

## VE A TRAVÉS DE TUS MANOS

### See through your hands

#### RESUMEN

En el presente documento se describen las bases de un prototipo de hardware y software que busca representar textos e imágenes digitales en una pantalla adecuada para que las personas invidentes y sordo ciegas puedan interpretar la información a través del sentido del tacto, por medio del sistema Braille y patrones que les permitan intuir la imagen que se les expone.

**PALABRAS CLAVES:** Braille, FPGA, Invidente, MicroBlaze, Representación de Imágenes, Representación de Texto, Sistema Embebido, Sistema Operativo, Sordociego, Tiflotecnología.

#### ABSTRACT

*This document describes the basis for a prototype hardware and software that seeks represent text and digital images on an appropriate screen for that persons who are blind and deafblind can interpret the information through the sense of touch, through Braille and patterns that allow them discern the image that it is exposing.*

**KEYWORDS:** *Blind, Braille, Deafblind, Embedded System, FPGA, Image Representation, MicroBlaze, Operating System, Text Representation, Typhlotechnology,*

#### ALEJANDRO GRANADA GONZÁLEZ

Estudiante Ingeniería De Sistemas y Computación.  
Universidad Tecnológica de Pereira  
[agranada@utp.edu.co](mailto:agranada@utp.edu.co)

#### CHRISTIAN DAVID LOAIZA GALEANO

Estudiante Ingeniería De Sistemas y Computación.  
Universidad Tecnológica de Pereira  
[cdloaiza@utp.edu.co](mailto:cdloaiza@utp.edu.co)

#### SAULO DE JESÚS TORRES RENGIFO

Ingeniero Electricista, M. Sc.  
Docente  
Universidad Tecnológica de Pereira  
[saulo.torres@utp.edu.co](mailto:saulo.torres@utp.edu.co)

### 1. INTRODUCCIÓN

[1] En el mundo existen 45 millones de personas invidentes y 135 millones de personas con baja visión de los cuales el 19% de la población mundial son personas mayores de 50 años y el 4,4% menores de 15 años, adicionalmente a esto, [2] “en el mundo hay 15 personas sordociegas por cada 100.000 habitante.”.

[3] En la ciudad de Pereira perteneciente al departamento de Risaralda Colombia residen 232 personas con baja visión diagnosticada y 11 personas invidentes matriculadas en instituciones educativas de esta ciudad según la estadísticas de 2009 del sistema de matriculas estudiantil (SIMAT) organismo perteneciente al Ministerio de Educación Nacional de Colombia.

Adicional a esto, los autores de este artículo han realizado una encuesta de opinión a 20 personas con limitaciones visuales (invidentes, baja visión diagnosticada) en la ciudad de Pereira de la que se obtuvieron los siguientes resultados:

ÍTEM	CANTIDAD	PORCENTAJE
Total de personas encuestadas	20	100%
Total de personas encuestadas menores de 18 años	7	35%

Total de personas encuestadas mayores de 18 años	13	65%
Total de personas encuestadas invidentes	10	50%
Total de personas encuestadas con baja visión	10	50%
Total de personas encuestadas que conocen el Braille	20	100%
Total de personas encuestadas que utilizan el Braille	19	95%
Total de personas encuestadas que quieren utilizar el Braille como sistemas de comunicación	18	90%
Total de personas encuestadas que no consideran importante la utilización del Braille	0	0%
Total de personas encuestadas que conocen instituciones de enseñanza del Braille en la ciudad	18	90%
Total de personas encuestadas que piensan que el Braille es difícil de aprender	0	0%

Total de personas encuestadas que han utilizado o utilizan dispositivos electrónicos como medio de comunicación	12	60%
---	----	-----

Tabla 1. Resultados de la encuesta

Para este tipo de personas casi que se hace indispensable apoyarse en herramientas tecnológicas que les permita sobrellevar su deficiencia de una mejor manera, puesto que no poder hacer uso del sentido de la vista complica sumamente sus labores cotidianas teniendo en cuenta que la mayoría de la información que percibe el ser humano de su entorno procede a través de lo que puede observar, por lo tanto si se tiene en cuenta que la interpretación de la información que se percibe a través de la visión se realiza en el cerebro, mejorar los canales de recepción de información es de gran relevancia para este tipo de personas.

