



Escuela
Politécnica
Superior

Diseño y Análisis de un Array de Antenas tipo Parche en Tecnología Microstrip



Grado en Ingeniería en Sonido e
Imagen en Telecomunicación

Trabajo Fin de Grado

Autor:

Javier Martínez Manzano

Tutor/es:

Stephan Marini

Miguel Angel Sanchez Soriano

Octubre 2019



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Diseño y Análisis de un Array de Antenas tipo Parche en Tecnología Microstrip

Autor

Javier Martínez Manzano

Tutor/es

Stephan Marini

Dpto. de Física, Ing. Sistemas y Teoría de la Señal

Miguel Angel Sanchez Soriano

Dpto de Física, Ing. Sistemas y Teoría de la Señal



Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación



Escuela
Politécnica
Superior



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

ALICANTE, Octubre 2019

Preámbulo

Poner aquí un texto breve que debe incluir entre otras:

“las razones que han llevado a la realización del estudio, el tema, la finalidad y el alcance y también los agradecimientos por las ayudas, por ejemplo apoyo económico (becas y subvenciones) y las consultas y discusiones con los tutores y colegas de trabajo. (?)”

Agradecimientos

Este trabajo de final de grado pone punto y seguido a mis cuatro años como estudiante de telecomunicaciones, y es aquí donde me es imposible no mirar atrás y observar con vértigo hasta donde he podido llegar. Pero todo este camino ha tenido muchos nombres y apellidos a los que me gustaría agradecer su apoyo y confianza:

A mis padres, Javier Martínez y Rosa Manzano, mi hermano, Alejandro y toda mi familia, cuyo cariño, apoyo y confianza desde 1996 han hecho que pueda llegar hasta donde hoy me encuentro.

A todos aquellos docentes que, desde infantil hasta la universidad, me han servido como referentes, aportándome nuevas formas de ver el mundo y haciéndome ver cual es mi camino en la vida: La tecnología y las telecomunicaciones.

A Stephan Marini y Miguel Angel Sanchez Soriano, mis dos tutores, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto sobre la materia que más me apasiona: Las antenas, y haberme ofrecido en todo momento su ayuda y conocimientos.

A mis compañeros de clase por haber hecho que estos cuatro años de clase hayan sido un poco más fáciles. En especial a Quique, cuyo apoyo y compañía durante estos cuatro años llevaré para el resto de mi vida, y a Plens, porque su dedicación y sus ganas de ayudar a los demás han marcado la forma de ser de una generación entera de telecos, y gracias a ello este TFG va a quedar precioso.

A Pablo Mateos por todos su ayuda para este TFG. Quién diría de cuatro años después de que la selectividad nos separara fueras a elegir el mismo camino que yo.

Y a Anaida, por literalmente: TODO.

Wio, alguien en una terraza ha gritado, "Te amo"
Una suave interferencia, culpa al viento solar
Un poema embotellado que en estéreo ha aterrizado en mi inconsciente,

"Wio, Antenas y Pijamas" - Love Of Lesbian

*Si consigo ver más lejos
es porque he conseguido auparme
a hombros de gigantes*

Isaac Newton.

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Las Telecomunicaciones	1
1.2. Teoría de señales	2
1.3. Estructura de un TFG	2
1.4. Apartados dentro de los capítulos	4
1.5. Esto es una sección	4
1.5.1. Esto es una subsección	4
1.5.1.1. Esto es una subsubsección	4
1.5.1.1.1. Esto es un paragraph	4
1.6. Citar bibliografía	4
1.7. Notas a pie de página	5
1.8. Estilos de texto	5
1.9. Acrónimos	5
1.10. Tareas por hacer	6
2. Metodología (Con ejemplos de figuras)	9
2.1. Inserción de figuras	9
A. Anexo I	13
B. Páginas horizontales	15
C. Importar PDF	19

Índice de figuras

2.1. Ejemplo de subfiguras	10
2.2. Ejemplo de subfiguras vertical	10

Índice de tablas

2.1. Esta es una tabla con múltiples imágenes. Útil cuando se deben mostrar varias
juntas. 9

Índice de Códigos

1. Introducción

A lo largo de este trabajo de final de grado se van hacer alusiones a parte de los conceptos básicos de Ingeniería de Telecomunicaciones que han sido impartidos durante el grado. Es por ello que en esta introducción se realizará un repaso de estos conceptos, términos y teorías imprescindibles para poder realizar y entender este estudio.

