

# ANEXOS



## Salas de Estimulación Multisensorial

El objetivo de este anexo es el de ampliar y completar la información sobre salas de estimulación multisensorial mostrada en el capítulo de introducción. La información plasmada en este anexo es una síntesis de varios artículos y páginas web, para más información consultar en [\[1, 7, 15, 16\]](#).

### A.1. Estimulación Multisensorial

La estimulación multisensorial es un instrumento utilizado con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las personas con discapacidad. Para ello se recurre a medios y estrategias que trabajan las capacidades más básicas del ser humano: las sensaciones, la percepción y la integración sensorial.

En un ambiente con estímulos controlados se trabajan las sensaciones, teniendo, el niño la libertad para explorar, descubrir y disfrutar de diversas experiencias sensoriales. La estimulación multisensorial se convierte en estimulación temprana cuando se realiza en los primeros años de vida, ambos métodos de estimulación tienen mucho en común, pero la estimulación multisensorial se distingue de la temprana por los objetivos terapéuticos que tiene.

Dentro del trabajo de estimulación multisensorial, los objetivos que se plantean son:

- Partiendo de las necesidades humanas más básicas, promover la interacción, el desarrollo y la comunicación.
- Favorecer la situación personal y social del niño con discapacidad mejorando y desarrollando las condiciones psíquicas y físicas.

- Desarrollar e iniciar estrategias de comunicación e insistir en las capacidades sensorio-perceptivas ajustadas a las posibilidades de cada niño.
- Optimizar su bienestar y calidad de vida

## A.2. Aula Multisensorial

Lo que podemos encontrar dentro de un aula de estimulación multisensorial es una sala con materiales determinados diseñados para que los usuarios estén expuestos a estímulos controlados para conseguir unos determinados objetivos, es decir, si queremos estimular el oído, utilizaremos más el material sonoro, que el visual. Todo esto para favorecer su nivel de integración sensorial facilitando así los aprendizajes básicos y abriendo puertas a relaciones más significativas.

Se trata de un espacio físico con unas características determinadas donde se pueden trabajar de una forma diferente los sentidos. Contiene recursos que, mediante la técnica, se facilita ver, sentir, tocar, entender, probar, crear e imaginar.

El espacio multisensorial conjuga la aproximación curativa y no directiva con la aportación de estimulaciones sensoriales dentro de un entorno específico utilizado para desencadenar una relación.

El objeto propuesto es dar curso libre a la experiencia sensorial, de buscar la satisfacción, el placer y el descanso, de respetar la motivación y el ritmo de la persona.

Son entornos seguros y motivantes que mejoran el bienestar físico y emocional y facilitan la experimentación, el disfrute lúdico, la relación, la comunicación y la integración.

## A.3. Áreas de estimulación multisensorial

Las principales áreas de trabajo de la estimulación multisensorial son:

- **Área cognitiva:** Con la estimulación de esta área se fomenta el pensamiento e interacción directa con los objetos y el mundo que lo rodea. Para poder llevarlo a cabo el niño necesita tener experiencias previas de las que partir, capacidad de razonar y de atención.
- **Área motriz:** En esta área se favorece la autonomía en el desplazamiento, movimiento y coordinación óculo-manual. Para que la estimulación sea eficaz es importante que sea el propio niño el que manipule y explore, sin olvidar los posibles riesgos que esto conlleva.

- **Área del lenguaje:** Con la estimulación del lenguaje se desarrolla una mejor comunicación, tanto oral como gestual, a nivel comprensivo y expresivo. La expresión es una capacidad más desarrollada por lo que se debe comunicar con los niños de forma constante relacionando la información oral con la visual.

Por otra parte dentro de cada área se pueden trabajar los siguientes aspectos:

- **Estimulación somática:** Es aquella percibida por todo el cuerpo, especialmente la piel y por la cual podemos diferenciar entre yo y el mundo.
- **Estimulación vibratoria: autopercepción:** El cuerpo está compuesto por diferentes cajas de resonancia. Éstas permiten la percepción interna del cuerpo mediante sus ondas vibratorias. La utilización de esta vibración para el conocimiento de nuestro propio cuerpo es lo que llamamos estimulación vibratoria.

