

Trabajo fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica

Formato de Publicación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla

Autor: Francisco Márquez Chaves

Tutor: Federico Cuesta Rojo

Dep. Ingeniería de Sistemas y Automática
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Electrónica Robótica y Mecatrónica

Formato de Publicación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla

Autor:

Francisco Márquez Chaves

Tutor:

Federico Cuesta Rojo

Profesor titular

Dep. de Sistemas y Automática
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2016

Proyecto Fin de Carrera: Formato de Publicación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla

Autor: Pablo Aguilera Bonet

Tutor: Javier Payán Somet

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2013

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Agradecimientos

Los estilos adoptados por nuestra Escuela y utilizada en este texto es una versión y adaptación a Word® del la versión L^AT_EX que el Prof. Payán realizó para un libro que desde hace tiempo viene escribiendo para su asignatura. Por ello, la Escuela le está agradecida. Por otro lado, la adaptación se hizo sobre un formato que el prof. Aguilera arregló, basándose en su tesis doctoral. Su aportación ha sido muy relevante para que este formato vea la luz. Esta adaptación la llevamos a cabo el alumno Silvio Fernández, becario del Centro de Cálculo, y yo mismo, sobre un trabajo preliminar del alumno Julián José Pérez Arias.

A esta hoja de estilos se le incluyó unos nuevos diseños de portada. El diseño gráfico de las portadas para proyectos fin de grado, carrera y máster, está basado en el que el prof. Fernando García García, de la Facultad de Bellas Artes de nuestra Universidad, hiciera para los libros, o tesis, de la sección de publicación de nuestra Escuela. Nuestra Escuela le agradece que pusiera su arte y su trabajo a nuestra disposición.

Juan José Murillo Fuentes

Subdirección de Comunicaciones y Recursos Comunes

Sevilla, 2013

Resumen

El presente proyecto expone el diseño y desarrollo de un robot móvil cuyo objetivo es poder seguir ciertas señales viales que obtendrá a través de una cámara de vídeo. La meta del trabajo es hacer un uso extendido de técnicas de visión por computador, electrónica y control. El proyecto puede servir como guía para nuevos proyectos de automatización de vehículos móviles.

Abstract

In our school there are a considerable number of documents, many teachers and researchers. Our students also contribute to this production through its work in order of degree, master's theses. The aim of this material is easier to edit these documents at the same time promote our corporate image, providing visibility and recognition of our Center.

... -translation by google-

Índice

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xiv
Índice de Tablas	xvi
Índice de Figuras	xviii
Notación	xx
1 Introducción	1
2 DESCRIPCIÓN GENERAL	3
2.1. <i>Esquema general.</i>	3
2.1.1 Diagrama de bloques	3
2.1.2 Automatización robot móvil	4
2.1.3 Procesamiento de imágenes	5
2.1.4 Envío y recepción de información	5
2.2. <i>Conclusiones</i>	6
2.3. <i>Bibliografía (POR SI TENGO QUE AMPLIAR)</i>	6
3 Uso de Estilos	7
3.1 <i>Secciones</i>	7
3.1.1 Subsección	7
3.1.2 Otra subsección	7
3.2 <i>Otra sección</i>	8
4 Otro Capítulo	11
4.1 <i>Estilos de un documento</i>	11
4.2 <i>Títulos y Referencias Cruzadas</i>	12
4.3 <i>Versiones y Sistemas Operativos</i>	12
4.3.1 Macintosh	12
4.3.2 Linux	12
4.4 <i>Texto en inglés</i>	13
4.5 <i>Elementos básicos de un libro</i>	13
4.6 <i>Símbolos y fórmulas</i>	13
4.7 <i>Ecuaciones y MathType®</i>	13
4.7.1 Fuentes	14
4.7.2 Epígrafes o citas célebres	14
4.7.3 Figuras y tablas	15
4.7.4 Hiperenlaces	15
4.7.5 Tabla de contenido	16

4.7.6	Índice de figuras, tablas y otros elementos	16
4.7.7	Formatos de páginas	16
4.7.8	Teoremas y otros elementos similares	16
4.7.9	Ejemplos	17
4.7.10	Índices de palabras y glosarios	17
4.8	<i>Antes del documento</i>	17
4.9	<i>Fuente del texto</i>	18
4.10	<i>Cubierta</i>	18
Referencias		20
Índice de Conceptos		22
Glosario		24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2–1. Tipos de transmisión y frecuencia central	9
Tabla 3–1 Tipos de transmisión y frecuencia central	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Esto es el pie de la figura.	8
Figura 3-1. Pie de figura	15

Notación

A^*	Conjugado
c.t.p.	En casi todos los puntos
c.q.d.	Como queríamos demostrar
■	Como queríamos demostrar
e.o.c.	En cualquier otro caso
e	número e
Re	Parte real
Im	Parte imaginaria
sen	Función seno
tg	Función tangente
arctg	Función arco tangente
sen	Función seno
$\sin^x y$	Función seno de x elevado a y
$\cos^x y$	Función coseno de x elevado a y
Sa	Función sampling
sgn	Función signo
rect	Función rectángulo
Sinc	Función sinc
$\partial y \partial x$	Derivada parcial de y respecto
x°	Notación de grado, x grados.
$\Pr(A)$	Probabilidad del suceso A
SNR	Signal-to-noise ratio
MSE	Minimum square error
:	Tal que
<	Menor o igual
>	Mayor o igual
\	Backslash
\Leftrightarrow	Si y sólo si

1 INTRODUCCIÓN

La automatización de vehículos es un tema que goza de mucha repercusión en la actualidad. Consiste en dotar a un vehículo convencional de una inteligencia artificial que permita tomar decisiones en tiempo real. Actualmente se está utilizando un sensor LIDAR que ofrece un barrido en 3D del entorno prácticamente al instante con lo cual se puede deducir y prevenir los eventos que ocurrirán próximamente. También se usan gps diferenciales para conseguir errores de ubicación muy pequeños e infinidad de sensores más que logran que el vehículo pueda ser conducido por si mismo sin necesidad de conductor.