Se realizará también una breve contextualización del proyecto para dar a entender la necesidad de esta tecnología de antenas para la nueva generaciones de comunicación móvil en actual desarrollo: El 5G.

1.1. Las Telecomunicaciones

Para entender el concepto de "Telecomunicación" es importante fijarse en cómo la etimología de la palabra nos lleva hasta su raíz: "Comunicación".

La comunicación, en su significado más primitivo, es el proceso de intercambio de información entre dos sujetos definidos: Un emisor que genera y emite esta información, y un receptor que la recibe y la procesa. En el proceso de comunicación siempre vamos a encontrar un tercer interviniente: El medio, encargado de transportar la información entre ambos sujetos.

Por otro lado, nos queda el prefijo "Tele", que proviene del Griego: Lejos o Distancia.

Si volvemos a la palabra original: "Telecomunicaciones", se puede definir el concepto de "Telecomunicación" como: El proceso de intercambio de información a distancia, y aunque es una definición correcta, dista del concepto de "Telecomunicaciones" que es utilizado día a día el cual trae consigo la incursión de la tecnología en él.

Es por ello que la Real Academia Española (RAE) define el concepto de "telecomunicación" como:

Sistema de transmisión y recepción a distancia de señales de diversa naturaleza por medios electromagnéticos.

En esta nueva definición incluimos un nuevo concepto imprescindible para poder adentrarnos a las telecomunicaciones actuales: El electromagnetismo o La interacción entre campos eléctricos y magnéticos.

Este último concepto hace que podamos entender actualmente las telecomunicaciones como una rama científica que estudia la transmisión de información, no entre sujetos personales como entendíamos hasta ahora, sino entre máquinas. Cualquier máquina ahora podrá actuar

como un sujeto transmisor, que podrá emitir información codificada de una manera determinada para que uno o más receptores sean capaces de recibir, decodificar y procesar esta información de manera automática.

La transmisión de la comunicación entre máquinas se realizará mediante impulsos eléctricos que, dada su naturaleza a variar con el tiempo y teniendo en cuenta la teoría del electromagnetismo, se transformaran en impulsos magnéticos y viceversa. Estos impulsos electromagnéticos se transmitirán a través de un medio, que se mencionan con mayor profundidad en el capítulo 2.

Revisar si poner algo mas sobre teoria de electromagnetismo Y PONER REFERENCIA AL CAPITULO.

1.2. Teoría de señales

Como se mencionó anteriormente, en el proceso de comunicación en el ámbito de las telecomunicaciones la información se envía en forma de Señales. Se consideran las señales como un conjunto de impulsos electromagnéticos transmitidos por un emisor, codificados de una manera determinada para que el o los receptores a los que vaya dirigido puedan procesar la información contenida en una señal o conjunto de ellas. Esta información transmitida en forma de señales es el mensaje.

Una señal electromagnética se caracteriza por el hecho de variar su intensidad en el dominio temporal. El ejemplo más básico lo encontramos en la onda Seno o Coseno

1.3. Estructura de un TFG

En caso de que el Trabajo Final de Grado (TFG)/Trabajo Final de Máster (TFM) tenga como finalidad la elaboración de un proyecto o un informe científico o técnico, deberá ajustarse a lo dispuesto en las normas UNE 157001:2002 y UNE 50135:1996 respectivamente.

Si el TFG/TFM tiene por finalidad la elaboración de un trabajo monográfico, el documento presentado deberá constar de las siguientes partes, teniendo como base la norma UNE 50136:1997.

Preámbulo: se describirán brevemente la motivación que ha originado la realización del TFG/TFM, así como una breve descripción de los objetivos generales que se quieren alcanzar con el trabajo presentado.

Agradecimientos: se podrán añadir las hojas necesarias para realizar los agradecimientos, a veces obligatorios, a las entidades y organismos colaboradores.

Dedicatoria: se podrá añadir una única hoja con dedicatorias, su alineación será derecha.

Citas: (frases célebres) se podrá añadir una única hoja con citas, su alineación será derecha.

Índices: cada índice debe comenzar en una nueva página, se incluirán los índices que se estimen necesarios (conforme UNE 50111:1989), en este orden:

Índice de contenidos: (obligatorio siempre) se incluirá un índice de las secciones de las que se componga el documento, la numeración de las divisiones y subdivisiones

utilizarán cifras arábigas (según UNE 50132:1994) y harán mención a la página del documento donde se ubiquen.

Índice de figuras: si el documento incluye figuras se podrá incluir también un índice con su relación, indicando la página donde se ubiquen.