Lo más preocupante de esta situación es que la mayoría de estas personas viven en países en desarrollo, lo que representa un gran problema social si se tiene en cuenta que la adquisición de herramientas para el acceso a la información posibilitan en gran medida la comunicación y educación de esta población, pero debido a los elevados costos que tienden a tener, casi que su uso se hace exclusivo para personas que disponen de buenos recursos económicos. Donde se advierte un efecto colateral que viola el derecho a la igualdad de oportunidades que deberían poseer todos los seres humanos.

Los avances tecnológicos en distintas ramas de la ingeniería permiten augurar buenos tiempos en la solución de este tipo de problemas, pero en esta ocasión se hablará sobre la aplicación que se le puede dar a un tipo de material denominado material inteligente y sistemas embebidos pertenecientes al campo de la electrónica digital reconfigurable. De los cuales podría surgir la creación de un dispositivo para personas invidentes y sordociegas, que les permitirá interactuar con las tecnologías de la información y las comunicaciones (Tics) de una mejor manera, con mayor funcionalidad y a más bajos costos económicos de adquisición si se compara con los dispositivos tiflotecnológicos que se encuentran disponibles actualmente en el mercado.

**2. EL SISTEMA BRAILLE**

[4][5][6][7][8] El Braille es el sistema de lectura y escritura táctil utilizado por excelencia por las personas invidentes y sordo ciegas, este sistema de comunicación consiste en 6 celdas de puntos en relieve que se basan en un patrón de ordenamiento de 3 filas por 2 columnas, y con los cuales a través de distintas combinaciones se

pueden representar hasta 64 símbolos diferentes que incluyen el alfabeto, signos de puntuación, números, símbolos matemáticos y hasta notas musicales.

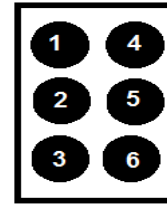


Figura 1: Distribución de puntos Braille

⠁	⠃	⠉	⠇	⠑	⠕	⠏	⠎	⠋	⠊
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
⠅	⠇	⠍	⠏	⠒	⠖	⠗	⠞	⠠	⠡
k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
⠥	⠦	⠨	⠩	⠬	⠭	⠮	⠯	⠰	⠱
u	v	x	y	z	ç	é	á	è	ú
⠠	⠡	⠣	⠤	⠥	⠦	⠧	⠨	⠩	⠪
â	ê		ô	@	à		û	õ	w
⠴	⠵	⠶	⠷	⠸	⠹	⠺	⠻	⠼	⠽
,	;	:	/	?	!	=	"	*	'
⠼	⠽	⠾	⠿	⠰	⠱	⠲	⠳	⠴	⠵
í	ã	ó	Sinal de número	.	-	-	Sinal de letra maiúscula	.	.

[9]Figura 2: Alfabeto Braille

El Braille se lee palpando los puntos que se encuentran en alto relieve de izquierda a derecha pasando la yema de los dedos sobre cada uno de las celdas. Este sistema de comunicación sobre sale, sobre otros tipos de métodos que buscan brindarles facilidad de comunicación a esta colectividad de personas discapacitadas, por su sencillez y fácil manejo, sus limitaciones se fundamentan básicamente en la grandes extensiones de papel que puede llegar a demandar un texto codificado en este método. Debido a eso se hace necesario contar con un periférico de salida, que permita en un área fija exponer grandes cantidades de información (pantalla refrescante) en el proyecto al que hace referencia este artículo. Permitiendo con este, suplir esta restricción generada y a su vez con ello ganar una gran portabilidad de información.

Por lo demás. Las cualidades que posee este método lo hacen un perfecto candidato para adaptarlo como sistema de salida de información en el trabajo de grado: Implementación de un dispositivo de cómputo móvil PDA, que permita la representación de información de textos e imágenes digitales a sistema de escritura y lectura braille y patrones palpables, que nos ocupa.

### 3. SISTEMA EMBEBIDO

[10] Un sistema embebido es un sistema 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 implemente los módulos necesarios para cumplir con algunas labores explícitas, por ende solo es preciso utilizar el hardware ineludible para su funcionamiento lo cual 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.

No obstante estas particularidades no limita que este tipo de sistemas se puedan mejorar o rediseñar, ya que habitualmente son implementados en dispositivos reprogramables los cual les da un alto grado de flexibilidad.