El principal problema que tiene esta tecnología es la legislación ya que quitando ciertos estados de EEUU aún no se ha decidido, por ejemplo, que acciones legales tomar si un vehículo tiene un accidente con otro vehículo.

Las empresas más influyentes en el mundo de la tecnología están invirtiendo una gran cantidad de recursos en este campo. Cabe destacar el papel que juega la empresa Google, actualmente ALPHABET Inc, y Tesla que han presentado varios modelos de coches autónomos.

En este proyecto no se va a llegar a tal punto de dificultad y se aborda el tema desde una perspectiva diferente ya que la intención es poder dotar de ciertas funcionalidades de autonomía a una plataforma móvil con un bajo presupuesto. Simplemente se hace uso de reconocimiento y toma de decisiones ante varias señales de tráfico, se evitan obstáculos frontales y se intenta conseguir una conducción fluida.

Se dividirá el proyecto en tres partes, en la primera de ella se tratará la automatización de la base robótica, en la segunda se verá el procesamiento de las imágenes y por último se verá la manera de coordinar el envío y recepción de información de una parte a la otra. Estas partes a su vez están divididas en otras para poder ahondar más en cada aspecto.

Para la base robótica se ha usado un kit de electrónica básica y un Arduino Mega.

Para la parte de procesamiento de imágenes una Raspberry Pi y una cámara web USB.

Para el tema de comunicación se ha usado una pareja de módulos nrf24l01.

Todo esto será detallado por separado más adelante.

2 DESCRIPCIÓN GENERAL

Este proyecto tiene la finalidad de adquirir y desarrollar conocimientos prácticos básicos de navegación automática de robot móviles. Está enfocado a la conducción autónoma y seguimiento de un camino con reconocimiento de señales.

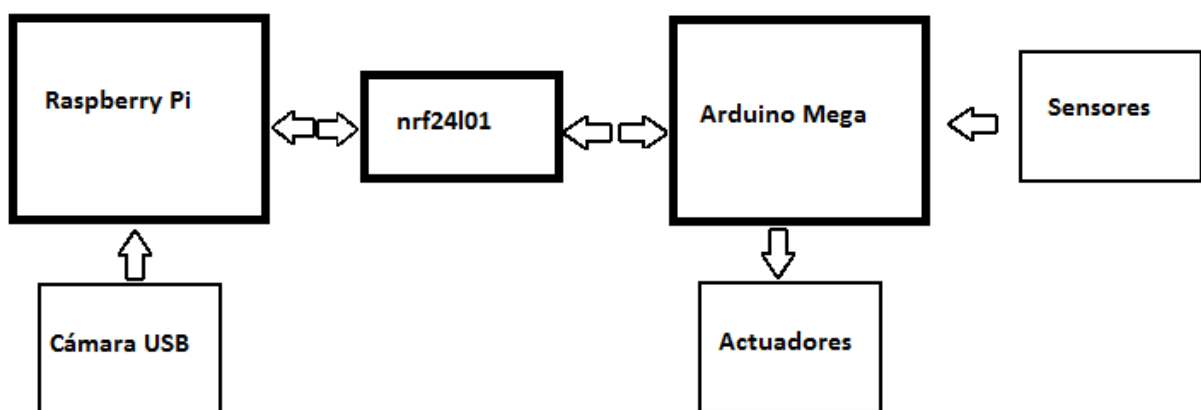
La plataforma usada consiste en un kit de robótica que contiene varios componentes tanto electrónicos como mecánicos integrados y coordinados mediante un módulo Arduino Mega. Gracias a este módulo conseguimos gobernar diversas funciones entre las que cabe destacar: Movimiento, reconocimiento de señales externas gracias a sensores, recepción de información auxiliar.

El tratamiento y reconocimiento de las señales se lleva a cabo mediante un sistema embebido muy conocido por la comunidad “maker” llamado Raspberry Pi junto a una cámara USB.

La comunicación entre ambos sistemas se lleva a cabo mediante comunicación de radio frecuencia, usando para ello el módulo nrf24l01

2.1. Esquema general.

2.1.1 Diagrama de bloques



2.1.2 Automatización robot móvil

La automatización de un robot móvil consiste en darle una inteligencia a un sistema para realizar ciertas funciones que nos pueden facilitar la vida.

Como comenté en la introducción la automatización de robots móviles esta a la orden del día.

Entre los mecanismos automatizados con más repercusión actual caben destacar los sistemas voladores multirotóricos y los coches autónomos.



En los vehículos terrestres, tenemos varios problemas que solucionar: ubicación del vehículo en un entorno, evitar obstáculos y seguir una trayectoria fijada.

En los vehículos aéreos hay que añadir una tercera dimensión a los problemas anteriores, con lo que su utilización requiere aún más atención.

Aunque pueda parecer sencilla, la ubicación de un vehículo en un entorno no es nada fácil ya que para según que casos, necesitamos ubicarnos de forma global usando por ejemplo un GPS diferencial, y de forma local, para lo que necesitaríamos hacer un mapeado del entorno en pseudo tiempo real, para esto se hace uso de técnicas SLAM (Simultaneous Localization And Mapping).

Este mapa nos sirve de utilidad para prevenir choques ya que podemos al hacer mapas en tiempo real, ver como varía la posición de un objeto en el tiempo, con lo que podemos aproximar su trayectoria y su velocidad.

Todo esto requiere de unos procesadores potentes para poder recabar, procesar y usar tal cantidad de información en tiempo real.

En este proyecto la automatización consiste en recibir información de lo que se ve por la cámara a través de la Raspberry Pi y, según sea una señal u otra, tomar una decisión de hacer un STOP, girar a la derecha o girar a la izquierda. Todo ello debe ser posible garantizando la evasión de un choque frontal con un objeto intermedio.

