

Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería Electrónica

**Diseño de ...**

Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de  
Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura

Angel Phillips Ortega

Borrador de 22 de abril de 2014



Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas. En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Angel Phillips OrtegaCartago, 22 de abril de 2014

Céd: 3-0443-0358



Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería Electrónica  
Proyecto de Graduación  
Tribunal Evaluador

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal

---

M.Sc. Eduardo Interiano Salguero  
Profesor Lector

---

Dr. Renato Rimolo Donadio  
Profesor Lector

---

Lic. Jorge Castro Godínez  
Profesor Asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica.

Cartago, 29 de noviembre de 2011



Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería Electrónica  
Proyecto de Graduación  
Tribunal Evaluador  
Acta de Evaluación

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Estudiante: Juan José Pérez Mora

Nombre del Proyecto: *Implementación de una aplicación para ...*

Miembros del Tribunal

---

M.Sc. Eduardo Interiano Salguero  
Profesor Lector

---

Dr. Renato Rimolo Donadio  
Profesor Lector

---

Lic. Jorge Castro Godínez  
Profesor Asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica.

Nota final del Proyecto de Graduación: \_\_\_\_\_

Cartago, 29 de noviembre de 2011





# Resumen

El resumen es la síntesis de lo que aparecerá en el tesis. Tiene que ser lo suficientemente consiso y claro para que alguien que lo lea sepa qué esperar del resto de la tesis si la leyera completamente. Puede concluir con palabras clave, que son los temas principales tratados en el documento. El resumen queda fuera de la numeración del resto de secciones.

No se acostumbra utilizar referencias bibliográficas, tablas, o figuras en el resumen.

**Palabras clave:** palabras, clave, ...



# Abstract

The same as before, but in English.

**Keywords:** word 1, word 2,



*a mis queridos padres*



# Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios por haberme dado la sabiduría, la fortaleza y serenidad necesarias para afrontar con retos y adversidades presentes durante estos años para concluir la carrera de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

A mi madre Yolanda, por el gran cariño y apoyo incondicional que me ha permitido alcanzar grandes logros para continuar siendo una persona de bien.

Al Ing. Jorge Castro Godínez, por su apreciada ayuda y consejo durante la conclusión de mis estudios y en la realización de este trabajo.

Y a todas las personas que han contribuido de forma integral a mi formación.

Angel Phillips Ortega

Cartago, 22 de abril de 2014





# Índice general

Índice de figuras	iii
Índice de tablas	v
Revisar	vii
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos y estructura del documento . . . . .	3
<b>2 Marco teórico</b>	<b>5</b>
2.1 Espacios de Color . . . . .	5
2.1.1 Espacio de Color HSV . . . . .	5
2.2 Algoritmo de Canny . . . . .	5
2.2.1 Obtención del gradiente . . . . .	6
2.2.2 Redacción . . . . .	6
2.2.3 Ecuaciones . . . . .	7
2.2.4 Figuras . . . . .	7
2.2.5 Referencias bibliográficas . . . . .	9
2.2.6 Extensión . . . . .	10
2.3 Sobre esta plantilla L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X . . . . .	10
2.3.1 Marcar asuntos pendientes . . . . .	10
2.3.2 Índices . . . . .	11
<b>3 Solución propuesta</b>	<b>13</b>
<b>4 Resultados y análisis</b>	<b>15</b>
<b>5 Conclusiones</b>	<b>17</b>
<b>A Demostración del teorema de Nyquist</b>	<b>19</b>



# Índice de figuras

2.1	Ejemplo de imagen ltxfig/psfrag . . . . .	9
2.2	Ejemplo de imagen gnuplot/pstricks . . . . .	9



# Índice de tablas



# Revisar

MAL.....	7
BIEN .....	7
resultado de chk.....	11
explain.....	11
La caja simple .....	11
Por hacer:.....	11





# Capítulo 1

## Introducción

En las últimas décadas se han desarrollado amplias investigaciones entorno al área de visión artificial (también conocida como visión por computador CV-Computer Vision) [], con el fin de imitar las características del sistema visual humano tales como: acomodación, adaptación y discriminación ocular []; y poder aplicarlas a actividades como: análisis de imágenes medicas, monitorización de señales de transito y rutas, vigilancia antirrobo y pruebas forenses [], videojuegos interactivos y automatización de procesos industriales.