Índice de tablas: en caso de existir en el texto, ídem que el anterior.

Índice de abreviaturas, siglas, símbolos, etc.: en caso de ser necesarios se podrán incluir cada uno de ellos.

Cuerpo del documento: en el contenido del documento se da flexibilidad para su organización y se puede estructurar en las secciones que se considere. En todo caso obligatoriamente se deberá, al menos, incluir los siguientes contenidos:

Introducción: donde se hará énfasis a la importancia de la temática, su vigencia y actualidad; se planteará el problema a investigar, así como el propósito o finalidad de la investigación.

Marco teórico o Estado del arte: se hará mención a los elementos conceptuales que sirven de base para la investigación, estudios previos relacionados con el problema planteado, etc.

Objetivos: se establecerán el objetivo general y los específicos.

Metodología: se indicarán el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevarla a cabo; se identificarán la población y el tamaño de la muestra así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Resultados: incluirá los resultados de la investigación o trabajo, así como el análisis y la discusión de los mismos.

Conclusiones: obligatoriamente se incluirá una sección de conclusiones donde se realizará un resumen de los objetivos conseguidos así como de los resultados obtenidos si proceden.

Bibliografía y referencias: se incluirá también la relación de obras y materiales consultados y empleados en la elaboración de la memoria del TFG/TFM. La bibliografía y las referencias serán indexadas en orden alfabético (sistema nombre y fecha) o se numerará correlativamente según aparezca (sistema numérico). Se empleará la familia 1 como tipo de letra. Podrá utilizarse cualquier sistema bibliográfico normalizado predominante en la rama de conocimiento, estableciéndose como prioritarios el sistema ISO 690, sistema American Psychological Association (APA) o Harvard (no necesariamente en ese orden de preferencia). En esta plantilla Latex se propone usar el estilo APA indicándolo en la línea correspondiente como

```
\bibliographystyle{apacite}
```

Anexos: se podrán incluir los anexos que se consideren oportunos.

1.4. Apartados dentro de los capítulos

En \LaTeX existen diferentes niveles de títulos para realizar secciones, subsecciones, etc. En esta web puedes ver más información al respecto https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Document_Structure

Para ello se utilizan los siguientes comandos;

```
\section{Esto es una sección}
Y este el contenido de la sección.
\subsection{Esto es una subsección}
Y este el contenido de la subsección.
\subsubsection{Esto es una subsubsección}
Y este el contenido de la subsubsección.
\paragraph{Esto es un paragraph}
Y este el contenido del paragraph. Que siempre se inicia en la misma línea que el título del mismo.
```

Y se genera lo siguiente:

1.5. Esto es una sección

Y este el contenido de la sección.

1.5.1. Esto es una subsección

Y este el contenido de la subsección.

1.5.1.1. Esto es una subsubsección

Y este el contenido de la subsubsección.

1.5.1.1.1. Esto es un paragraph Y este el contenido del paragraph. Que siempre se inicia en la misma línea que el título del mismo.

1.6. Citar bibliografía

Para citar la bibliografía tal como se define en el sistema APA (en esta web se indica como debe aparecer en el texto la cita: <http://guides.libraries.psu.edu/apaquickguide/intext>) se debe realizar con alguno de los comandos mostrados a continuación:

Esto es una cita estándar: `\citet{Shaw1996}`, que también puedes mostrar con paréntesis así: `\citep{Shaw↔↔ 1996}`. También se puede realizar una cita indicando a qué parte te refieres `\citep[ver][Cap. 2]{Shaw↔↔ 1996}` o `\citep[Cap. 2]{Shaw1996}` o `\citep[ver][]{Shaw1996}`.

También puedes mostrar todos los autores cuando hay más de 2 autores añadiendo un asterisco después del `↔↔` comando como: `\citet*{Akyildiz2005}`, sin el asterisco quedaría así: `\citet{Akyildiz2005}`.

O puedes citar dos o más fuentes al mismo tiempo: `\citep{Barkan1995,Leighton2012}`

Y \LaTeX genera lo siguiente:

Esto es una cita estándar: ?, que también puedes mostrar con paréntesis así: (?). También se puede realizar una cita indicando a qué parte te refieres (ver ?, Cap. 2) o (?, Cap. 2) o (ver ?).

También puedes mostrar todos los autores cuando hay más de 2 autores añadiendo un asterisco después del comando como: *, sin el asterisco quedaría así: ?.

O puedes citar dos o más fuentes al mismo tiempo: (??)