Como valor añadido es posible elaborar sistemas embebidos a los cuales se les pueda adicionar un sistema operativo, permitiendo con ello al usuario elaborar un sistema especializado con mayor acople a sus necesidades.

Por todas las características anteriormente nombradas el sistema embebido se convierte en la primera opción de ingeniería a elegir en las pretensiones de dar solución a los problemas específicos: representación texto en Braille e imágenes que se puedan palpar.

### 4. MATERIAL INTELIGENTE

[11][12][13][14] Los materiales inteligentes son una nueva clase de materiales los cuales tiene como característica el poder cambiar sus propiedades físicas (forma, viscosidad, rigidez, color, luminiscencia, temperatura etc.) de una forma controlada mediante la aplicación de estímulos externos.

Este tipo de materiales según las respuestas que producen o el estímulo al que se deben inducir para que cambie sus propiedades físicas se pueden clasificar en:

**Piezoeléctricos:** Son materiales que responden ante campos eléctricos deformándose, pero también ante el proceso inverso o sea ante una deformación del material se crean campos eléctricos.

**Magnetroactivos:** Son materiales que responden ante campos magnéticos deformándose, pero al igual que los materiales piezoeléctricos estos materiales también responden ante el proceso

inverso o sea ante una deformación del material se crean campos magnéticos.

**Aleaciones de memoria de forma:** Las aleaciones de memoria de forma son materiales capaces de recordar la forma y tamaño que poseían en su origen, después de haber sufrido deformaciones posteriores si se les induce unas temperaturas indicadas.

**Fotoactivos:** Son materiales que pueden emitir luz después de haber recibido radiaciones imperceptibles al ojo humano (radiaciones del tipo ultravioleta, rayos catódicos o rayos X). Emitir luz después de haber sido sometido a fuentes de luz solar o artificial o emitir luz de diferentes colores después de haber sido estimulados mediante electricidad.

**Cromoactivos:** Son materiales que cambian de color después de haber recibido un estimulación externa (luz, presión, temperatura etc.).

El tipo de características que poseen estos materiales inteligentes, les permite ser candidatos perfectos para ser utilizados como sensores o actuadores para diferentes tipos de aplicaciones, entre las que se pueden nombrar, aplicaciones médicas, mecánicas, electrónicas etc. y a las cuales se les puede adicionar el dispositivo que se relaciona con este artículo.

### 5. INVESTIGACIÓN DE DESARROLLO DE MATERIALES ALTERNATIVOS EN LA REGIÓN

Recientemente investigadores del Grupo de Optoelectrónica del Instituto Interdisciplinario de las Ciencias de la Universidad del Quindío, han logrado identificar propiedades magnéticas en residuos obtenidos de la carbonización de la Guadua en un reactor de pirólisis. Estos residuos de carbón presentan además, propiedades mecánicas atractivas para la construcción de visualizadores interactivos de lenguaje Braille. Por lo tanto, investigadores de la Universidad del Quindío y de la Universidad Tecnológica de Pereira, han logrado unir esfuerzos para iniciar la elaboración de visualizadores interactivos para lenguaje braille.

### 6. FUNCIONAMIENTO RESUMIDO DEL SISTEMA

El sistema tiflotecnológico que actualmente se está desarrollando cuenta con dos partes esenciales en su diseño, la primera de ellas referente al software: básicamente se trata de un controlador que se encargará de realizar la comunicación entre el sistema operativo del sistema embebido, y el periférico de salida.

El segundo de ellos está relacionado con el hardware: en este caso se trata una pantalla refrescante que se encuentra en proceso de elaboración, en ella se reflejará la información que se le desea representar al usuario.

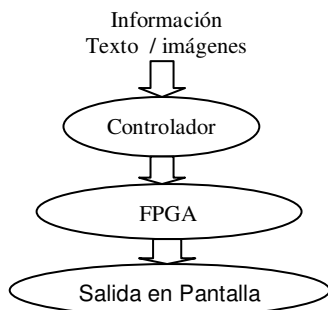
A continuación se explica en más detalle los componentes del sistema.

