz gráfica y de la Pantalla de Relieves, se presentan en la Figura 3.

3.2 Discusión de resultados

El resultado de construir la parte física del arquetipo Horus cimentado en un sistema embebido que fue concebido a partir de hardware reconfigurable. Presenta un gran marco de eficiencia dado que disminuye el factor costo/beneficio, respecto a los dispositivos de similar aplicación (líneas Braille) disponible en el mercado con precio elevado para una persona promedio.

Así mismo, el empleo de dicha técnica de fabricación permite la escalabilidad futura del sistema de seguirse desarrollando. Por ejemplo, al diseñarle un controlador que permita conectar un teclado especial a la Pantalla de Relieves; con el fin de que la persona con discapacidad no solo pueda recibir información sino también que la pueda transmitir.

Realizar representaciones de imágenes en relieve, así sean de pequeñas dimensiones, en el hardware Horus cimenta las bases para llevar a cabo desarrollos más significativos concerniente a esta misma temática. Por ejemplo, no solo representar una imagen estática en relieves en este periférico, sino representar los contenidos que se visualizan en un monitor convencional de computadora.

Promover el sistema Horus bajo un licenciamiento dual (semilibre), genera una mayor probabilidad de que este proyecto se perfile como de gran impacto social para las colectividades ciegas y sordo-ciegas del mundo, puesto que al no depender solamente de las ideas aportadas por sus diseñadores preliminares para su evolución, cualquier persona o entidad sin ánimo de lucro puede estar trabajando en él, para mejorar la calidad de vida de estas poblaciones, a las cuales generalmente se les vulnera sus derechos.