Como se detallará más adelante en el capítulo dedicado a la automatización del robot, para controlar la distancia frontal usaremos unos sensores ultrasonidos. Para controlar la distancia recorrida he usado un encoder digital. También he colocado unos diodos Leds para ver que señal ha reconocido y controlar el tiempo del STOP.

Al usar componentes de muy bajo coste, me he encontrado ante diversos problemas que detallaré también en el siguiente capítulo. Como resumen podemos destacar los problemas de odometría, ya que la resolución de los encoder no es muy grande, y sobretodo problemas de alimentación de los motores, he usado pilas recargables y al poco tiempo de uso, el funcionamiento no era el adecuado.

2.1.3 Procesamiento de imágenes

En el procesamiento de imágenes se parte de las imágenes tomadas por la cámara web para luego procesarla y recabar la información necesaria.

Es un tema bastante utilizado actualmente porque como sabemos, la vista es uno de los sentidos más importantes para interactuar con el entorno.

Su utilización es muy amplia ya que podemos usarlo en ámbitos muy distintos como podrían ser: Reconocimiento de alimentos en mal estados en una cinta transportadora o el reconocimiento de rostros en cámaras de seguridad por parte de la policía en algún acto criminal.

En este proyecto para este apartado se ha usado la librería abierta de procesamiento de imágenes OpenCV, la cual se puede instalar en casi cualquier sistema operativo.

Los pasos seguidos en el procesamiento de imágenes para este proyecto es el siguiente:

- Se toman las imágenes y se almacena internamente.
- Se realizan diversas técnicas de tratamiento de imágenes como por ejemplo el desenfoque.
- Se buscan contornos en la imagen que tengan cuatro lados ya que nuestras señales estarán dentro de rectángulos tal y como explicaré a continuación.
- Mediante técnicas de comparación de imágenes se identifica que señal es la que hemos capturado.
- Una vez reconocida la señal se envía por el puerto SPI al módulo nrf24l01

Estos pasos serán detallados en su capítulo.

2.1.4 Envío y recepción de información

La integración de distintos módulos requiere la interconexión de alguna manera para poder intercambiar información y datos recogidos por cada uno de ellos.

En este proyecto, necesitamos pasar la información procesada de la cámara en la Raspberry Pi al Arduino. Esto lo he solucionado mediante comunicación de radio frecuencias bajo la frecuencia de 2.4Ghz con un módulo de muy bajo coste llamado nrf24l01.

Se han usado dos módulos, uno con antena externa y otro sin ella, aunque podría haber usado los dos sin antena externa, solo fue para mejorar el comportamiento.

He hecho uso de una librería libre que he encontrado en Github llamada RF24, creada y compartida por tmrh20. En referencias pondré un enlace a dicha página. Gracias a esta librería el hecho de comunicarse ha sido bastante más fácil ya que viene con ejemplos muy sencillos.

Realmente la información compartida es pequeña ya que solo necesito saber que señal ha sido la reconocida por la Raspberry, cosa que hago con un número y después mandar el OK desde Arduino a la Raspberry. Igualmente, más adelante comentaré con detalle el funcionamiento del programa y las conclusiones.

2.2. Conclusiones

FALTAA

2.3. Bibliografía (POR SI TENGO QUE AMPLIAR)

Debe contener las referencias bibliográficas de los documentos consultados para demostrar las bases del trabajo realizado y avalar los datos incorporados y citados en el texto.

Se elaborará de forma normalizada, para lo que se aconseja utilizar la norma UNE vigente (actualmente la “UNE ISO 690:2013. Información y documentación. Directrices para la redacción de referencias bibliográficas y de citas de recursos de información”).

Para la elaboración de esta parte del Trabajo se recomienda consultar la Web de la Biblioteca de Ingeniería que contiene recursos, guías y ayudas para la elaboración de las referencias bibliográficas.

3 USO DE ESTILOS

Esto es una cita al principio de un capítulo.

- El autor de la cita -

Los capítulos nuevos pueden comenzarse de una forma cómoda copiando y pegando esta página (desde el principio hasta el final) en una página en blanco. Hay cuatro “profundidades” de Títulos que representan los capítulos, las secciones, las subsecciones y los apartados. Para asegurarse de que el capítulo comienza en página impar puede introducir un salto de sección impar.

3.1 Secciones

Texto de sección. Esto está escrito con el estilo Normal (*Inicio > Estilos*).

3.1.1 Subsección

Texto de subsección.

3.1.1.1 Apartado

Texto del apartado dentro de la subsección.

Una cita a otra obra se inserta desde el menú *Referencias > Insertar Cita > Agregar Nueva Fuente*. Hay que rellenar los campos que nos interesen. Existen muchos Estilos para poner la cita. Por ejemplo, con el estilo IEEE 2006 quedan así (Autor, 2012), pero se pueden probar otros hasta ver el que más nos convence (Autor O. , 2001).

Una vez tengamos insertada esa cita, ya podemos encontrarla en el menú *Referencias > Insertar Cita* sin tener que agregar una nueva fuente.

3.1.2 Otra subsección

Texto de la otra subsección. Aprovecharemos para insertar una nota¹ al pie.

¹ Esto se hace desde el menú *Referencias > Insertar nota al pie*.

3.2 Otra sección

Cada vez que escribamos uno de estos títulos y pulsemos Enter, volverá al estilo Normal.

Gracias a los Elementos Rápidos, podemos insertar *Teoremas*, *Ejemplos*, *Demostraciones*, *Definiciones*, *Imágenes* y *Tablas*.



Figura 3-1. Esto es el pie de la figura.

Para insertar ecuaciones, deberemos tener instalado MathType y que se integre correctamente en Word (Aparecerá una pestaña en el menú superior). Se puede usar el editor de ecuaciones integrado en Word, pero aunque tiene alguna ventaja no se recomienda. Aquí, como puede ser que el lector no tenga MathType, se ha optado por usar el editor de ecuaciones de Word.