**6.1. Controladores Principales del Dispositivo**

Los controladores del dispositivo actualmente se encuentran en etapa de desarrollo, se están elaborando en el lenguaje de alto nivel C y permitirán hacer el tratamiento de los archivos de texto carácter a carácter o situar los pixeles de una imagen en un arreglo (vector), según sea el caso. Posteriormente esta información será convertida en señales de bits (código binario) descifrables para un microprocesador que se encuentra empotrado en una FPGA (dispositivo de hardware reprogramable). Cabe resaltar que si el archivo al que se le hace la conversión es un texto, las señales de bits deben ir encaminadas a mostrar en el periférico de salida la información en el sistema Braille, mas si el archivo al que se le hace el proceso de codificación de señales es una imagen, simplemente en el periférico de salida se resaltarán patrones que permitan al usuario intuir que imagen es la que se está representando.

**6.2. Pantalla refrescante**

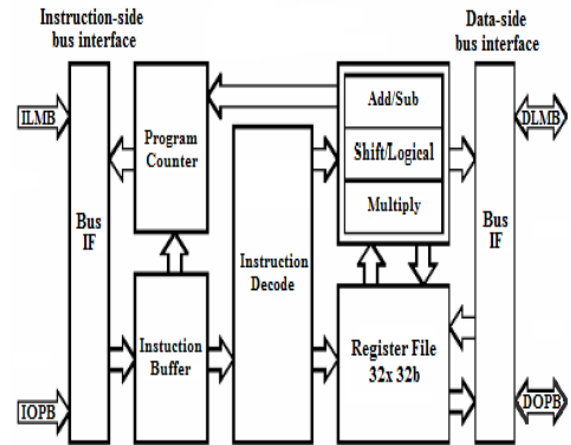
Este periférico de salida como se dijo antes, se encargará de representarle al usuario la información bien sea de texto o imágenes a la cual los controladores y el microprocesador empotrado en la FPGA le han realizado un tratamiento previo, entregando al final una señal de propiedades físicas (impulsos eléctricos, temperaturas, campos electromagnéticos etc.) que pueden ser utilizados como excitadores al material que se va utilizar para mostrar reales que las personas invidentes y sordociegos pueden palpar.



**Figura 3.** Flujo resumido del tratamiento de la información digital

**6.3. El procesador**

[10][15][16]El procesador que poseerá el dispositivo es el MicroBlaze, es un procesador con un set de instrucciones reducido tipo (RISC) lo cual permite segmentación y paralelismo al ejecutar la instrucciones minimizando con ello el acceso a memoria, por tal motivo es un procesador ideal para ser implementado en una FPGA, Este tipo de procesador es implementado simulando su comportamiento en un lenguaje de programación de hardware (HDL) y puede soportar diferentes sistemas operativos elaborados para sistemas embebidos.



[15] **Figura 4.** Arquitectura interna del procesador MicroBlaze

**6.4. El sistema operativo**

[10][17]El dispositivo gozará del sistema operativo µClinux el cual es un Sistema Operativo destinado a portar Linux en microcontroladores que carecen de manejo de memoria (MMU).

**6.5. Otras partes del sistema**

**6.5.1. Teclado**

Este periférico de entrada se desea incluir en el proyecto con el fin de brindarles a las personas que hagan uso de este, la oportunidad de redactar información a la cual posteriormente se le puedan realizar modificaciones o simplemente leerla.

Convirtiendo así el proyecto casi que en el primer dispositivo embebido con un sistema operativo integrado, diseñado exclusivamente para personas invidentes y sordociegos que gozarán de similitudes en las características que posee un sistema de propósito general.

### 6.5.2. Router inalámbrico

Este hardware, permitirá la interconexión del dispositivo que se está elaborando con un servidor remoto donde se encontrará alojado los archivos de texto o imágenes que se desean visualizar en el periférico de salida de dispositivo (pantalla refrescante).

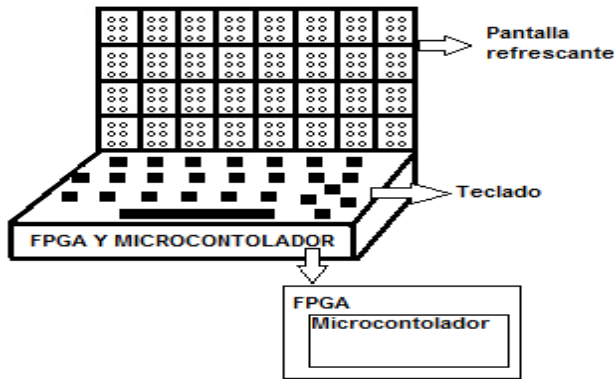


Figura 5. Apariencia física que se busca tenga el Prototipo.