El área del sistema embebidos (Embedded Systems), también se han realizado grandes avances para el desarrollo sistemas con una gran capacidad de procesamiento de información a un bajo costo, actualmente los sistemas embebidos esta son omnipresentes diversas aplicaciones como: la automatización industrial, en productos de consumo, comunicaciones y desarrollos militares. Por esto se estima que para el 2014, el mercado de la tecnología integrada ascenderá a 142,4 mil millones de dólares y se espera un crecimiento sostenido de un 7 anual por los próximos 5 años [1].

A finales de la década pasada (2009) nace el proyecto Alianza de Visión Embebida (EVA-Embedded Vision Alliance) con la idea de unificar estas dos tecnologías: visión artificial y sistemas embebidos. El objetivo principal de esta alianza es inspirar y empoderar a los diseñadores de sistemas embebidos y desarrolladores de aplicaciones a utilizar tecnología de visión integrada [2].

Debido al desarrollo de esta nueva tendencia de Visión Embebida, en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, específicamente en el Laboratorio de Procesamiento de Señales e Imágenes (Sip-Lab) [4], nace la iniciativa de incorporarse en esta nueva área, por esto se empiezan a adquirir nuevos equipos y tarjetas de desarrollo en Visión Embebida. El primer equipo en obtenerse fue el Blackfin Embedded Vision Starter Kit, que es una plataforma de hardware versátil, con las herramientas de desarrollo de software necesarias para permitir la construcción de alto rendimiento; esta basado en un procesador Blackfin BF609 de bajo costo, el cual incluye un "procesador de canalización de visión" que simplifica y acelera los algoritmos de procesamiento de imágenes [3]. A pesar de toda la capacidad de esta plataforma, actualmente no se ofrece datos reales sobre el rendimiento

y velocidad de procesamiento.

Un objetivo del Sip-Lab es, desarrollar aplicaciones en tiempo real con un bajo consumo energético, por esto es de vital importancia para el laboratorio, tener información veraz sobre la capacidad de procesamiento y el consumo energético del Blackfin Embedded Vision Starter Kit ante diferentes escenarios en la utilización del hardware disponible en ella, pues esta información servirá como insumo a eventuales aplicaciones desarrollados por el laboratorio.

Este proyecto, viene a recopilar información sobre tiempo de comunicación entre núcleos y aceleradores gráficos, tiempos de ejecución y consumo energético de la arquitectura Blackfin BF609, esto con la ayuda de herramientas de desarrollo de sistemas embebidos como analizadores de protocolos, depuradores y emuladores, para categorizar posibles escenarios en el uso de los recursos.

La solución del problema, esta dividida en varias etapas, la primera es un algoritmo de una técnica de seguimiento de objetos por color, en la cual se realiza una discriminación de color estableciendo un rango umbral mediante un entrenamiento de colores, para esto existen varios métodos de segmentación de color, por ejemplo la segmentación basada en correspondencia con histograma en Hue sobre imagen HSL[5]; sin embargo para este proyecto se utiliza el método en planos de color HSV[]. Después de obtener la segmentación de color se realiza una validación geométrica basada en la método de Transformada de Hough[] para la detección de círculos. Para verificar la validez del algoritmo se implementa previamente con las bibliotecas de OpenCV[].