Cuando hablamos de autopercepción nos referimos a conocer nuestros sentimientos, emociones, ideas. . . esto se lleva a cabo mediante un proceso de búsqueda interna, introspección.

- **Estimulación vestibular:** El órgano de percibir esta sensación está situado en el oído interno, éste se encarga de regular la postura y la orientación espacial.

La estimulación de esta área permite la asimilación de conceptos como ausencia-presencia y proximidad-distanciamiento. Otro de los objetivos a trabajar es la integración de cambios del cuerpo en relación al espacio.

- **Estimulación visual:** La sala de estimulación multisensorial se puede utilizar para trabajar la estimulación visual con actividades de fijación de la mirada, seguimiento visual o percepción visual.
- **Estimulación auditiva** Para estimular la audición trabajaremos el volumen, relación de sonidos con experiencias previas, estimulación del resto auditivo o el timbre de objetos de la vida diaria.
- **Estimulación táctil:** Esta sensación se percibe mediante los receptores somáticos. El sentido táctil es una de las vías de entrada de información, junto con el oído y la vista. En la sala de estimulación se puede trabajar la sensibilización y desensibilización táctil.

El nivel de integración del sistema táctil está estrechamente relacionado con el grado de madurez del sistema nervioso central, por lo tanto, la estimulación de éste último influirá en su desarrollo global.

- **Estimulación gustativa:** Esta área se estimula mediante la discriminación de sabores.
- **Estimulación olfativa:** El olfato es un sentido que estamos utilizando todo el tiempo de manera inconsciente. Se puede trabajar como evocador de recuerdos y como anticipación.

#### A.4. Materiales disponibles

En esta sección vamos a hacer un breve repaso a los elementos más típicos que se pueden encontrar en un aula de estimulación multisensorial. Describiendo el tipo de sala utilizada y el equipamiento seleccionado se habla de pasivo y activo, alguna vez separadamente, pero casi siempre de forma conjunta. El entorno pasivo necesita que el usuario se sumerja dentro de un ambiente de seguridad y calma, acariciado y estimulado por efectos sensoriales, sin olvidar la aportación de un educador o asistente sensible y comunicativo. En contraposición, el entorno interactivo supone la participación del usuario en el aprendizaje y le permite tomar consciencia que es un ser capaz de actuar sobre su entorno (relación causa efecto).

Para cada sala y cada usuario se puede adecuar el material disponible para las sesiones de terapia, dado que las necesidades serán diferentes, pero siempre se suele disponer de algunos de los siguientes elementos:

##### Columnas de burbujas

Gracias a su cambio de color, vibración y burbujas proporciona unos sorprendentes estímulos al usuario, tanto para la vista como para el tacto gracias al cambio de color de las burbujas y a la vibración que emite la pared de la columna.

Pueden ser de dos tipos, pasivas e interactivas: las columnas pasivas no responden a ninguna operación que efectúe el usuario, mientras las interactivas van dotada de botoneras y pulsadores para poder cambiar el color o la aparición de las burbujas.



Figura A.1: Columna de Burbujas



Figura A.2: Tormenta de Colores

### Tormenta de colores

La tormenta de colores es un elemento interactivo que responde a la voz o sonido, puede responder al sonido ambiente o al sonido o voz de su usuario gracias a sus dos micrófonos que incorpora. El sonido ambiente o externo va recogido por un pequeño micro en la parte superior del panel y la voz de su usuario se puede recoger a través de un micrófono de mano para que la tormenta sea 100 % interactiva. Responde a la voz o sonido, dependiendo de la tonalidad se activarán unos colores u otros formando un efecto parecido a una tormenta de colores suavizando el cambio de color.