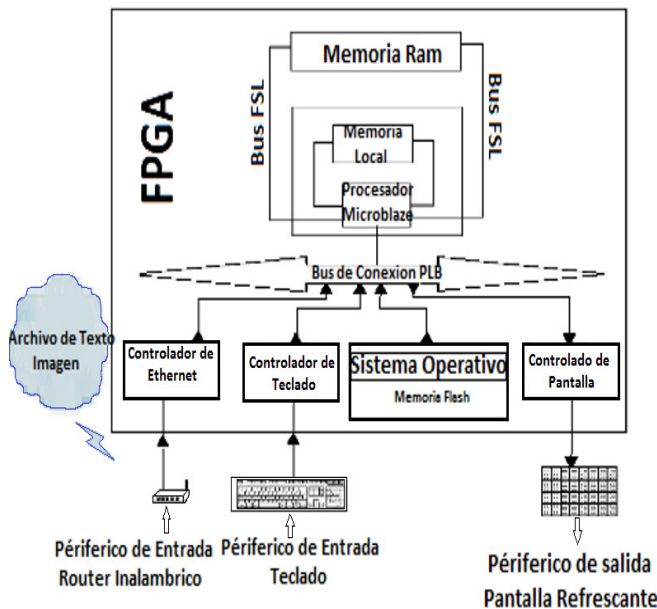


Figura 6. Sitio de localización y distribución de los componentes del sistema.

## 7. APLICACIONES

A continuación se describirá las futuras aplicaciones que tendrá el proyecto en primera instancia.

- ✓ Este dispositivo tiflotecnológico permitirá a las personas invidentes y sordo ciegas realizar actividades que se consideran cotidianas para el resto de la población sin ningún tipo de deficiencia, entre ellas leer un libro digital, una

revista o simplemente redactar información digital.

- ✓ Al tratarse de un dispositivo que puede representar de una forma adecuada imágenes y texto para ser comprensibles para una persona con limitaciones visuales, este se podría utilizar como herramienta en la enseñanza de varias ciencias entre las que podemos mencionar: matemáticas, biología, geografía etc.
- ✓ Permitirá a las personas visualmente discapacitadas encontrar nuevas posibilidades laborales las cuales demanden lectura y apuntes de información, entre las que podemos nombrar por ejemplo recepción y secretariado

Adicional a esto se piensa que para el futuro a las aplicaciones que hacen parte del dispositivo inicialmente, se le podrían sumar otras, como lo serían.

- ✓ Un programa de mensajería instantánea y correo electrónico especial para este tipo de dispositivo, el cual ayudará aun mas en la comunicación de las personas que harán uso de esta herramienta tecnológica
- ✓ Un modulo de lectura automático en audio, el cual le será de utilidad a las personas que son únicamente invidentes y hacen uso del sistema.
- ✓ Adicionar un navegador de internet especial que permita representar la información web al dispositivo
- ✓ Añadir un tipo de conexión inalámbrica

Gracias a las características que poseen los sistemas embebidos y el sistema operativo que tendrá el proyecto que se está construyendo, habría infinidad de dispositivos de hardware y aplicaciones de software que al agregársele al dispositivo, añadirán muchos más beneficios prácticos.

## 8. CONCLUSIONES

- ✓ Un dispositivo tiflotecnológico para la lectura-escritura braille con los últimos recursos tecnológicos de la ingeniería facilitan la interacción con las tecnologías de la información y las comunicaciones a las personas invidentes, ciegas y sordas mejorando su calidad de vida.
- ✓ En este prototipo participan diferentes ramas de la ingeniería al servicio de la sociedad, principio que debería ser el génesis del saber.