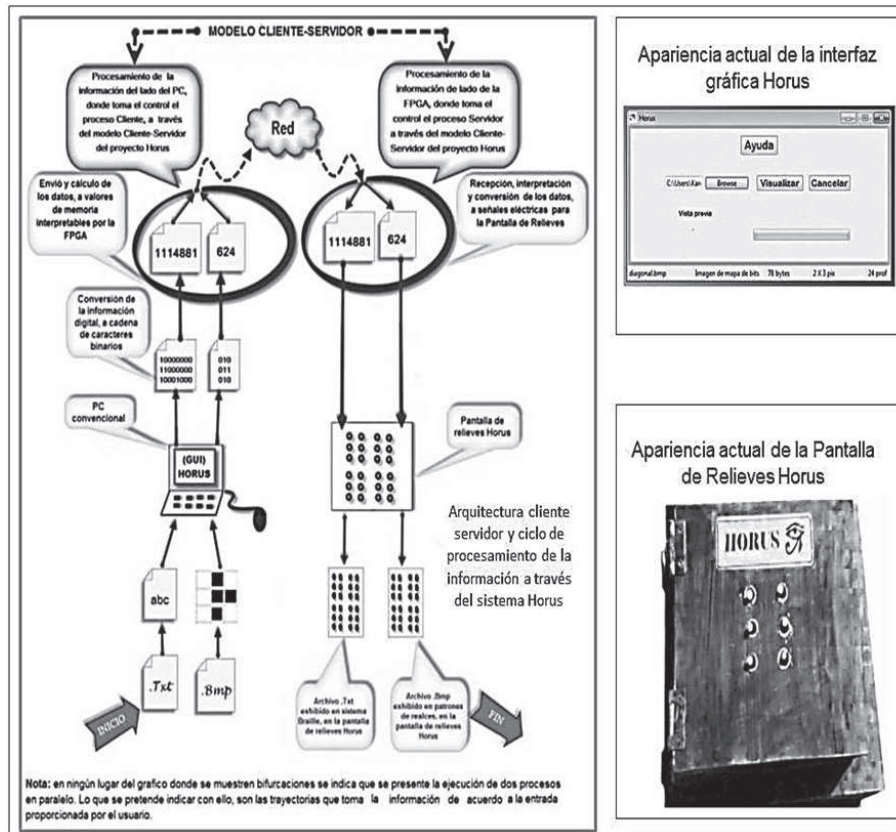


Figura 3. Aspectos relevantes del sistema Horus

4. Conclusiones

- Por medio de este proyecto se aportan conocimientos sistémicos de la Ingeniería de Sistemas interactuando en diversas áreas como: los sistemas embebidos, la ingeniería de software, la arquitectura cliente servidor, etc. Todo esto buscando brindar acceso a la información digital, a personas que poseen discapacidades visuales severas.
- Se exploró y relacionaron con éxito conocimientos de diferentes disciplinas, los cuales tuvieron como objetivo crear una nueva alternativa de aplicaciones de contenidos comprensibles para las personas con discapacidad visual, como es el caso de las imágenes mentales, concepto estudiado por la psicología, mecanismos de relieves pertenecientes al campo de la electrónica y aplicaciones informáticas pertenecientes al campo de ingeniería en sistemas.

- Se creó un dispositivo que permite la combinación de tecnología (sistemas) y el campo de la pedagogía (usuario tutor), logrando con ello una alternativa de enseñanza enfocada al área de la educación especial. Se desarrolló un sistema que le brinda flexibilidad a los usuarios tutores de crear sus propias lecciones, con lo cual se aporta a la autonomía que pueden llegar a requerir cada uno de estos individuos para desarrollar su proceso de enseñanza.
- Se cimentaron las bases que a futuro pueden permitir la concepción de un sistema tiftotecnológico eficaz, eficiente y accesible económicamente por las personas invidentes y sordas ciegas que hacen parte de la población de países en vía de desarrollo, puesto que en la actualidad el prototipo se exhibe como un desarrollo bajo un licenciamiento semilibre.
- Se otorgaron los fundamentos para generar otras investigaciones a partir de la actual, como es el caso de: elaborar aplicaciones de software para que corran bajo el sistema Horus, modificar los actuadores del sistema o crear nuevos a la medida, con el fin de dotar al sistema de nuevas funcionalidades.

Referencias bibliográficas

- CITYTV (2011). Centro tiftotecnológico abre sus puertas [en línea]. Bogotá (Colombia): Casa Editorial El Tiempo <<http://www.citytv.com.co/videos/698112/centro-tiftotecnologico-abre-sus-puertas>> [consulta: 02/08/13].
- CORREA SILVA, María del Pilar (2008). Imagen Táctil: una representación del mundo [en línea]. Tesis doctoral (Doctora en Recerca En Disseny). Barcelona (España): Universitat de Barcelona. 394 p. <<http://www.tdx.cat/handle/10803/1380;jsessionid=DCAD577686C5BB874473B47964F8A1C0.tdx2>> [consulta: 03/08/13].
- DUTO (2004). Sistema IRIS [en línea]. Pereira (Colombia): DutoS.A. <<http://www.duto.org>> [consulta: 09/08/13].
- EL TIEMPO (2010). Proyecto para que niños invidentes puedan percibir el color, llegó a colegio de Pereira [en línea]. Sección Nación (23/08/2010). Bogotá (Colombia): Casa Editorial El Tiempo <<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-7875959>> [consulta: 02/08/13].
- FERNÁNDEZ DEL CAMPO, José Enrique (2004). Braille y Matemáticas. Madrid (España): Organización Nacional de Ciegos Españoles, ONCE, p. 235. ISBN 8448401433
- GRANADA GONZÁLEZ, Alejandro & LOAIZA GALEANO, Christian David (2012). Implementación dispositivo de cómputo móvil PDA, que permite la representación de información digital al sistema de escritura y lectura Braille: proyecto Horus. Proyecto de pregrado (Ingenieros de sistemas y computación). Pereira (Colombia): Universidad Tecnológica de Pereira, 144 p.
- GRANADA GONZÁLEZ, Alejandro; LOAIZA GALEANO, Christian David & TORRES RENGIFO, Saulo de Jesús (2011). Ve a través de tus manos [en línea]. En: Scientia Et Technica. Vol. 2, No. 48 (Ago.). Pereira (Colombia); Universidad Tecnológica de Pereira. p. 87-92. ISSN 0122-1701. <<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1245>> [consulta: 10/08/2013].
- GRZONA, María Alejandra. (2002). El Sistema Braille Frente Al Siglo XXI [en línea]. En: Simposio Internacional Lectura y Escritura: Nuevos Desafíos (04/06/2002), Mendoza (Argentina): Universidad Nacional de Cuyo Facultad de Educación Elemental. <http://www.educ.ar/recursos/ver?rec_id=90156> [consulta: 11/08/13].