Dentro de la pestaña MathType, se puede insertar una ecuación inline como esta $\alpha^{(k)} \in \mathbb{I}$, que no modifica la separación entre líneas gracias a una propiedad del estilo Normal. Hay que tener cuidado con esto, pues ecuaciones inline con mucha altura pueden superponerse con el texto. En el raro caso de que ocurra, lo mejor es reducir el tamaño de la ecuación o poner una ecuación a parte.

Las ecuaciones a parte se ponen pulsando sobre *MathType* > grupo “*Insert Equations*” > *Right-numbered*, y se numeran automáticamente según el número del capítulo. Otra opción, la que se adopta a continuación es crear una tabla con el número generado con un título “(“ incluyendo el número de capítulo, si no lo ve en sus títulos tendrá que crearlo,

$$x + y = (1 + x)^n = 1 + \frac{nx}{1!} + \frac{n(n-1)x^2}{2!} + \dots 0 \quad (3-1)$$

Las ecuaciones numeradas tienen su propio estilo, MTDisplayEquation, que puede editarse para cambiar alineación y otros parámetros (aunque no es necesario).

Para referenciar una ecuación, usamos *MathType* > grupo *Equation Numbers* > *Insert Reference*, y luego hacemos doble click sobre el número de la ecuación que queremos, en este caso (3-1).

Vamos a ver algunos elementos rápidos, empezando con el más sencillo de ellos, la Definición.

Definición (Concepto): Texto de la definición. Esto es otro de los Elementos Rápidos, aunque no tenga numeración.

Las tablas también son Elementos Rápidos. Todos los elementos rápidos se acceden desde el menú de Insertar. No obstante, también podemos copiar de estas mismas líneas el elemento que nos interese, y pegarlo donde queramos editarlo.

Tabla 3–1. Tipos de transmisión y frecuencia central

Tipo de Transmisión	Frecuencia central de transmisión
Modem	100-1800 Hz
Radio AM	530-1600 kHz
Radio FM	88-108 MHz
Televisión	178-216 MHz
Telefonía móvil	850 MHz-1,8 GHz
Redes inalámbricas	2,4 GHz
Fibra óptica	$2 \cdot 10^{14}$ Hz

De hecho, cualquiera puede crear un Elemento Rápido a su gusto desde el propio menú de Elementos Rápidos, pulsando en “*Guardar selección ...*” tras haber seleccionado la parte del documento que queremos guardar.

Otro de los Elementos Rápidos es el Ejemplo.

Ejemplo 3–1. *Al insertar ecuaciones en un ejemplo, puede haber problemas con las barras grises superior e inferior.*

Los ejemplos que dan más problemas son los que llevan ecuaciones o los que continúan en la página siguiente. En ese caso hay que hacerle un retoque final al mismo.

Ejemplo 3–2. *Al insertar ecuaciones en un ejemplo, puede haber problemas con las barras grises superior e inferior.*

$$x + y = (1 + x)^n = 1 + \frac{nx}{1!} + \frac{n(n-1)x^2}{2!} + \dots 0 \quad (3-2)$$

En cualquier caso, estas barras se configuran una vez está acabado el ejemplo en el menú Inicio > grupo “Párrafo” > pulsando sobre el icono inferior derecho de ese grupo. Por ejemplo, si nos aparecen barras grises delimitando la ecuación recién insertada, basta con situarse en el párrafo superior e inferior a la ecuación y eliminar esas barras en el menú que hemos dicho.

Si queremos referenciar cualquier elemento numerado a lo largo del texto (como por ejemplo “0

Secciones” o “Tabla 3–1”, se hace desde el menú *Insertar > grupo “Vínculos” > Referencia cruzada*. Luego hay que buscarlo en la caterografía adecuada (*Tipo*) y especificar a qué queremos que haga referencia (*Referencia a*). Si quedan con un formato indeseado, siempre se puede marcar y aplicar el estilo Normal.

Debemos saber que en cualquier momento, si una numeración no nos aparece correctamente, puede ser debido a que Word todavía no la ha actualizado. Para forzar esta actualización, hacemos click sobre la última cifra de esa numeración y pulsamos *Actualizar Campos*.

Teorema 3.1 (Nombre del teorema)

Aunque algunas ecuaciones aparezcan cortadas contra el fondo gris, al imprimirlas en PDF salen bien. No obstante, al insertar una ecuación puede ser necesario incluir alguna línea en blanco adicional, si parece que van a solapar con el texto...

Y esta es la línea final del Teorema.

Demostración: Las demostraciones siguen al teorema, tienen cierta sangría y acaban con un cuadrado negro antes de volver al estilo Normal. Las demostraciones demasiado engorrosas pueden ponerse en un apéndice al final del documento, pero eso ya es cuestión personal.



Algunos conceptos son muy importantes para la Tesis y conviene añadirlos al glosario al menos la primera vez que aparecen. Para ello, los marcamos y pulsamos *Referencias > Marcar entrada*. Luego pulsaremos “Marcar” y “Cerrar”. Si Word nos ha pasado al modo “Mostrar Todo”, donde se muestran los símbolos de formato, podemos salir de él pulsando *Control + Shift + (*.

4 OTRO CAPÍTULO

The fundamental problem of communication is that of reproducing at one point either exactly or approximately a message selected at another point.

Claude Shannon, 1948

En este capítulo vamos a describir las partes de las que consta un documento tipo, cómo deben interpretarse los diferentes comandos que se han definido para su confección.

Los capítulos nuevos pueden comenzarse de una forma cómoda copiando y pegando esta página (desde el principio hasta el final) en una página en blanco. Hay cuatro “profundidades” de Títulos que representan los capítulos, las secciones, las subsecciones y los apartados. (título1 a título5)

Hay mucho de elección personal en lo que sigue y únicamente se justifica desde el gusto personal de quienes escribimos esto. No pretendemos por ello sentar precedentes, obligaciones ni restricciones a quien desee utilizar este documento. En cualquier caso, esperamos que su lectura sea provechosa para la confección y edición de libros, apuntes de clase, proyectos, etc.