1.7. Notas a pie de página

Para introducir notas a pie de página se debe escribir lo siguiente:

La plantilla necesita el motor XeLaTeX `\footnote`{Para más información sobre XeLaTeX visita `\url{https://es.sharelatex.com/learn/XeLaTeX}`} (el más recomendable actualmente), por lo que si el programa que utilizas compila la plantilla con el motor pdfLaTeX `\footnote`{También puedes buscar más información en internet} (el más habitual pero menos potente) debes cambiarlo por XeLaTeX en las opciones del programa. Si no sabes como hacerlo busca en el manual del programa o en google.

L^AT_EX genera lo siguiente (observa las notas a pie de página):

La plantilla necesita el motor XeLaTeX¹ (el más recomendable actualmente), por lo que si el programa que utilizas compila la plantilla con el motor pdfLaTeX² (el más habitual pero menos potente) debes cambiarlo por XeLaTeX en las opciones del programa. Si no sabes como hacerlo busca en el manual del programa o en google.

1.8. Estilos de texto

A continuación se muestran ejemplos de distintos estilos de texto:

- `\textit{Cursiva}` → *Cursiva*
- `\emph{Cursiva 2}` → *Cursiva 2*
- `\textbf{Negrita}` → **Negrita**
- `\texttt{Monoespacio}` → Monoespacio
- `\textsc{Mayúsculas capitales}` → MAYÚSCULAS CAPITALES
- `\uppercase{Todo mayúsculas}` → TODO MAYÚSCULAS

1.9. Acrónimos

Ahora vamos a ver cómo se ponen los acrónimos.

¹Para más información sobre XeLaTeX visita <https://es.sharelatex.com/learn/XeLaTeX>

²También puedes buscar más información en internet

La norma dice que la primera vez que aparece un acrónimo debe ponerse su fórmula completa, es decir lo que significa, al lado del acrónimo. Después de ello, podemos usar sólo el acrónimo salvo cuando consideremos que debemos volver a usar la fórmula completa por alguna razón de legibilidad.

¿Cómo llevar la cuenta de cuándo es la primera vez que ponemos el acrónimo? si hacemos cambios en el doc es fácil que perdamos esa información así que lo mejor es que sea el propio L^AT_EX el que lleve esa cuenta. Para ello tenemos que hacer dos cosas:

Primero: creamos la entrada del acrónimo en el fichero `acronimos.tex`. Revisa los comentarios de su cabecera para saber cómo crear esa entrada. Básicamente lo que hacemos allí es poner la “fórmula corta” y la “fórmula larga” del acrónimo es decir, el propio acrónimo y su significado

Segundo: escribimos en el texto el acrónimo SIEMPRE diciendo que es un acrónimo y el tipo de fórmula que queremos usar. Por ejemplo, si siempre que queremos hacer referencia al IEEE escribimos

```
\gls{ieee}
```

se consigue que la primera vez que aparezca el acrónimo ponga las fórmulas larga y corta y en las siguientes ocasiones sólo aparecerá la corta.

Aquí va un ejemplo:

Si escribimos:

```
El \gls{ieee} es una institución muy importante en el mundo de la
ingeniería. El \gls{ieee} lleva marcando normas y protocolos desde
hace mucho tiempo. Pero el \gls{ieee} no está solo en esta tarea.
Además del \gls{ieee} hay muchas otras instituciones para ello.
```

Obtendremos:

El Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) es una institución muy importante en el mundo de la ingeniería. El IEEE lleva marcando normas y protocolos desde hace mucho tiempo. Pero el IEEE no está solo en esta tarea. Además del IEEE hay muchas otras instituciones para ello.

1.10. Tareas por hacer

En esta plantilla se ha incluido un paquete para incluir notas/comentarios en el texto para recordar partes que hay que revisar o terminar de desarrollar. El uso es sencillo, el manual para conocer todos los comandos se encuentra en <http://osl.ugr.es/CTAN/macros/latex/contrib/todonotes/todonotes.pdf>, a continuación se muestran algunos ejemplos:

Para incluir un comentario sobre el texto:

```
Recomiendo utilizar programas LaTeX que permitan trabajar con sistema de archivos para poder editar el
↔ conjunto de capítulos en la misma ventana. Este tipo de función lo tienen programas como ↔
↔ TexStudio, es multiplataforma. \todo{Incluir más ejemplos de programas}
```

L^AT_EX genera lo siguiente:

Recomiendo utilizar programas LaTeX que permitan trabajar con sistema de archivos para poder editar el conjunto de capítulos en la misma ventana. Este tipo de función lo tienen programas como TexStudio, es multiplataforma.