### Luces y proyectores

Son las principales herramientas para crear ambientes en la sala. Gracias a las luces de colores y las proyecciones se puede inducir al paciente un estado de tranquilidad, vitalidad,



Figura A.3: Sala Equipada con Proyector y Fibras Ópticas

calidez... Además de las luces creadas por los focos se suelen utilizar fibras ópticas de diferentes colores que permiten ser manipuladas y así estimular a la vez el sentido del tacto.

### Elementos pasivos

Además de todos los elementos que permiten estimular al paciente mediante efectos de luz, sonido, vibración... suelen utilizarse en las salas una serie de elementos pasivos que permiten al terapeuta interactuar con el usuario de la sala.

Entre estos elementos cabe señalar las cuñas, las piscinas de bolas o los colchones de agua como herramientas útiles para las sesiones con niños.





Figura A.4: Elementos Pasivos en una Sala de Estimulación Multisensorial



## Tecnología RFID

Este anexo pretende introducir brevemente conceptos básicos de la tecnología RFID. La información que se expondrá a continuación ha sido extraída de la Guía sobre seguridad y Privacidad de la Tecnología RFID [8], publicada por el Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación.

### B.1. ¿Qué es la Tecnología RFID?

La identificación por radio frecuencia o RFID (Radio Frequency IDentification) es una tecnología que permite identificar automáticamente un objeto gracias a una onda emisora incorporada en el mismo que transmite por radiofrecuencia los datos identificativos del objeto, siendo esta identificación normalmente unívoca.

Probablemente su origen se remonta a los años 20 aunque parece que ya se empieza a utilizar durante la Segunda Guerra Mundial, donde comenzó su uso para que los aviones se identificasen como «amigos» ante sus propios efectivos. Con el tiempo, esta idea se traslada a sistemas más reducidos sirviendo para el seguimiento de personal y equipamiento militar hasta que dos empresas norteamericanas comienzan su comercialización civil a finales de los años 70.

En el momento actual, bajo las siglas RFID se agrupan tecnologías que sirven para identificar objetos mediante ondas de radio.

La tecnología RFID hace posible la auto-identificación de un objeto que contiene una emisora de radio. En el estado actual de desarrollo, el abaratamiento de los costes y la reducción en su tamaño permite que estas emisoras sean lo suficientemente pequeñas como para tener la forma

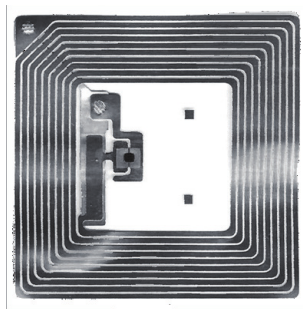


Figura B.1: Etiqueta RFID

de etiquetas adhesivas, pudiéndose incorporar casi a cualquier objeto.

Gracias a estas microemisoras o transpondedores (en adelante, tags o etiquetas) el producto puede ser localizado a una distancia variable, desde pocos centímetros, hasta varios kilómetros. La distancia de recepción, fiabilidad y velocidad de la transmisión y la capacidad de información emitida, depende de varias características de los tags como pueden ser la frecuencia de la emisión, la antena o el tipo de chip que se use para cada aplicación específica. Estas características se verán a lo largo de este anexo.

## B.2. ¿Cómo Funciona?

El funcionamiento de esta tecnología se basa en la señal de radio que genera la etiqueta RFID, en la que previamente se han grabado los datos identificativos del objeto al que está adherida. Un lector físico se encarga de recibir esta señal, transformarla en datos y transmitir dicha información a la aplicación informática específica que gestiona RFID (denominada middleware).

### Componentes de un sistema RFID

Los componentes que participan en la tecnología RFID son cuatro: las etiquetas, los lectores, el software que procesa la información y los programadores:

- **Etiqueta RFID:** permite almacenar y enviar información a un lector a través de ondas de radio. Coloquialmente suelen denominarse tags, que es el término en inglés, aunque también son conocidas como transpondedores (esta denominación proviene de la fusión de las palabras transmitter (transmisor) y responder (contestador)).