4.1 Estilos de un documento

Aquí definiremos los principales estilos que se han definido en este documento. Estos pueden accederse desde la pestaña *Inicio* y clicando en la sección *Estilos*, los verá en la parte media de la barra de herramientas. Pruebe a consultar todos los estilos que posee el documento pinchando en la flecha que apunta hacia abajo con una raya encima, debajo de los estilos que aparecen.

El dominio de los estilos es fundamental para una buena edición de un texto con Word. Se recomienda invertir un tiempo en “jugar” con las opciones en el menú Formato>Estilo... Una de las mayores ventajas del dominio de los estilos es asignar una numeración automática a cada capítulo, sección y apartados. De esta forma al introducir o eliminar estos elementos el editor renumera automáticamente todo el documento.

Los principales estilos que se han diseñado para este texto son los siguientes:

- *Autor_cita_celebre_capitulo* -> Se aplica al autor de la cita con la que se suele iniciar un capítulo.
- *Cita_celebre_capitulo* -> El contenido de la cita con la que se inicia un capítulo.
- *Código_cuerpo* -> El contenido (sin incluir el título) de un bloque de código.
- *Definición* -> El texto que forma parte de una definición.
- *Demostración* -> El texto que forma parte de una demostración.
- *Encabezado* -> El estilo con el que se muestran los encabezados de las distintas páginas.
- *Normal* -> El texto “estándar” del documento,
- *Otro_titulo* -> Para aquellos títulos de primer nivel que no deben numerar, por ejemplo: Resumen, Agradecimientos, etc.
- *Otro_titulo2* -> Para aquellos títulos de segundo nivel que no se deben numerar, por ejemplo los títulos de los problemas.
- *Portada_autores* -> Para mostrar los nombres de los autores en la portada del documento.
- *Portada_departamento* -> Para mostrar el nombre del departamento en la portada del documento.
- *Portada_fecha* -> Para mostrar la fecha en la portada del documento.

- *Portada_proyecto* -> Para mostrar el nombre del proyecto en la portada.
- *Subportada_proyecto* -> Para mostrar los datos en la página interior que sigue a la portada.
- *Teorema* -> Para usar cuando se exprese un teorema.
- *Título_previo* -> Muy similar a otro_título.
- *Título_codigo* -> Para los títulos en los bloques de código
- *Título 1* -> Primer nivel de títulos (capítulos), tiene un subrayado en gris.
- *Título 2* -> Segundo nivel de títulos (secciones).
- *Título 3* -> Tercer nivel de títulos (subsecciones).
- *Título 4* -> Cuarto nivel de título (apartados).
- *Título 5* -> Usado para algunos encabezados menores.
- *Descripción* -> Se usa en los títulos de figuras, tablas, etc

4.2 Títulos y Referencias Cruzadas

El otro elemento fundamental, además de los estilos, que el usuario debe dominar es el par Títulos/Referencia Cruzada. Si va al menú Insertar>Título verá que puede incluir un título de la lista. En el presente documento hay títulos definidos para ecuaciones del tipo (X-Y), por si no usa la numeración de Mathtype, para Figura X-Y, Tabla X-Y, Ejemplo X-Y y Teorema X-Y, donde X es el número del capítulo e Y es el número dentro del capítulo. Puede probar a crear uno, como por ejemplo Lema. Una vez que se ha introducido un título, para la leyenda de una Figura o Tabla, o para numerar una ecuación, se puede hacer referencia a él insertando Referencia Cruzada, en el mismo menú Insertar.

Este elemento es fundamental, de nuevo, para que al introducir o eliminar una nueva figura o ecuación el sistema pueda renumerar automáticamente (opción actualizar campos) todos los títulos y actualizar las referencias cruzadas. Para esto a veces es preciso seleccionar el texto y en el menú que aparece con el botón derecho del ratón pulsar Actualizar Campos. Además, esto permite insertar una lista de elementos al final o principio del documentos.

4.3 Versiones y Sistemas Operativos

El programa Word® dispone de diversas versiones, este documento ha sido realizado usando la más reciente de ellas Office 2013, se ha comprobado que funciona correctamente, al menos, con las versiones 2010 y 2007 de la suite ofimática. Se proporciona un fichero con extensión .docx, que no es totalmente compatible con versiones anteriores. En todo caso el Centro de Cálculo y la Biblioteca de la Escuela cuentan en sus instalaciones con equipos con este software instalado y de uso público. Veamos ahora cómo trabajar con este documento en sistemas distintos de Windows.

4.3.1 Macintosh

Para Macintosh está también disponible la suite Microsoft Office, por lo que no debe haber problemas al trabajar con este documento. Se ha probado en un Mac con la versión 2010 de Word® y funciona correctamente.

4.3.2 Linux

Para Linux no existen versiones nativos de Office. Se nos ofrecen varias alternativas para poder usar este documento:

- Ejecutar un emulador para correr sobre él la suite de Office original, ejemplos son Wine y Crossover Office (específicamente diseñado para correr Office). La ventaja de esta opción es que trabajamos con el mismo sistema y el documento no sufre ninguna alteración y el consumo de recursos es moderado, la desventaja es que su configuración puede llegar a ser tediosa.

- Instalar una máquina virtual y sobre ella un sistema operativo Windows con su correspondiente copia de Office. Como desventaja más evidente comentar que no todos los equipos cuentan con potencia suficiente como para ejecutar esta opción.
- Usar una suite ofimática alternativa, como LibreOffice. El consumo de recursos será moderado y su uso es inmediato, por el contrario puede que el documento no se vea exactamente igual y que algunas operaciones deban ser realizadas de una forma distinta.