Incluir más ejemplos de programas

Para incluir un comentario sobre el texto pero dentro del texto:

Recomiendo utilizar programas LaTeX que permitan trabajar con sistema de archivos para poder editar el
 → conjunto de capítulos en la misma ventana. Este tipo de función lo tienen programas como
 → TexStudio, es multiplataforma. `\todo[inline]{Incluir más ejemplos de programas}`

L^AT_EX genera lo siguiente:

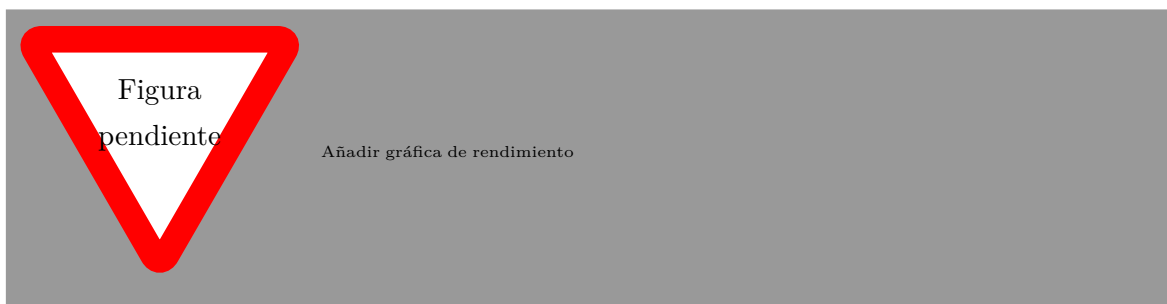
Recomiendo utilizar programas LaTeX que permitan trabajar con sistema de archivos para poder editar el conjunto de capítulos en la misma ventana. Este tipo de función lo tienen programas como TexStudio, es multiplataforma.

Incluir más ejemplos de programas

También se puede dejar indicado donde falta una imagen o figura, para incluirla más adelante del siguiente modo:

`\missingfigure{Añadir gráfica de rendimiento}`

L^AT_EX genera lo siguiente:



2. Metodología (Con ejemplos de figuras)

2.1. Inserción de figuras

Las figuras son un caso un poco especial ya que \LaTeX busca el mejor lugar para ponerlas, no siendo necesariamente el lugar donde está la referencia. Por ello es importante añadirle un “caption” y un “label” para poder hacer referencia a ellas en el párrafo correspondiente. Nosotros ponemos la referencia a la figura 2.1 que está en la página 9, justo aquí debajo, pero \LaTeX puede que la ubique en otro lugar. (observa el código \LaTeX de este párrafo para observar como se realizan las referencias. Estos detalles también se aplican a tablas y otros objetos).

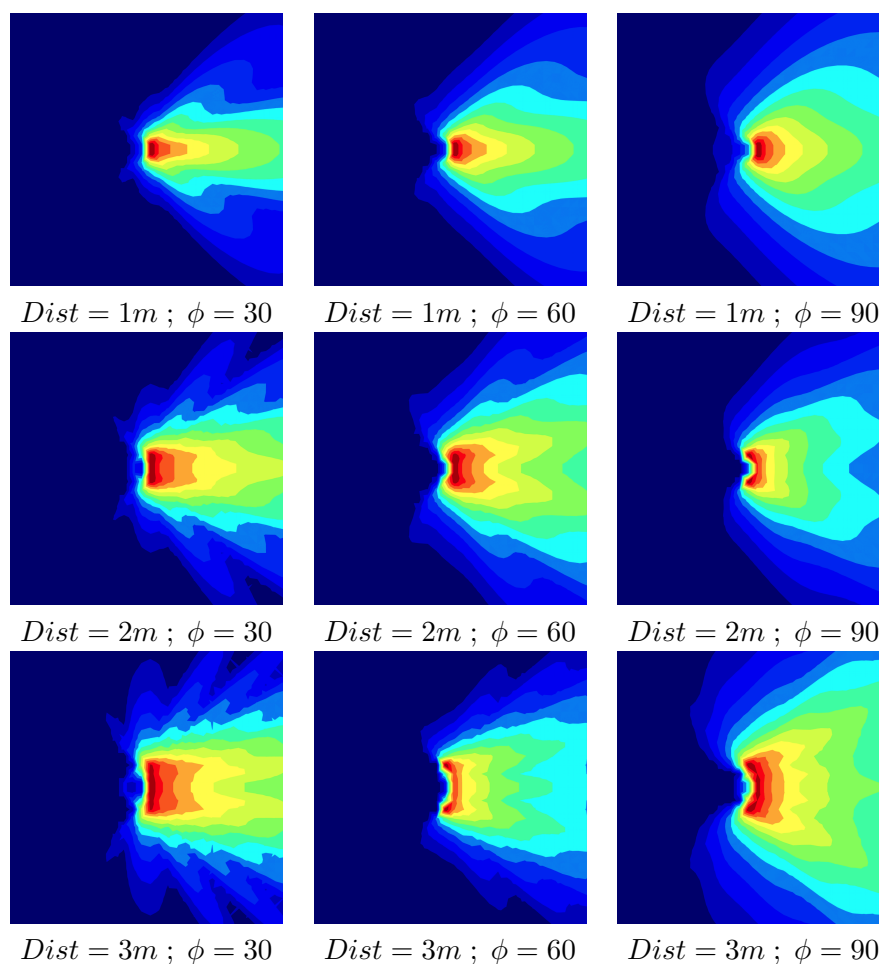
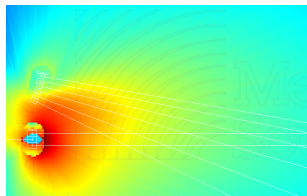