- INSTITUCIÓN EDUCATIVA PABLO EMILIO CARDONA (s.f.). Recursos [en línea]. Pereira (Colombia): Institución Educativa Pablo Emilio Cardona <<http://www.pabloemiliocardona.edu.co/nosotros/recursos/>> [consulta: 11/08/13]
- NACIONES UNIDAS (1948). Declaración Universal de los Derechos Humanos [en línea]. Nueva York (NY, EUA): Organización de las Naciones Unidas. <<http://www.un.org/es/documents/udhr/>> [consulta: 05/08/2013]
- NATIONAL INSTRUMENTS (2011). Introducción a la Tecnología FPGA: los cinco beneficios principales [en línea]. Nota Técnica. (21/12/2011). Austin (TX, USA): National Instruments Corporation<<http://www.ni.com/white-paper/6984/es/>> [consulta: 02/10/2013]
- OTERO, María Rita. (1999). Psicología Cognitiva Representaciones Mentales e Investigación. Em: Investigações em Ensino de Ciências. Vol. 4 No. 2 (May.). Porto Alegre (Brasil): Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p 93-119. ISSN: 1518-8795 [en línea]. <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID49/v4_n2_a1999.pdf> [consulta: 09/08/13].
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, RAE (2001). Diccionario de la Lengua de la Real Academia Española: Definición Imagen. 22 ed. [en línea]. Madrid (España): Real Academia Española. <<http://lema.rae.es/drae/?val=imagen>> [consulta: 03/08/13].
- STEVENS, W. Richard (1994). TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols. Tehran (Israel): Computer Sciences & Engineering Dept., Institute for Studies in Theoretical Physics and Mathematics (IPM), 590 p. ISBN 0201633469.
- UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL (2013?). Centro Tiflotecnológico [en línea]. Bogotá (Colombia): Universidad Pedagógica Nacional de Colombia <<http://www.pedagogica.edu.co/biblioteca/vercontenido.php?id=9822>> [consulta: 11/08/2013]
- VILLAFANE, Justo & MINGUEZ, Norberto (2006). Introducción a la teoría de la imagen. Madrid (España): Pirámide, 230 p. ISBN 8436802632
- XILINS (s.f.). Spartan-3 Generation FPGA User Guide [online]. San Jose (CA, USA): XilinsCorporation. <http://www.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug331.pdf> [consulta: 01/08/2013].

Bibliografía complementaria

- LOAIZA, Christian D. (2013). Proyecto Horus prototipo de sistema tiflotecnológico [Archivo de video, en línea]. Mountain View (CA, USA): MarkMonitor, Inc. (10/10/2013). 9:29'. <<http://www.youtube.com/watch?v=8NEliDWgTcg>> [consulta: 09/10/2013]
- SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE, SENA (2013). Horus, una herramienta de inclusión [en línea]. Bogotá (Colombia): SENA, Sala de prensa (02/12/2013).<<http://www.sena.edu.co/sala-de-prensa/escrita/Paginas/Noticias/Horus,-una-herramienta-de-inclusion.aspx>> [consulta: 03/12/2013].