4.4 Texto en inglés

El idioma por defecto de este documento es el Español, si usted quiere que algunas opciones como la autocorrección, el formato de moneda y alguna otras le aparezcan en Inglés o en algún otro idioma, simplemente empiece a escribir en ese idioma y el programa automáticamente lo detectará si el texto es lo suficientemente largo, es posible que le pida que instale el soporte extra para ese idioma si usted no lo tenía previamente instalado

4.5 Elementos básicos de un libro

En este capítulo describimos los puntos que pueden incluirse con el formato propuesto. En primer lugar, la longitud de un libro, en general, justifica su separación en partes. Una posibilidad es que un libro esté dividido en Partes y esta a su vez en Capítulos. Y por último, a veces existen Apéndices que se incorporan cuando han acabado los capítulos. En nuestro caso sólo hemos considerado la posibilidad de dividir el libro en capítulos. Además, existen un conjunto de elementos como dedicatoria, prefacio, agradecimientos, cubierta, etc, que también son partes que se han tenido en cuenta.

En un nivel de descripción diferente, podríamos considerar que un libro se encuentra dividido en cubierta, página de título y trasera de la página de título, elementos antes del cuerpo del libro, tales como agradecimientos, prefacio, índices, etc, el cuerpo del libro en sí, dividido en capítulos y esto a su vez en secciones, subsecciones, subsubsecciones, subcapítulos, apéndices y, por último, la parte del libro después del cuerpo, que agruparía elementos tales como la lista de figuras del libro, la bibliografía, el índice, etc.

4.6 Símbolos y fórmulas

Aunque Word® no es un editor científico ni la herramienta más utilizada para estos menesteres, hay que reconocer que el editor de fórmulas que trae integrado ha mejorado notablemente con las sucesivas versiones. Así mismo, actualmente se pueden insertar casi cualquier símbolo de un uso medianamente cotidiano. Para insertar un símbolo o una fórmula simple se debe ir a la pestaña *Insertar* y después pulsar en *Símbolo*, en la parte derecha de la barra de herramientas. Justo al lado nos encontramos con la opción de introducir un *Cuadro de texto*, el cual puede servirnos para resaltar ciertos tipos de contenido. En MacOS es muy común tener problemas con los símbolos, al estar duplicada la fuente “símbolo” y tener que desactivar una de ellas.

4.7 Ecuaciones y MathType®

Como hemos comentados en el apartado previo el editor de ecuaciones integrado de Word® ha mejorado mucho versión tras versión, aún así si nuestro trabajo tiene un número importante de expresiones matemáticas no la mejor opción. Nos encontramos en el mercado con la herramienta MathType® que, tras instalarla, se integra perfectamente con Word®, apareciéndonos una nueva pestaña en la parte derecha donde tendremos acceso a todas las funciones de MathType®. Esta aplicación no es gratuita, si bien cuenta con una versión de evaluación plenamente funcional operativa durante 30 días ya que puede descargarse desde la url: <http://www.dessci.com/en/products/MathType®/>.

Para insertar ecuaciones, deberemos tener instalado MathType y que se integre correctamente en Word

(Aparecerá una pestaña en el menú superior²). Se puede usar el editor de ecuaciones integrado en Word, pero aunque tiene alguna ventaja no se recomienda. Aquí, como puede ser que el lector no tenga MathType, se ha optado por usar el editor de ecuaciones de Word. Las ecuaciones se incluyen pulsando sobre *MathType® > grupo "Insert Equations" > Right-numbered*, y se numeran automáticamente según el número del capítulo. Las ecuaciones numeradas tienen su propio estilo, *MTDisplayEquation*, que puede editarse para cambiar alineación y otros parámetros (aunque no es necesario). Para referenciar una ecuación, usamos *MathType® > grupo Equation Numbers > Insert Reference*, y luego hacemos doble click sobre el número de la ecuación que queremos, en este caso **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Dentro de la pestaña MathType, se puede insertar una ecuación inline como esta $\alpha^{(k)} \in \mathbb{I}$, que no modifica la separación entre líneas gracias a una propiedad del estilo Normal. Hay que tener cuidado con esto, pues ecuaciones inline con mucha altura pueden superponerse con el texto. En el raro caso de que ocurra, lo mejor es reducir el tamaño de la ecuación o poner una ecuación a parte. También puede jugar con el interlineado, en el menú Formato>Párrafo.

Las ecuaciones a parte se ponen pulsando sobre *MathType > grupo "Insert Equations" > Right-numbered*, y se numeran automáticamente según el número del capítulo. Otra opción, la que se adopta a continuación es crear una tabla con el número generado con un título "(“ incluyendo el número de capítulo, si no lo ve en sus títulos tendrá que crearlo,

$$x + y = (1 + x)^n = 1 + \frac{nx}{1!} + \frac{n(n-1)x^2}{2!} + \dots 0 \quad (4-1)$$

Las ecuaciones numeradas tienen su propio estilo, *MTDisplayEquation*, que puede editarse para cambiar alineación y otros parámetros (aunque no es necesario).

Para referenciar una ecuación, usamos *MathType > grupo Equation Numbers > Insert Reference*, y luego hacemos doble click sobre el número de la ecuación que queremos, en este caso (3-1).

Por otro lado, en el menú de MathType se permite definir un estilo de ecuación, con tipos de letras y tamaños de las mismas, para nuevas ecuaciones y para aplicarlo a todas las ecuaciones del texto. Esto último es muy útil a veces.

4.7.1 Fuentes

La selección de las fuentes para la edición de cualquier texto no es una tarea trivial. En realidad, el diseño tipográfico es todo un arte. Un convenio bastante aceptado es utilizar fuentes con serif para el texto y sin serif para titulares y cabeceras de páginas. Sin embargo, la elección de cualquiera de estas familias de fuentes es prácticamente cuestión de gusto personal y, por qué no decirlo, de la moda del momento.

