

CAPÍTULO

1. Antecedentes

En este capítulo se introduce a los diferentes tipos de discapacidades y aquellos elementos que son necesarios para el desarrollo de este sistema. Existe la aplicación de conocimientos tales como: programación, electrónica, robótica, comunicaciones analógicas y digitales.

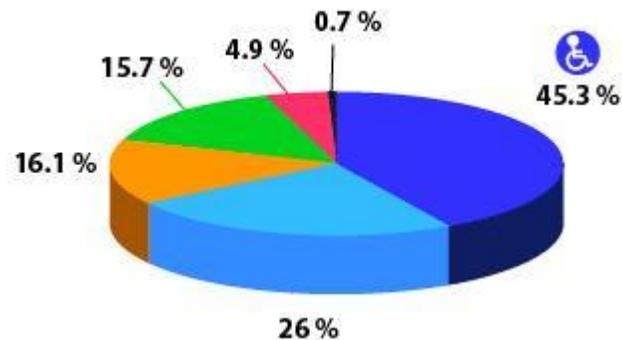
1.1 Conceptos Médicos

1.1.1 Discapacidad

La discapacidad indica los aspectos negativos de la interacción entre un individuo con una condición de salud dada y los factores contextuales (ambientales y personales). Es el término genérico que engloba todos los componentes: deficiencias, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación social.

En México existe un alto porcentaje de discapacidad, el mayor corresponde a la motriz; en este tipo de discapacidad es donde se encuentran las personas tetraplégicas, es decir, aquellas personas que han perdido movimiento y sensación en ambas partes, superior e inferior de su cuerpo.

Estadísticas del INEGI^[4] mencionan que en México existía 1 millón 795 mil personas discapacitadas para el año 2000, de ellas 45.3 % motriz, 26 % visual, 16.1 % mental, 15.7 auditiva, 4.9 % de lenguaje y 0.7% discapacidad congénita. Por cada 100 personas, el 32 % la adquirió por enfermedad, 23 % por edad avanzada, 19 % por herencia, 18 % por lesión o accidente y 8 % otras causas.



Al 2000, 72.6% de la población con discapacidad habita en comunidades urbanas y 27.4%, en rurales.

En los niños de 0 a 14 años y los jóvenes de 15 a 29 años, las discapacidades con mayor frecuencia son de tipo mental y de lenguaje, mientras que para la población de 60 años y más, son la motriz, auditiva y visual.



1.1.1.1 Tipos de discapacidad^[4]

Los tipos más conocidos son:

Motriz. Se refieren a la pérdida o limitación de una persona para moverse, caminar, mantener algunas posturas de todo el cuerpo o de una parte del mismo.

Visual. Incluye la pérdida total de la vista, así como la dificultad para ver con uno o ambos ojos.

Mental. Abarca las limitaciones para el aprendizaje de nuevas habilidades, alteración de la conciencia y capacidad de las personas para conducirse o comportarse en las actividades de la vida diaria, así como en su relación con otras personas.

Auditiva. Corresponde a la pérdida o limitación de la capacidad para escuchar.

De lenguaje. Limitaciones y problemas para hablar o transmitir un significado entendible.

Del total de la población con discapacidad, 45% presenta limitación motriz; 26%, visual; 16%, mental; casi con el mismo porcentaje, auditiva; y 5%, de lenguaje. Además, existen otros tipos de discapacidad que representan menos de 1%.

1.1.2 Anatomía de la columna vertebral^[5]

La columna está formada por 33 vértebras, que son las siguientes (Fig. 1.1):

- 7 cervicales (en el cuello).
- 12 dorsales (en la parte superior de la espalda).
- 5 lumbares (en la parte inferior de la espalda).
- 5 sacras* (en el sacro, situado en la pelvis).
- 4 coccígeas* (en el cóccix, situado en la pelvis).

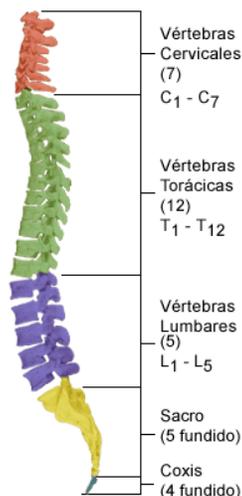


Fig. 1.1 Columna vertebral

*Al alcanzar la edad adulta, las 5 vértebras sacras se fusionan hasta formar un solo hueso, al igual que las 4 coccígeas

Las vértebras sirven para estabilizar la columna y proteger la médula espinal. Generalmente, cuanto más alta sea la zona de la médula espinal en la que se produce la lesión, mayor discapacidad tendrá el paciente (Cuadro 1.1).