Una vez validado el algoritmo de seguimiento por color se debe implementar en la plataforma Blackfin Embedded Vision Starter Kit, esto se hace definiendo diferentes escenarios con los recursos del procesador. Para esto se desarrollan dos propuestas: la primera consiste en la utilizar de un núcleo y acelerador de visión (pipeline vision processor)[6], en el núcleo se implementa el algoritmo de seguimiento por color y el despliegue de la interfaz gráfica, y en el acelerador de visión se realizan tareas de procesamiento de imágenes como filtrado y detección de bordes; en la segunda propuesta se utilizan los dos núcleos del procesador Blackfin BF609 [6] y el acelerador de visión, donde se separa el algoritmo y despliegue de la interfaz en núcleo diferentes.

Se pretende obtener los parámetros del rendimiento del procesador utilizando el dispositivo de depuración Emulator, ADZS-ICE-100B [7], esta herramienta permite realizar pruebas y depuración de aplicaciones en los procesadores de Analog Devices.

## 1.1 Objetivos y estructura del documento

Este proyecto tiene como objetivo diseñar una aplicación demostrativa para los investigadores del Laboratorio del procesamiento digital de señales de imágenes que informe sobre las características de rendimiento en la plataforma Blackfin Embedded Vision Starter Kit; que permita obtener las características de rendimientos, en forma de gráficos y tablas de tiempos de ejecución, latencias de sistemas de comunicación y consumo de energía. Para esto se pretende definir una técnica de seguimiento por color en tiempo real, que tenga una alta precisión con el mínimo costo computacional; validado por medio de la bibliotecas de OpenCV. Además se quiere implementar C/C++ al menos dos escenarios de uso del hardware del procesador Blackfin BF609; donde se obtenga la información sobre los recursos utilizados. Finalmente se pretende esquematizar el rendimiento de los escenarios en gráficos y tablas comparativas.

En el siguiente capítulo se esbozan los fundamentos teóricos necesarios para explicar en el capítulo 3 y en el capítulo 4 las propuestas realizadas. En el capítulo 5 se muestran algunos resultados experimentales de las características de rendimiento para los dos escenarios de utilización del hardware, así como su análisis a con referencia a un algoritmo de implementado con las bibliotecas de OpenCV. En el capítulo 6 se ofrecen las principales conclusiones, algunos aportes y recomendaciones para trabajos futuros.



# Capítulo 2

## Marco teórico

En este capítulo se presentan los conceptos que dan soporte a la solución implementada. Primero se hará una breve reseña sobre conceptos y algoritmos de procesamiento de imágenes: espacios de color, detector de borde Canny y transformación de Hough, luego se describe la composición de la arquitectura Blackfin BF609. Por último se hace referencia a trabajo anteriores desarrollado en Blackfin Embedded Vision Starter Kit.

### 2.1 Espacios de Color

Un espacio de color es una representación matemática tridimensional en la que se encuentran representados todos los colores visible para el ser humano.

#### 2.1.1 Espacio de Color HSV

se han diseñado para aproximar la forma que los humanos perciben e interpretan color[].

### 2.2 Algoritmo de Canny

El algoritmo de Canny es una técnica de detección de bordes basada en la utilización la primera derivada, que toma valores de cero en regiones donde el cambio de intensidad no varía y tiene valor constante ante cualquier transformación de intensidad, por lo tanto los cambios abruptos en la intensidad son evidenciados por la primera derivada[].

El algoritmo de Canny consiste en tres grandes pasos:

- Obtención del gradiente: se calcula la magnitud y orientación del vector gradiente en cada píxel.

- Supresión no máxima: se adelgazamiento del ancho de los bordes, obtenidos con el gradiente, hasta lograr bordes de un píxel de ancho.
- Histéresis de umbral: se aplica una función de histéresis basada en dos umbrales; con este proceso se pretende reducir la posibilidad de aparición de contornos falsos.