La etiqueta RFID está compuesta por una antena, un transductor radio y un microchip

(no presente en las versiones de menor tamaño). La antena es la encargada de transmitir la información que identifica a la etiqueta.

El transductor es el que convierte la información que transmite la antena y el chip posee una memoria interna para almacenar el número de identificación y en algunos casos datos adicionales. La capacidad de esta memoria depende del modelo. En el caso de tags sin chip, la información que se puede almacenar es bastante limitada (hasta 24 bits).

Las etiquetas actualmente tienen precios muy bajos (apenas unos céntimos de euro) y dimensiones de hasta 0,4 mm<sup>2</sup>, por lo que están preparadas para su integración en todo tipo de objetos.

- **Lector de RFID:** se encarga de recibir la información emitida por las etiquetas y transferirla al middleware o subsistema de procesamiento de datos. Las partes del lector son: antena, transceptor y decodificador.

Algunos lectores incorporan un módulo programador que les permite escribir información en las etiquetas, si éstas permiten la escritura.

- **Subsistema de procesamiento de datos o middleware:** es un software que reside en un servidor y que sirve de intermediario entre el lector y las aplicaciones empresariales. Se encarga de filtrar los datos que recibe del lector o red de lectores, de forma que a las aplicaciones software sólo les llega información útil. Algunos programas se encargan de la gestión de la red de lectores.

- **Programadores RFID:** Los programadores RFID son los dispositivos que realizan la escritura de información sobre la etiqueta RFID, es decir, codifican la información en un microchip situado dentro de una etiqueta RFID. La programación de las etiquetas se realiza una única vez si las etiquetas son de sólo lectura, o varias veces si son de lectura/escritura.

La potencia que necesita el programador para escribir la información en las etiquetas es mayor que la que necesita el lector, es decir, el radio de acción de un equipo grabador es menor que el radio de acción del lector. Por esta razón en la mayoría de las ocasiones, el programador necesita contacto directo con las etiquetas.

En la Figura B.2 se puede observar de manera sencilla de qué manera se estructura el esquema general de funcionamiento de un sistema RFID: las etiquetas o tags envían información

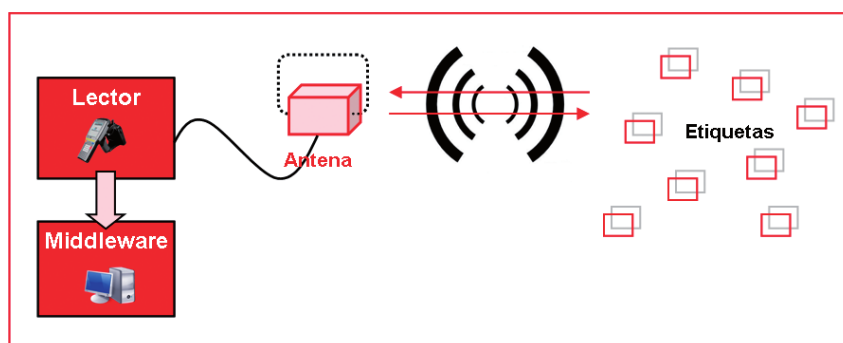


Figura B.2: Esquema general de funcionamiento de la tecnología RFID

al lector mediante una antena y éste la transmite al subsistema de procesamiento de datos o middleware para que se encargue de filtrar los datos. De este modo, a las aplicaciones software sólo les llega información válida.

## Tipos de etiquetas

Hay una enorme variedad de etiquetas RFID, existen diferentes tipos dependiendo de la fuente de energía que utilicen, la forma física que posean, el mecanismo que utilicen para almacenar datos, la cantidad de datos que pueden almacenar, la frecuencia de funcionamiento o de la comunicación que utilizan para transmitir la información al lector. Gracias a esto, es posible elegir la etiqueta más adecuada para cada aplicación específica.