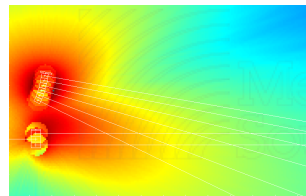
Tabla 2.1: Esta es una tabla con múltiples imágenes. Útil cuando se deben mostrar varias juntas.

Existe también la posibilidad de realizarlo sin tablas, con subfiguras:

```
\begin{figure}[h]
  \centering
  \begin{subfigure}[b]{0.4\textwidth} % Espacio horizontal ocupado por la subfigura
    \centering
    \includegraphics[width=4cm]{archivos/subs-sin} % Tamaño de la imagen
    \caption{Sin procesado.}
    \label{fig:gull}
  \end{subfigure}
  ~ % Añadir el espacio deseado, si se deja la línea en blanco la siguiente subfigura irá en una nueva línea
  \begin{subfigure}[b]{0.4\textwidth} % Espacio horizontal ocupado por la subfigura
    \centering
    \includegraphics[width=4cm]{archivos/subs-con} % Tamaño de la imagen
    \caption{Con procesado.}
    \label{fig:tiger}
  \end{subfigure}
  \caption{Ejemplo de subfiguras} \label{sistemass}
\end{figure}
```

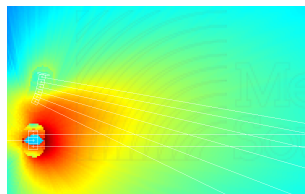


(a) Sin procesado.

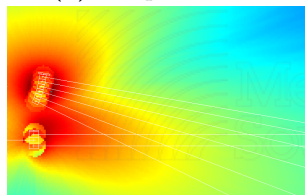


(b) Con procesado.

Figura 2.1: Ejemplo de subfiguras



(a) Sin procesado.



(b) Con procesado.

Figura 2.2: Ejemplo de subfiguras vertical

Si eliminas la línea '`\caption`' de las subfiguras, tendrás las imágenes sin la información individual, aunque sí con la principal. Y obviamente, si eliminas el de la figura no se mostrará ninguna información.

A. Anexo I

Aquí vendría el anexo I

B. Páginas horizontales

Aquí se muestra cómo incluir páginas en horizontal.
Esta página está en vertical

Esta página está en horizontal

Esta página también está en horizontal

Esta página está de nuevo en vertical

C. Importar PDF

A continuación se muestra una página importada de un PDF externo. Observar los comentarios en el código de este anexo para más información. También puedes leer el manual con todas las opciones en <http://osl.ugr.es/CTAN/macros/latex/contrib/pdfpages/pdfpages.pdf>.

Alicante

15 DE MARZO DE 2007

Expediente número

Referencia del peticionario

AYUNTAMIENTO DE ALICANTE

Departamento de Medio Ambiente

C/San Nicolás, nº 2, 4º

03001 ALICANTE

Contacto: Juan Luís Beresaluze

DOCUMENTO DE SÍNTESIS

***ELABORACIÓN DEL MAPA ACÚSTICO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE
ALICANTE***

Fecha de realización del estudio: MAYO 2005 – MARZO 2007