### 2.2.1 Obtención del gradiente

En este paso se aplica un filtro gaussiano para suavizar la imagen original y tratar de eliminar posible ruido existente, este filtrado se realiza promediando valores de intensidad de los píxeles en el entorno de vecindad con una máscara de convolución de media cero y desviación estándar  $\sigma$ .

$$M = \begin{bmatrix} 99 & 397 & 695 & 397 & 99 \\ 397 & 1986 & 3277 & 1986 & 397 \\ 695 & 3277 & 5362 & 3277 & 695 \\ 397 & 1986 & 3277 & 1986 & 397 \\ 99 & 397 & 695 & 397 & 99 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

### 2.2.2 Redacción

La *redacción* en todo el documento debe seguir un estilo científico objetivo. Esto implica que se redacta de modo impersonal, sin utilizar primeras personas del singular o del plural, y se evita el uso de cualquier tipo de calificativo, sustituyéndolos siempre por datos concretos, vinculados a referencias bibliográficas o datos experimentales. Los comparativos también deben concretarse a hechos y datos, y nunca dejarse “en el aire”. Por la naturaleza de la tesis, el tiempo verbal es usualmente presente, no perdiendo nunca de vista que se está explicando “cómo hacer algo”, en vez de “qué se hizo”.

Las *frases* deben ser cortas, y debe evitarse que el lector tenga que saltar constantemente entre partes de la tesis, lo que implica una exposición lineal clara, donde lo que se necesita ya ha sido explicado antes. Deben evitarse redundancias y por tanto cada concepto se exponen en un único lugar.

Todo aspecto circunstancial es irrelevante para la tesis, es decir, si se ha desarrollado en el laboratorio  $X$ , o en el curso  $Y$ , con el profesor  $Z$ , o en la empresa  $W$ , el nombre de funciones o clases en su código, etc., es información irrelevante para reproducir el experimento, y por lo tanto sobra. Numeración del documento

La primera página de la tesis es la correspondiente a la introducción, así que ésta debe ser la página 1. Desde la introducción, hasta antes de la bibliografía, las unidades son “Capítulos”. La bibliografía y anexos no se consideran capítulos, así que ya no continúan con la misma numeración de los capítulos (la paginación sí continua). Los índices, notación, glosario, etc. se numeran con números romanos en minúscula (i,ii,iii,iv,v,vi...)

y antes del índice (portada, resúmenes, agradecimientos, hoja de evaluadores, etc.) las páginas no llevan numeración.

Esta plantilla LaTeX ya se ocupa de todo lo anterior.

### 2.2.3 Ecuaciones

Para citar *ecuaciones* se utilizan paréntesis redondos, y no es necesario emplear la palabra “ecuación”. Por ejemplo “Introduciendo en (4.2) los resultados de (3.3) y (3.7) se obtiene ...”. La ecuación es parte del flujo de texto y no un objeto flotante, así que no pueden emplearse como figuras. Cuando se requiere la ecuación, allí se inserta.

Es incorrecto redactar de la siguiente forma:

↩ MAL

*La operación del transistor sin tomar en cuenta el efecto Early está dada por (2.1), donde el parámetro  $\kappa$  está dado por (2.2).*

$$I_{DS} = I_{n0} \frac{W}{L} e^{\kappa \frac{V_{GB}}{v_t}} \left[ e^{-\frac{V_{SB}}{v_t}} - e^{-\frac{V_{DB}}{v_t}} \right] \quad (2.2)$$

$$\kappa = \frac{C_{ox}}{C_{ox} + C_{dep}} \quad (2.3)$$

Lo anterior es incorrecto porque obliga al lector a estar buscando ecuaciones, que pueden mostrarse directamente. La única referenciación permitida es hacia atrás.

La forma correcta de redactar lo anterior es:

✓ BIEN

*La operación del transistor sin tomar en cuenta el efecto Early está dada por*

$$I_{DS} = I_{n0} \frac{W}{L} e^{\kappa \frac{V_{GB}}{v_t}} \left[ e^{-\frac{V_{SB}}{v_t}} - e^{-\frac{V_{DB}}{v_t}} \right] \quad (2.4)$$

*donde el parámetro  $\kappa$  es*

$$\kappa = \frac{C_{ox}}{C_{ox} + C_{dep}} \quad (2.5)$$

Así el flujo del texto guía al lector por las ecuaciones sin mayor esfuerzo.