A grandes rasgos se pueden clasificar las etiquetas RFID siguiendo dos criterios:

- Según la fuente de energía que utilicen

1. **Etiquetas RFID pasivas:** No necesitan una fuente de alimentación interna, son circuitos resonantes, ya que toda la energía que requieren se la suministra el campo electromagnético creado por el lector, que se encarga de activar el circuito integrado y alimentar el chip para que éste transmita una respuesta. En este tipo de etiquetas, la antena debe estar diseñada para que pueda obtener la energía necesaria para funcionar. El alcance de estas etiquetas varía dependiendo de muchos factores, como la frecuencia de funcionamiento, o la antena que posean. Alcanzan distancias entre unos pocos milímetros y 6-7 metros.

Al no tener una batería interna, son las etiquetas de menor tamaño (ver Figura B.3), y a menudo se insertan en pegatinas.

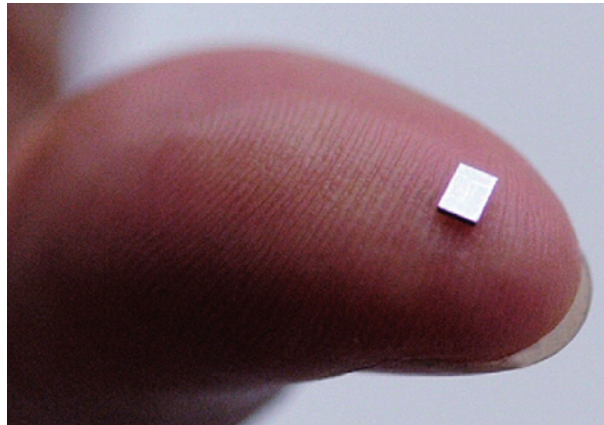


Figura B.3: Etiqueta Pasiva



Figura B.4: Otro Ejemplo de Etiqueta Pasiva

Las etiquetas RFID pasivas son las etiquetas más económicas del mercado.

2. **Etiquetas RFID activas:** Poseen una batería interna, con la que alimentan sus circuitos y transmiten la respuesta al lector. Su cobertura de difusión es mayor gracias a que poseen una batería propia, y su capacidad de almacenamiento también es superior.

Al transmitir señales más potentes, su alcance es mejor y puede llegar a ser válido para su uso en entornos hostiles como puede ser sumergido en agua o en zonas con mucha presencia de metales. Estas etiquetas son mucho más fiables y seguras.

Estas etiquetas también son las más caras del mercado y las de mayor tamaño. El posible rango de cobertura efectivo de éstas puede llegar a ser varios cientos de metros (dependiendo de sus características), y la vida útil de sus baterías puede ser de hasta 10 años.

3. **Etiquetas RFID semi-pasivas:** Este tipo de etiquetas posee una mezcla de características de los dos tipos anteriores. Por una lado, activa el chip utilizando una batería (como las etiquetas RFID activas) pero por otro, la energía que necesita para

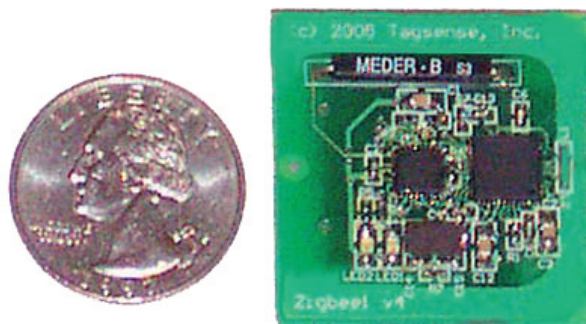


Figura B.5: Etiqueta Activa

comunicarse con el lector, se la envía el propio lector en sus ondas de radio que al ser captadas por la antena de la etiqueta, aportan suficiente energía para la emisión de la información (como las etiquetas RFID pasivas).