- ✓ Se propone una herramienta tecnológica accesible económicamente a las personas invidentes y sordo ciegas que hacen parte de la población de países en vía de desarrollo.
- ✓ Se cumplirá con el objetivo de aportar herramientas que ayuden a la independencia e integración de las personas que sufren discapacidades visuales ayudando en la equiparación de sus oportunidades para el acceso a la información.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Organización Mundial de la Salud (WHO) - Sep. 2010  
<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2003/pr73/es/index.html>
- [2]. Servicio de información sobre discapacidad (SID) – Abr. 2011  
<http://sid.usal.es/noticias/discapacidad/20773/1-1/la-once-edita-el-primer-libro-sobre-sordoceguera-en-espanol.aspx>
- [3]. Instituto Nacional para Ciegos (INCI) – Abr. 2011  
[www.inci.gov.co/doc\\_estadisticas/SIMAT\\_grado\\_2009\\_2.xls](http://www.inci.gov.co/doc_estadisticas/SIMAT_grado_2009_2.xls)
- [4]. Corporación ONCE- Abr. 2011  
<http://www.once.es/home.cfm?id=204&nivel=2&orden=4>
- [5]. Educar.org- Abr. 2011  
<http://www.educar.org/inventos/Braille.asp>
- [6]. Asocide -Abr. 2011  
<http://www.asocide.org/sordoceguera/eltacto.htm>
- [7]. Discapnet.es-Sep. 2010  
[http://usuarios.discapnet.es/ojo\\_oido/sistema\\_Braille.htm](http://usuarios.discapnet.es/ojo_oido/sistema_Braille.htm)
- [8]. Discapnet.es-Sep. 2010  
[http://usuarios.discapnet.es/ojo\\_oido/el\\_ni%C3%B1o\\_sordo\\_ciego.htm](http://usuarios.discapnet.es/ojo_oido/el_ni%C3%B1o_sordo_ciego.htm)
- [9]. Imagen alfabeto Braille- Abr. 2011  
[http://2.bp.blogspot.com/J\\_7mWT1Jy7w/S9sfc8TBifI/AAAAAAAAAEI/IrNrPn31koQ/s320/alfabeto\\_Braille%5B1%5D.gif](http://2.bp.blogspot.com/J_7mWT1Jy7w/S9sfc8TBifI/AAAAAAAAAEI/IrNrPn31koQ/s320/alfabeto_Braille%5B1%5D.gif)
- [10]. JARAMILLO VILLEGAS. José Alfredo/ PEREZ PEREZ. Lina María/ OSORIO RIOS. John Haiber/ VELÁZQUEZ GOMEZ. Guillermo, Linux sobre una FPGA. EN: Scientia Et Technica. Vol. XIII, No.37 (Dic. 2007); ISSN 0122-1701, págs. 427-431
- [11]. LÓPEZ GARCIA. Oscar/ CARNICERO LÓPEZ .Alberto/ RUIZ PABLOS. Rosa, Materiales inteligentes I/II: introducción a los materiales del siglo XXI. EN: Anales de mecánica y electricidad. Vol. 80, Fasc. 6, (Nov.-Dic. 2003); ISSN 0003-2506, págs. 40-46
- [12]. LÓPEZ GARCIA. Oscar/ CARNICERO LÓPEZ .Alberto/ RUIZ PABLOS. Rosa, Materiales inteligentes (II): aplicaciones tecnológicas. EN: Anales de mecánica y electricidad. Vol. 81, Fasc. 1, (Ene.-Feb. 2004); ISSN 0003-2506, págs. 16-21
- [13]. División de Ingeniería de máquinas, Universidad Politécnica de Madrid – Abr. 2011  
<http://www.dim.etsii.upm.es/index.php/about-joomla/75?showall=1>
- [14]. Materiales inteligentes - Abr. 2011  
[http://www.inteligentes.org/index\\_MI\\_cuales\\_son.htm](http://www.inteligentes.org/index_MI_cuales_son.htm)
- [15]. MicroBlaze processor reference guide- May. 2011  
[http://www.xilinx.com/support/documentation/sw\\_manuals/mb\\_ref\\_guide.pdf](http://www.xilinx.com/support/documentation/sw_manuals/mb_ref_guide.pdf)
- [16]. Procesador embebido MicroBlaze para FPGAs, Estanislao Aguayo, Becario de investigación. Departamento de Tecnología de Computadores, Escuela Politécnica Superior- May. 2011  
<http://www.euroform-ti.org/xilinx/MicroBlaze.pdf>
- [17]. µClinux Embedded Linux /Microcontroller Project. May 2011  
<http://www.petalogix.com/products/petalinux>