Es recomendable numerar *todas* las ecuaciones, de modo que en la revisión del documento, o en futuras referencias a su documento de tesis todas las ecuaciones puedan ser citadas sin requerir describir textualmente a cuál ecuación se está haciendo referencia.

### 2.2.4 Figuras

Para el almacenamiento de imágenes existen dos tipos de formato: las imágenes raster y las imágenes vectoriales.

## Imágenes raster

Las imágenes raster son representadas por una rejilla de píxeles, en donde cada píxel tiene un valor que representa al nivel de gris o el color. La discretización espacial es ineludible, y la única forma de obtener buena calidad es empleando tamaños grandes de la imagen que conduzcan a resoluciones de al menos 300 puntos por pulgada en la impresión, lo que conlleva a archivos de documentos de varios megabytes. Dentro de los formatos para almacenar imágenes raster existen algunos con pérdida (como el JPEG) que producen en imágenes sintéticas, como diagramas, estructuras ruidosas que dan una apariencia de baja calidad a las figuras. Otros formatos (como PNG, BMP, TIFF o GIF) no tiene pérdidas de información, pero los algoritmos de compresión no pueden reducir el tamaño de las imágenes con los mismos factores de reducción que los formatos con pérdidas. Este tipo de formatos debe utilizarse únicamente para fotografías o capturas de escenas reales con cámaras digitales.

## Imágenes vectoriales

Las imágenes vectoriales **deben** ser empleadas en todo tipo de diagrama. En ellas no se almacenan píxeles, sino las estructuras geométricas que componen la figura como círculos (representado por posición de su centro y su radio), rectángulos (representados por sus esquinas), líneas, texto, etc. La mayoría de programas para elaborar este tipo de diagramas, como Inkscape, XFig, OpenOffice.org Draw, MS Visio, Adobe Illustrator, etc. proveen varios formatos vectoriales que pueden ser insertados tanto en LaTeX como en OpenOffice.org Writer (o MS Word). Los formatos más empleados son los llamados metafiles, que incluyen al WMF, EMF. En LaTeX se utiliza por lo general EPS. Recientemente se ha incrementado el soporte al formato SVG.

No debe cometerse el error de generar una imagen vectorial a partir de una imagen raster, pues una vez realizada la discretización espacial no es posible reconstruir los elementos geométricos que componen la imagen. Por ello, no tiene ningún sentido generar un archivo EPS o WMF a partir de una imagen ya almacenada en BMP, JPG, o PNG, pues lo único que ocurrirá es que se inserta la figura raster tal cual en la imagen vectorial, sin implicar ninguna ganancia en la calidad.

Esta plantilla de LaTeX administra la generación de ciertas figuras por usted. Puede colocar en el directorio `fig/` archivos EPS, JPG, PNG o GP (de GnuPlot) y el Makefile se encarga de hacer todas las conversiones necesarias. En las siguientes subsecciones se describen dos casos adicionales que resultan útiles para realizar figuras más complejas.

## Figuras ltxfig/psfrag

Cuando en el subdirectorio `fig/` se encuentran dos archivos con el mismo nombre pero extensiones `ltxfig` y `psfrag`, por ejemplo `prueba.ltxfig` y `prueba.psfrag`, entonces el Makefile asume que usted desea crear una figura a partir del archivo `prueba.ltxfig`,



creado con el programa XFig, sustituyendo los textos ahí presentes con texto formateado con LaTeX.

La figura 2.1 ha sido creada con este esquema. Revise los archivos correspondientes en el directorio de figuras `fig/ltxfig.prototipo.*` para más detalles sobre su uso.

**Figura 2.1:** Ejemplo de imagen ltxfig/psfrag

## Figuras pstricks

Los archivos con extensión `.pstricks` en el directorio `fig` se utilizan para generar cualquier tipo de imágenes según el código que se contenga. Es un concepto más general que el anterior. La figura 2.2 ha sido creada con este esquema. Puede revisar los archivos `prototipo_gnuplot*` como un ejemplo de su uso, en donde de un archivo `gnuplot` (`..gp`) se genera un archivo `..eps`, el cual es incluido en el archivo `.pstricks` sustituyendo cadenas de texto por código LaTeX.