Son más grandes y más caras que las etiquetas pasivas (ya que disponen de una batería) y más baratas y pequeñas que las activas. Sus capacidades de comunicación son mejores que las pasivas aunque no alcanzan a las activas en estas características

- Según la frecuencia a la que trabajen

Dependiendo de la frecuencia de operación, las etiquetas se pueden clasificar en baja, alta, ultra alta frecuencia y microondas. La frecuencia de operación determina aspectos de la etiqueta como la capacidad de transmisión de datos, la velocidad y tiempo de lectura de éstos, el radio de cobertura y el coste de la etiqueta.

Frecuencia	Denominación	Rango
125 kHz - 134 kHz	LF (Baja Frecuencia)	Hasta 45 cm.
13,553 MHz - 13,567 MHz	HF (Alta Frecuencia)	De 1 a 3 m.
400 MHz - 1000 MHz	UHF (Ultra Alta Frecuencia)	De 3 a 10 m.
2,45 GHz - 5,4 GHz	Microondas	Más de 10 m.

Tabla B.1: Bandas de frecuencia utilizadas en la tecnología RFID

Las etiquetas pasivas habitualmente utilizan la banda de baja frecuencia. Tanto las etiquetas de baja como de alta frecuencia funcionan mediante acoplamiento inductivo, es decir, utilizan el campo magnético generado por la antena del lector como principio de propagación. La banda



UHF como la de microondas se utilizan tanto en las etiquetas activas como pasivas.

### **B.3. Beneficios de la tecnología RFID**

La tecnología RFID se ha dirigido principalmente al sector logístico (almacenamiento, distribución, etc.) y al sector de la defensa y seguridad, no obstante los beneficios que proporciona se extienden a otros campos relacionados con la identificación de procesos:

- Permite un gran volumen de almacenamiento de datos mediante un mecanismo de reducidas proporciones.
- Automatiza los procesos para mantener la trazabilidad y permite incluir una mayor cantidad de información a la etiqueta, reduciendo así los errores humanos.
- Facilita la ocultación y colocación de las etiquetas en los productos (en el caso de las etiquetas pasivas) para evitar su visibilidad en caso de intento de robo.
- Permite almacenar datos sin tener contacto directo con las etiquetas.
- Asegura el funcionamiento en el caso de sufrir condiciones adversas (suciedad, humedad, temperaturas elevadas, etc.).
- Reduce los costes operativos ya que las operaciones de escaneo no son necesarias para identificar los productos que dispongan de esta tecnología.
- Identifica unívocamente los productos.
- Posibilita la actualización sencilla de la información almacenada en la etiqueta en el caso de que ésta sea de lectura/escritura.
- Mayor facilidad de retirada de un determinado producto del mercado en caso de que se manifieste un peligro para la seguridad.
- Posibilita la reescritura para así añadir y eliminar información las veces deseadas en el caso de que la etiqueta sea de lectura/escritura (a diferencia del código de barras que sólo se puede escribir una vez).



# Protocolo Zigbee

ZigBee es un estándar de comunicaciones inalámbricas diseñado por la ZigBee Alliance. Es un conjunto estandarizado de soluciones que pueden ser implementadas por cualquier fabricante.

ZigBee está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN) y tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

ZigBee es un sistema ideal para redes domóticas, específicamente diseñado para reemplazar la proliferación de sensores/actuadores individuales. La razón de ello son diversas características que lo diferencian de otras tecnologías:

- Su bajo consumo.
- Su topología de red en malla.
- Su fácil integración (se pueden fabricar nodos con muy poca electrónica).

## C.1. Estándar IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio [Fig. C.1] de redes inalámbricas de área personal con bajas tasas de transmisión de datos (low-rate wireless personal area network, LR-WPAN).