En los primeros tiempos de Word® las posibilidades de elección estaban bastante limitadas. Sin embargo, con el advenimiento de nuevos métodos y programas, es posible elegir prácticamente cualquier fuente existente para su uso, y asociarla a un estilo.

4.7.2 Epígrafes o citas célebres

En muchos libros, después del título de un capítulo o antes del resumen, o en el lugar que apetezca, se coloca una frase con diversos significados. Para ello nosotros simplemente debemos escribir el texto que deseemos y después aplicarle el estilo *Cita_celebre_capitulo*, para indicar el autor de la cita debemos escribirlo y después aplicarle el estilo *Autor_cita_celebre*.

² En MacOS no suele aparecer y hay que recurrir a algún foro para ver cómo incluirla, por ejemplo <http://ask.brothersoft.com/how-to-get-the-missing-toolbar-and-menu-back-331.html>

4.7.3 Figuras y tablas

Una parte importante de cualquier texto son las figuras y tablas que lo acompañan. En Word® estos elementos se consideran elementos flotantes.

La inclusión de las figuras se realiza simplemente yendo a la pestaña *Insertar* -> *Imágenes* y seleccionando la imagen de la ubicación de nuestro equipo donde se encuentre. Si bien Word® incluye algunas herramientas para la generación de figuras y diagramas, nuestra recomendación es usar alguna herramienta externa, guardar el resultado como una imagen y después insertarla. Por ejemplo para la creación de diagramas podemos recomendar Visio (propietario), Dia (libre y gratuito) y Lucidchart (una opción online muy potente). Para la edición de imágenes cualquier programa de edición de las mismas nos servirá.

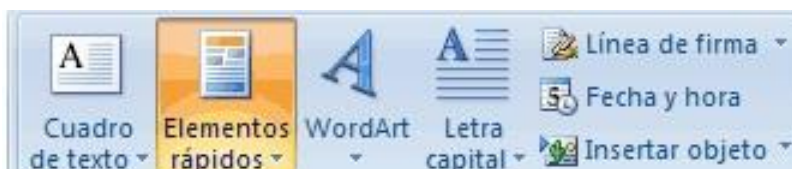


Figura 4-1. Pie de figura

Para insertar una tabla actuaremos de una forma similar en la pestaña *Insertar* -> *Tabla*, una vez hallamos hecho esto nos aparecerán a la derecha dos nuevas pestañas con la etiqueta “Herramientas de tabla” por encima. Estas dos nuevas pestañas son *Diseño* y *Presentación*, donde podremos designar varias características visuales y de formato de las tablas. Nuestra elección se muestra en la tabla inferior, nuevamente solo hay que copiar y pegar para poder reusar este formato. Si quiere mantener una tabla sin que se rompa en dos hojas continuas, tendrá que seleccionar todas las filas menos la última y en el menú *Formato*>*Párrafo* seleccionar la pestaña *Líneas y Saltos de Páginas* y allí pulsar la opción *Conservar* con el siguiente.

Tabla 4–1 Tipos de transmisión y frecuencia central

Tipo de Transmisión	Frecuencia central de transmisión
Modem	100-1800 Hz
Radio AM	530-1600 kHz
Radio FM	88-108 MHz
Televisión	178-216 MHz
Telefonía móvil	850 MHz-1,8 GHz
Redes inalámbricas	2,4 GHz
Fibra óptica	$2 \cdot 10^{14}$ Hz

Observemos que en la parte inferior de las figuras y en la superior de las tablas (esta ha sido nuestra elección), se colocan textos explicativos sobre las mismas. Para introducir este título pulsamos con el botón derecho sobre el elemento (figura o tabla) y pulsamos insertar título, no se nos debe olvidar indicar la categoría correcta en cada caso, figura o tabla para que la autonumeración funcione correctamente.

4.7.4 Hiperenlaces

Un primer paso a la hora de crear un documento es generar una versión en formato electrónico del mismo. Hemos decidido que ese formato sea pdf. En un formato pdf existe la posibilidad de crear hiperenlaces que facilitan la navegación a lo largo del mismo. Por ejemplo, el índice en un libro en formato pdf se generará, con la propuesta que hemos realizado, creando enlaces a las diversas partes del mismo. O bien, cuando nos referimos a una figura o tabla, es muy útil la existencia de esos enlaces al lugar exacto en el que se encuentra la figura o tabla. Esto lo realizaremos y veremos con más detalle en la siguiente sección. Si queremos incluir un enlace a

un elemento externo (una página web, por ejemplo) deberemos ir a la pestaña *Insertar* -> *Hipervínculo*, nos aparecen dos campos para rellenar: en “Texto” pondremos el texto que aparecerá en nuestro documento, por ejemplo Google, y en “Dirección” la url a la que apuntará, por ejemplo www.google.es, quedando el resultado final así: [Google](http://www.google.es).

4.7.5 Tabla de contenido

La generación de la tabla (o tablas) de contenido de un texto suficientemente largo suele ser una tarea sumamente laboriosa. Word® facilita enormemente este trabajo. En otra sección de este capítulo explicaremos cómo y dónde se incorporará esta tabla de contenidos. En este apartado nos centramos en explicar algunos aspectos de cómo se construye la principal tabla de contenidos, que denominamos *Índice*.

Nuestra primera decisión fue establecer que en el índice deben aparecer hasta los apartados que hemos denominados subsecciones, lo que se logra mediante la secuencia que vamos a ver a continuación. También hemos propuesto que no aparezcan los habituales puntos que existen entre el texto y el número de página correspondiente de muchos índices.

Para usar el que índice incluido simplemente deberemos escribir nuestro texto usando los correspondientes estilos de títulos, a la hora de actualizarlo deberemos pulsar el botón derecho sobre el mismo y pulsar en *Actualizar Campos* y elegir *Actualizar todo*. También podemos ir al menú *Insertar*>*Índice y Tablas* y allí tabla de contenido, usando el estilo sencillo.