**Figura 2.2:** Ejemplo de imagen gnuplot/pstricks

## Entradas en el índice de figuras

El índice de figuras debe servir para encontrar rápidamente dónde se encuentra cierta figura. El pie de la figura, indicado en LaTeX con `\caption` puede ser extenso, en especial para indicar detalles de las figura, y es la entrada por defecto que aparecerá en el índice de figuras, la cual no debe superar la extensión de una línea y debe únicamente dar la idea del contenido de la figura para poder ser encontrada. Para lograr esto en LaTeX se utiliza

```
\caption[Texto en el índice]{Texto al pie de la figura}
```

### 2.2.5 Referencias bibliográficas

Todo concepto o idea tomado de otros autores contar con la respectiva referencia. En redacción técnica de ingeniería rara vez se utiliza la cita textual, así que es necesario reformular las ideas y conceptos con palabras propias. En ingeniería electrónica se utilizan los formatos de referencia de la IEEE o la ACM, que son numéricos, encerrados entre paréntesis cuadrados (por ejemplo, “En [?] se propuso un nuevo algoritmo”, o “En [?] los autores proponen tomar las ventajas de los algoritmos presentados en [?, ?, ?] por medio del método de Newton [?] conocido en el área de optimización lineal.”). La referencia es parte de las frases, así que si la frase termina con la referencia para indicar la idea, ésta debe estar antes del punto final o demás signos de puntuación: “La capacidad de memoria

también sigue una Ley similar a la de Moore [?]. Los siguientes son los aspectos a tomar en cuenta en el diseño del sistema [?]:”

Se recomienda utilizar BibTeX para administrar las referencias bibliográficas.

### 2.2.6 Extensión

Una tesis de licenciatura no debe sobrepasar las 120 páginas incluyendo apéndices y los formalismos desde portada hasta índices.

El cuerpo de la tesis (desde introducción hasta conclusiones) usualmente se extiende desde 45 páginas hasta no más de 80, dependiendo de la problemática tratada.

No es necesario reproducir contenidos de otras fuentes: agregue las referencias a dichas fuentes, y límitese a enunciar lo estrictamente necesario para comprender sus propuestas de solución.

## 2.3 Sobre esta plantilla L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Esta plantilla L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X pretende simplificar varios pasos en la creación del documento de tesis.

### 2.3.1 Marcar asuntos pendientes

La plantilla tiene dos “*modos*” de operación: normal y borrador (*draft*). En el archivo `main.tex` a partir de la línea 41 usted encuentra el código

```
%
% DRAFT MODE
%
\newboolean{draftmode}           % boolean used to control draft-mode
% Ensure that only one of the next two lines is active:
\setboolean{draftmode}{true}      % turn draft mode on
%\setboolean{draftmode}{false}    % turn draft mode off
```

Con el modo borrador, se activan ciertos comandos y funcionalidades útiles en el proceso de elaboración de la tesis, pero que deben ser desactivados al final, antes de entregar la tesis. Por ejemplo, se activa el pie de página que dice “*Borrador: fecha*”, y se activa el índice titulado “Revisar”. En dicho índice aparecen las páginas en donde se hayan utilizado alguno de los siguientes comandos:

- `\boxcomment{comentario}` Crea una caja en el margen de página con el comentario indicado.

- `\explain{comentario}` Crea una caja en el margen de página con el comentario indicado, con una flecha hacia la derecha para indicar qué en concreto debe ser revisado.
- `\chk{comentario}` Crea una caja en el margen con símbolo de “chequeado” y el comentario indicado.
- `\TODO{comentario}` Crea una caja grande de fondo sombreado con el comentario indicado.