Nivel de la lesión	Posible deterioro
C2 - C3	Generalmente mortal debido a la incapacidad para respirar
C4	Tetraplejía y dificultad para respirar.
C5	Tetraplejía con cierta funcionalidad en el hombro y el codo.
C6	Tetraplejía con funcionalidad en el hombro y el codo y cierta funcionalidad en la muñeca.
C7	Tetraplejía con funcionalidad en el hombro, el codo y la muñeca y cierta funcionalidad en la mano.
C8	Tetraplejía con funcionalidad normal del brazo; debilidad de la mano.

T1 - T6	Tetraplejía con pérdida de funcionalidad por debajo de la mitad del pecho; control total de los brazos.
T6 - T12	Tetraplejía con pérdida de funcionalidad por debajo de la cintura; buen control del torso.
L1 - L5	Tetraplejía con niveles variables de afectación de los músculos de las piernas.

Cuadro 1.1 **Vértebras y nivel de lesión**

Las lesiones de las vértebras no siempre implican que se haya dañado la médula espinal. Asimismo, el daño de la propia médula espinal puede producirse sin que haya fracturas ni dislocaciones de las vértebras.

1.2 Elementos de Electrónica

1.2.1 Sensores

Dispositivo sensible que utiliza un fenómeno físico o químico dependiente de la naturaleza y el valor de la magnitud físico-química a medir, lo cual permite la transducción del estímulo a una señal utilizada directa o indirectamente como medida. ^[6]

1.2.1.1 Tipos de sensores^[7]

- **Sensores de inclinación (tilt)**

Los tilt *switches* se activan cuando son inclinados con respecto a una posición horizontal. La inclinación requerida para que el *switch* cambie de estado (ej: *on* a *off*) es llamada: ángulo diferencial. Es muy importante para poder realizar diseños, entender que el sensor debe superar el ángulo diferencial para activarse, y que en posición horizontal estará cerrado o abierto según corresponda.

- **Sensores de Inclinación Inerciales Schaevitz.**

Son dispositivos extremadamente sensibles, capaces de medir inclinación horizontal y vertical. Todos ellos funcionan como sistema servo de lazo cerrado. Algunas aplicaciones típicas son: Pendiente de carreteras, alineamiento de taladros/túneles, armamento, orientación de satélites, control de inclinación en trenes y en general aplicaciones que requieren gran precisión.

- **Inclinómetros (inclinometers and tilt sensors)**

Miden la orientación del vector de gravedad (nivel o plomada digital)

Tecnologías:

- ✓ *switches* de mercurio o electrolíticos
- ✓ mecánicos (en base a péndulos o potenciómetro y plomada)
- ✓ basados en acelerómetros
- ✓ estado sólido

1.2.2 Microcontroladores^[8]

Existe una gran diversidad de microcontroladores. La clasificación más importante es de 4, 8, 16 ó 32 bits. Aunque las herramientas de los microcontroladores de 16 y 32 bits son superiores a los de 4 y 8 bits, la realidad es que los de 8 bits dominan el mercado y los de 4 bits se resisten a desaparecer. La razón de esta tendencia es que los microcontroladores de 4 y 8 bits son apropiados para la gran mayoría de las aplicaciones, lo que hace absurdo emplear micros más potentes y consecuentemente más caros.

Para escoger el microcontrolador a utilizar en un diseño concreto hay que tener en cuenta multitud de factores, como la documentación y herramientas de desarrollo disponibles, su precio, la cantidad de fabricantes que lo producen y las características del microcontrolador (tipo de memoria de programa, número de temporizadores, interrupciones, etc.), la disponibilidad de los microcontroladores en el mercado, tipos de entradas/salidas, facilidad de programación, portabilidad del código generado, soporte técnico por parte del fabricante, etc.

1.3 Sistemas de Comunicación Inalámbrica. ^[9,10]

1.3.1 Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético es un conjunto de ondas electromagnéticas que van desde las ondas con mayor longitud como hasta las que tienen menor longitud.