4.7.6 Índice de figuras, tablas y otros elementos

Es habitual, y aquí lo hemos hecho también, incluir un índice de figuras y/o tablas al final del documento cuando éste posee muchos de estos elementos. También se pueden incluir índices de Código, Teoremas o cualquier otro elemento del estilo. Para crear un índice de este tipo debemos hacer lo siguiente: Ir a la pestaña *Referencias*-> *Insertar tabla de ilustraciones*; ahí debemos pinchar en el desplegable *etiqueta de título* y seleccionaremos el elemento para el cual queramos crear el índice. Otra posible opción es pulsar en el botón *Opciones*, marcar la pestaña *estilo* bajo *Generar tabla de ilustraciones a partir de:* y seleccionar el estilo del elemento del que queramos generar el índice.

4.7.7 Formatos de páginas

El aspecto de un libro está básicamente definido por el formato que se ha elegido para los diferentes títulos de las partes que lo constituyen, el formato de las páginas y qué queremos que aparezca en las cabeceras y pies de páginas del mismo. En las páginas pares el nombre del capítulo en el que estamos y en las impares el nombre del documento. Estos elementos se colocan encima de una raya horizontal que se ha definido previamente, tanto en su grosor como en su longitud.

En todo caso, estos parámetros no se deberían de tocar, salvo en contadas ocasiones.

4.7.8 Teoremas y otros elementos similares

En la escritura de cualquier texto científico los Teoremas, propiedades y demás elementos constituyen una parte muy significativa. Existen, de nuevo, múltiples posibilidades de tratar estos elementos, pero hemos considerado que el formato propuesto se adapta perfectamente a nuestros gustos y decisiones.

A modo de ejemplo hemos definido el Título Teorema X-Y, puede probar a crear los estilos Lemas, Propiedades y Corolarios si les hiciera falta. Centrándonos en los teoremas, el resultado sería el siguiente, donde se ha definido una etiqueta Teorema:

Teorema 4-1 (Teorema de Pitágoras) *En un triángulo rectángulo...*

Demostración. *Sea el triángulo ABC...*

$$x + y = (1 + x)^n = 1 + \frac{nx}{1!} + \frac{n(n-1)x^2}{2!} + \dots 0 \quad (4-2)$$

■

Podemos observar que al finalizar la demostración hemos incluido el símbolo ■.

4.7.9 Ejemplos

En este apartado se muestra cómo meter un ejemplo. Esta forma propuesta es el resultado de jugar con Títulos y Estilos. Para citarlo, puede recurrir a Referencia Cruzada, siendo el resultado **Ejemplo 4-1**.

Ejemplo 4-1. *Al insertar ecuaciones en un ejemplo, puede haber problemas con las barras grises superior e inferior.*

4.7.10 Índices de palabras y glosarios

Con los paquetes index y glossaries podemos incluir índices de palabras y listas con definiciones, ya sea de acrónimos u de otro tipo. Por ejemplo, se podría usar también para definir magnitudes o la notación utilizada.

4.7.10.1 Índices de palabras

Algunos conceptos son muy importantes para la Tesis y conviene añadirlos al glosario al menos la primera vez que aparecen. Para ello, los marcamos y pulsamos *Referencias > Marcar entrada*. Luego pulsaremos “Marcar” y “Cerrar”. Si Word® nos ha pasado al modo “Mostrar Todo”, donde se muestran los símbolos de formato, podemos salir de él pulsando *Control + Shift + (*.


4.7.10.2 Glosario

Para realizar un glosario deberá realizarse a mano respetando (si así se quiere), el formato propuesto en la sección correspondiente.

También se puede generar en Word de una forma más dinámica usando tabla de autoridades. Hacemos click en la parte del documento donde se quiere añadir el glosario y, posteriormente, en el apartado *referencias* de barra superior, en la sección *Tabla de autoridades*, seleccionamos la opción *Insertar Tabla de autoridades*, donde podremos configurar el formato que tendrá nuestro glosario y, al aceptar, declarar dónde se situará.

Para añadir entradas de forma dinámica basta con seleccionar la entrada que queremos añadir y pulsar en *Marcar cita*, en el mismo apartado donde hemos pulsado para crear la tabla. En la ventana que aparecerá añadimos la descripción de la entrada en el cuadro *Texto seleccionado* y pulsamos *Marcar*. Se puede ir actualizando el glosario pulsando F9.

En el caso de que al general el glosario aparezca un título, pulsando click derecho sobre el mismo y eligiendo la opción *Activar o desactivar códigos de campo* veremos una línea de código similar a {TOA \h \c "1"}. Quitando el \h eliminaremos ese título.

Si aparecieran símbolos en los saltos de línea o se sustituyeran los espacios por puntos, en el apartado *Inicio*, sección *Párrafo* pulsamos en  y volveríamos a tener el documento como antes. Este botón hace que muestra/desaparezcan esas marcas de formato.

4.8 Antes del documento

Antes de empezar la edición del documento, además de cargar el fichero de estilo anterior, hemos creído necesario realizar una serie de operaciones que faciliten nuestro trabajo o lo configuren de una determinada manera. Además, hay que incluir la portada.

4.9 Fuente del texto

Las instrucciones % establecen que el texto estará escrito en una fuente Times New Roman. El cambio de fuente se debe hacer modificando los estilos predefinidos en el documento.

4.10 Cubierta

La primera hoja incluye una propuesta de cubierta. Puede modificarla, introduciendo una imagen central distinta, o introduciendo o sustituyendo algún logo y cambiando autores, títulos, departamento, etc.

REFERENCIAS

[1] Autor, «Este es el ejemplo de una cita,» *Tesis Doctoral*, vol. 2, nº 13, 2012.

[2] O. Autor, «Otra cita distinta,» *revista*, p. 12, 2001.

ÍNDICE DE CONCEPTOS

conceptos 9

GLOSARIO

ISO: International Organization for Standardization	4
UNE: Una Norma Española	4