En este párrafo se utilizan algunos de estos comandos para ilustrar su efecto. El `\chk` como puede observar tiene sentido usarlo para marcar que algo está casi listo. Por otro lado el comando `\explain` permite marcar algo que requiere ser revisado en redacción, valores, etc. El `\boxcomment` solo pone una marca al margen.

✓ resultado  
de chk

↪ explain

La caja  
simple

### Por hacer:

Finalmente el comando `TODO` coloca esta caja gris.

Si usted desactiva el modo draft, desaparecen todas las páginas, y desaparece el índice “Revisar”. En éste índice aparecen todas las páginas en donde se utilizaron estos comandos con los respectivos comentarios, lo que permite encontrar rápidamente detalles que usted indicó que debe revisar.

## 2.3.2 Índices

Como índice se conoce la lista de términos claves con su respectiva página, al final del documento. La plantilla ofrece varios comandos para simplificar el uso estandar del comando de  $\text{\LaTeX}$  `\index{termino}` que coloca al término indicado en el índice. Con `\nt[indice]{termino}` (*new term*) usted indica la entrada principal del término, que aparece en el texto en el índice, es decir, en el índice aparece lo que indique en vez de “índice” y en el texto aparece lo que indique “termino”; `\ot{termino}` agrega una entrada secundaria al término.



# Capítulo 3

## Solución propuesta

Primero que todo, jamás utilice el título indicado arriba, sino algo relacionado con su solución: “Sistema de corrección de distorsión” o lo que competa a su tesis en particular.

Este capítulo puede separarse en varias secciones, dependiendo del problema concreto. Aquí los algoritmos o el diseño del sistema deben quedar lo suficientemente claros para que otra persona pueda re-implementar al sistema propuesto. Sin embargo, el enfoque no debe nunca concentrarse en los detalles de la implementación particular realizada, sino del diseño conceptual como tal.

Recuerdese que toda figura y tabla deben estar referenciadas en el texto.



## Capítulo 4

# Resultados y análisis

En tesis formales en este capítulo se exponen los diseños experimentales realizados para comprobar el funcionamiento correcto del sistema. Por ejemplo, si se realiza algún sistema con reconocimiento de patrones, usualmente esta sección involucra las llamadas *matrices de confusión* donde se compactan las estadísticas de reconocimiento alcanzadas. En circuitos de hardware, experimentos para determinar variaciones contra ruido, etc. También pueden ilustrarse algunos resultados concretos como ejemplo del funcionamiento de los algoritmos. Puede mostrar por medio de experimentos ventajas, desventajas, desempeño de su algoritmo, o comparaciones con otros algoritmos.

Recuerde que debe minimizar los “saltos” que el lector deba hacer en su documento. Por tanto, usualmente el análisis se coloca junto a tablas y figuras presentadas, y debe tener un orden de tal modo que se observe cómo los objetivos específicos y el objetivo general del proyecto se han cumplido.





# Capítulo 5

## Conclusiones

Las conclusiones no son un resumen de lo realizado sino a lo que ha llevado el desarrollo del proyecto, no perdiendo de vista los objetivos planteados desde el principio y los resultados obtenidos. En otras palabras, qué se concluye o a qué se ha llegado después de realizado el proyecto de graduación. Un error común es “concluir” aspectos que no se desarrollaron en la tesis, como observaciones o afirmaciones derivadas de la teoría directamente. Esto último debe evitarse.

Es usual concluir con lo que queda por hacer, o sugerencias para mejorar los resultados.



# Apéndice A

## Demostración del teorema de Nyquist

El título anterior es solo un ejemplo ilustrativo. Éste teorema no ameritaría un apéndice pues es parte normal del currículum de Electrónica, pero apéndices usualmente involucran aspectos de esta índole, que se salen de la línea de la tesis, pero que es conveniente incluir por completitud.

Los anexos contienen toda información adicional que se considere pertinente agregar, como manuales de usuario, demostraciones matemáticas que se salen de la línea principal de la tesis, pero que pueden considerarse parte de los resultados del trabajo.