Llamado espectro de radiofrecuencia, formado por bandas espectrales de ondas hertzianas que permiten el funcionamiento de tecnologías y servicios inalámbricos.

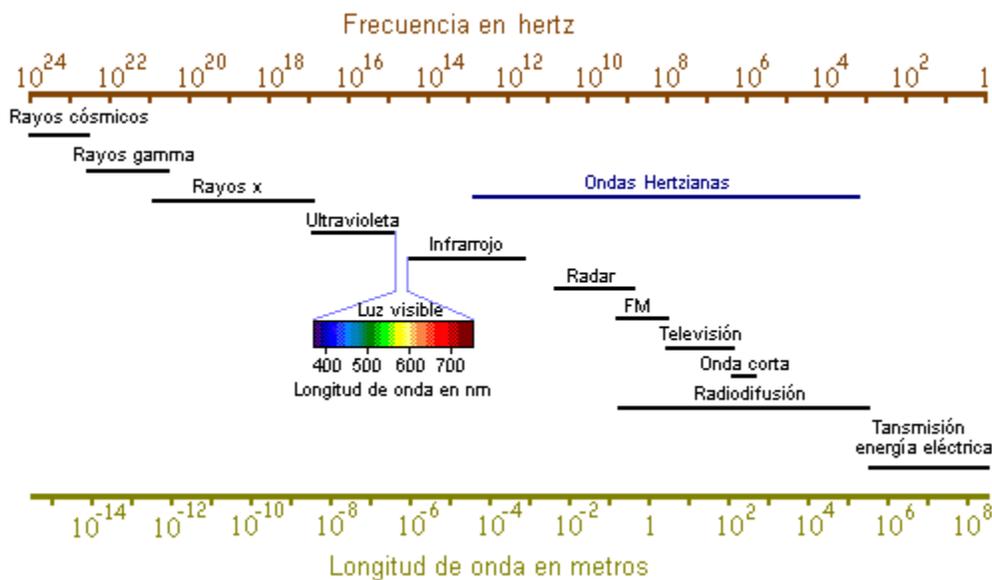


Fig. 1.2 Espectro de Radiofrecuencia

Según se incrementa la frecuencia de las ondas electromagnéticas más allá del espectro de RF, su energía toma la forma de ondas infrarrojas (IR), visibles, ultravioletas (UV), rayos X y rayos gama. El espectro generalmente se divide en siete tipos de radiación: radio, microondas, infrarroja, visible, ultravioleta, rayos x, y gamma.

Ondas de radio: Estas ondas se usan para transmitir las estaciones de radio, pero también es un tipo de radiación proveniente del Sol. Las ondas de radio tienen la frecuencia más baja y la longitud de onda más larga de todas las ondas del espectro electromagnético.

Microondas: Las microondas tienen una longitud de onda un poco más pequeña, y por tanto mayor energía que las ondas de radio. Las microondas pueden ser usadas para estudiar al Universo, comunicarse con satélites en órbita terrestre.

Radiación Infrarroja: La radiación infrarroja tiene longitud de ondas más largas que la radiación visible, y más corta que la radiación microondas. La radiación infrarroja es generalmente usada por los instrumentos de sensibilidad remota de los satélites para detectar recubrimientos vegetales, propiedades biológicas, formaciones geológicas, emisiones provenientes de la atmósfera de la Tierra y vapor de agua en la atmósfera. Los satélites pueden recolectar información de radiación infrarroja durante el día o la noche debido a que las mediciones se basan en temperatura y no en radiación visible.

Radiación visible: Esta es la parte del espectro electromagnético que los humanos podemos ver. Dentro del espectro de luz visible, la luz roja viaja en forma de ondas amplias y de baja frecuencia, mientras que la luz violeta viaja en ondas de frecuencia alta, más pequeñas.

Radiación ultravioleta: Con un poco de más energía que la del extremo violeta del espectro de luz visible, la radiación ultravioleta representa tan sólo un 5 por ciento de toda la energía proveniente del Sol. La mayoría de la luz ultravioleta que proviene del Sol se encuentra bloqueada por la atmósfera de la Tierra, pero algo logra pasar y ayuda a las plantas en la fotosíntesis y también a producir vitamina D en los humanos. Demasiada cantidad de luz ultravioleta puede causar quemaduras de piel, cáncer de piel y cataratas, así como dañar la vegetación.

Radiación de Rayos X: Los Rayos X son una radiación con una longitud de onda corta y energía elevada. Tienen longitudes de ondas más cortas que la ultravioleta, pero con longitud de onda más largas que los rayos gamma. Debido a que los Rayos X tienen más energía que la luz visible, viajan a través de materiales como el tejido de la piel y órganos y rebota contra huesos sólidos.

Radiación Gamma: Los rayos gamma vibran más rápidamente que cualquier otro tipo de radiación. Esto significa que viajan con las longitudes de onda más cortas.

Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda (λ) o la frecuencia (f).

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ ----- (1)}$$

donde c es la velocidad de la luz en el vacío ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s).

1.3.2 Radiofrecuencia

Radiofrecuencia (Espectro de radiofrecuencia o RF) es un término que se refiere a la corriente alterna (AC) con características tales que, si ésta es alimentada a una antena, se genera un campo electromagnético adecuado para transmisión de datos de modo inalámbrico.

Estas frecuencias cubren un rango significativo del espectro de radiación electromagnética, es la porción menos energética del espectro electromagnético, que van desde los 3 Hz hasta los 300 Ghz. La radiación viaja en ondas electromagnéticas, se les llama ondas electromagnéticas porque la energía tiene tanto propiedades magnéticas como eléctricas.

Dichas frecuencias cubren las siguientes bandas del espectro (Cuadro 1.2):

NOMBRE	ABREVIATURA (Inglés)	BANDA ITU*	FRECUENCIAS	LONGITUD DE ONDA
Extra baja frecuencia	ELF	1	3-30 Hz	100,000–10,000 Km
Super baja frecuencia	SLF	2	30-300 Hz	10,000–1000 Km
Ultra baja frecuencia	ULF	3	300-3000 Hz	1000-100 Km
Muy baja frecuencia	VLF	4	3-30 KHz	100-10 Km
Baja frecuencia	LF	5	30-300 KHz	10-1 Km
Media frecuencia	MF	6	300-3000 KHz	1 Km-100 m
Alta frecuencia	HF	7	3- 30 MHz	100-10 m
Muy alta frecuencia	VHF	8	30-3000 MHz	10-1 m
Ultra alta frecuencia	UHF	9	300- 3000 MHz	1 m-100 mm
Super alta frecuencia	SHF	10	3-30 GHz	100-10 mm
Extra alta frecuencia	EHF	11	30-300 GHz	10-1 mm

Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Cuadro 1.2

1.3.3 Comunicación Inalámbrica^[11]

Los medios inalámbricos de transmisión usan una banda de frecuencias de alguna parte del espectro electromagnético. Las ondas de longitudes más cortas tienen frecuencias más altas y velocidades más altas de transmisión de datos.

La comunicación inalámbrica (*wireless*, sin cables) es el tipo de comunicación en la que no se utiliza un medio de propagación físico, se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas, las cuales se propagan por el espacio sin un medio físico que comunique cada uno de los extremos de la transmisión. Los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal.

En general, la tecnología inalámbrica utiliza ondas de radiofrecuencia de baja potencia y una banda específica, de uso libre para transmitir, entre dispositivos. El mensaje o información viaja mediante ondas de radio, llamadas ondas hertzianas, que son ondas electromagnéticas.

Las ondas hertzianas no son perceptibles al ojo humano, y viajan por el espacio a la misma velocidad de la luz; su comportamiento tiene ciertas analogías con la misma, ya que se refractan al cambiar de medio, se utiliza para reflejar señales de radio, y poder enlazar radiofónicamente dos puntos muy distantes de la tierra.

Para que exista un sistema de comunicación mediante ondas de radio, el emisor y receptor deben sintonizar la misma frecuencia. La señal puede traspasar obstáculos, aunque se produce una atenuación dependiendo del material del que está fabricado, no es necesaria la visión directa de emisor y receptor.

Las ondas de radio se producen en circuitos electrónicos en los que se introduce la información o mensaje a emitir, que puede ser sonido, imagen o señal codificada. Pueden existir amplificadores de potencia, según sea la distancia que se pretende cubrir, y finalmente esta energía se entrega a una antena, produciendo un campo electromagnético que se propaga por el espacio, pudiendo ser captado por otras antenas entre las que no exista unión física alguna.

La tendencia a la movilidad y la ubicuidad hacen cada vez más utilizados los sistemas inalámbricos, y el objetivo es ir evitando los cables en todo tipo de comunicación. Uno de los principales problemas presentes en estos sistemas es la interferencia o atenuación de la señal lo que afecta la veracidad y consistencia de los datos recibidos, así como los tiempos de respuesta.

1.3.4 PWM^[12]

La modulación por ancho de pulsos (*PWM, pulse-width modulation*) es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica. El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación al período.

Es decir:

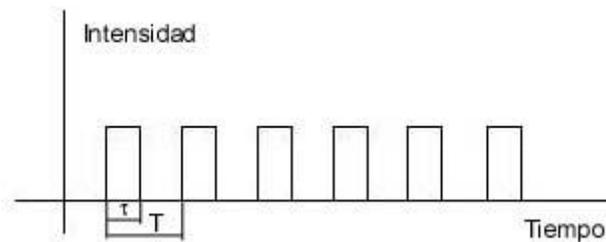
$$D = \tau / T \text{ ----- (2)}$$

donde;

D = es el ciclo de trabajo

τ = es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso)

T = es el período de la función



La construcción típica de un circuito PWM se lleva a cabo mediante un comparador con dos entradas y una salida. Una de las entradas se conecta a un oscilador de onda triangular, mientras que la otra queda disponible para la señal moduladora. En la salida la frecuencia es generalmente igual a la de la señal triangular y el ciclo de trabajo está en función de la portadora.

Hoy en día, muchos de los microcontroladores comerciales incorporan esta función de hardware que se puede utilizar para conseguir una salida analógica a partir de una señal digital (la cual solo tiene dos niveles de voltaje) a través de la variación del valor eficaz de la señal. Modulando el ancho de pulso del tren de pulsos de la señal, con PWM se puede conseguir una

señal cuyo valor eficaz varíe de la forma deseada. A un pulso más ancho, el valor eficaz de la señal es mayor que el de un pulso más corto.

1.4 Software

Para el desarrollo del sistema se utiliza el lenguaje de programación C, así como, el compilador CCS y MPLAB (Microchip). CCS se usa porque contiene librerías que facilitan el manejo del microcontrolador y la programación. MPLAB es la interfase que hace posible la grabación del programa compilado al microcontrolador. Todo el software mencionado son herramientas libres.

1.4.1 Lenguaje C

Se decidió usar el lenguaje C, ya que cuenta con herramientas para depurar los programas, así como, elementos que permiten mayor rapidez al programar. Existen funciones específicas diseñadas que podemos usar sin tener que programarlas.

- Es altamente transportable
- Es muy flexible
- Genera código muy eficiente
- Se pueden realizar muchas funciones escribiendo pocas líneas de código.

1.4.2 MPLAB v7.5.^[13]

MPLAB es una herramienta para escribir y desarrollar código en lenguaje ensamblador para microcontroladores PIC fabricados por la empresa *Arizona Microchip Technology (AMT)*. MPLAB incorpora todas las herramientas necesarias para la realización de cualquier proyecto, ya que además de un editor de textos cuenta con un simulador en el que se puede ejecutar el código paso a paso para ver así su evolución y el estado en el que se encuentran sus registros en cada momento.

1.4.3 CCS^[13]

CCS es un compilador, que nos ofrece herramientas de desarrollo en C que soportan diferentes microcontroladores PIC de *Microchip*. CCS tiene una biblioteca de rutinas que facilitan la programación.

Este compilador nos genera ficheros en formato hexadecimal, necesario para programar el microcontrolador, utilizando su respectivo programador de *PICS*.

1.4.4 Interfase con la PC^[13]

Los requerimientos mínimos para la instalación de los programas son:

- Procesador 386, 486 o Pentium
- Windows 3.1/ 95/ 98, Windows NT 3.51/4.0, Windows 2000, Windows XP, MACOS 7.0, o Unix compatible OS.
- 16 MB de memoria RAM para sistema con Windows 95.
- 24 MB de RAM para Windows NT systems.
- 32 MB para sistemas con Windows 2000.
- 64 MB para Windows XP
- Navegador (3.0 HTML)
- Se recomienda por AMT:
 - Procesador Pentium
 - 32 MB de memoria RAM