El control de acceso al canal lo realiza mediante CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access, Collision Avoidance) y opcionalmente GTS (guaranteed time slot). La primera técnica consiste

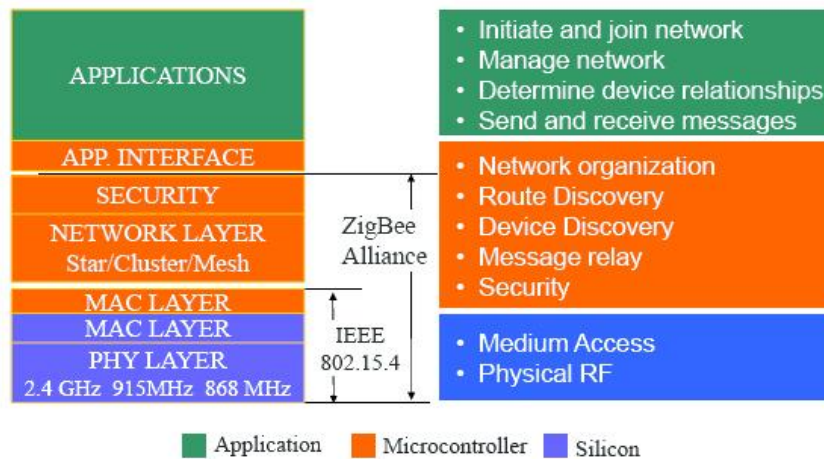


Figura C.1: Diagrama de la estructura funcional de Zigbee sobre IEE 802.15.4

en que cada nodo, antes de transmitir, escucha el canal. Si la potencia que detecta está por encima de un cierto nivel, asume que otro nodo está transmitiendo y por lo tanto espera para realizar su emisión. La segunda técnica implementa un sistema por el cual el coordinador asigna unos slots de tiempo a cada nodo en los que tienen asegurado el acceso limpio al canal.

Utiliza asimismo la confirmación explícita de mensajes recibidos por cada nodo, ACK (message acknowledgement), dado que al estar pensado para bajas tasas de transmisión no hay problema de sobrecarga del medio con dichos ACKs. Hay tres bandas ISM en las cuales puede trabajar:

- 2,4 GHz: 16 canales, 250 kbps. (a nivel mundial)
- 868,3 MHz: 1 canal, 20 kbps. (banda libre en Europa)
- 902 - 928 MHz: 10 canales, 40 kbps. (banda libre en EEUU)

## C.2. Tipos de dispositivos

Se definen tres tipos distintos de dispositivo ZigBee según su papel en la red:

- **Coordinador ZigBee (ZigBee Coordinator, ZC):** El tipo de dispositivo más completo. Debe existir uno y sólo uno por red. Sus funciones son las de encargarse de controlar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos. Requiere memoria y capacidad de computación.

- **Router ZigBee (ZigBee Router, ZR):** Interconecta dispositivos separados en la topología de la red, además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario. No puede estar dormido.
- **Dispositivo final (ZigBee End Device, ZED):** Posee la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo padre (el coordinador o un router), pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos. De esta forma, este tipo de nodo puede estar dormido la mayor parte del tiempo, aumentando la vida media de sus baterías. Un ZED tiene requerimientos mínimos de memoria y es por tanto significativamente más barato.

Basándose en su funcionalidad desde el punto de vista de IEEE 802.15.4, puede plantearse una segunda clasificación:

- **Dispositivo de funcionalidad completa (FFD):** También conocido como nodo activo. Es capaz de recibir mensajes en formato 802.15.4. Gracias a la memoria adicional y a la capacidad de computar, puede funcionar como Coordinador o Router ZigBee, o puede ser usado en dispositivos de red que actúen de interfaces con los usuarios.
- **Dispositivo de funcionalidad reducida (RFD):** También conocido como nodo pasivo. Tiene capacidad y funcionalidad limitadas con el objetivo de conseguir un bajo coste y una gran simplicidad. Básicamente, son los sensores/actuadores de la red (ZED)

Un nodo ZigBee (tanto activo como pasivo) reduce su consumo gracias a que puede permanecer dormido la mayor parte del tiempo (incluso muchos días seguidos). Cuando se requiere su uso, el nodo ZigBee es capaz de despertar en un tiempo ínfimo, para volverse a dormir cuando deje de ser requerido. Un nodo cualquiera despierta en aproximadamente 15 ms

### C.3. Topologías y funcionamiento de la red

ZigBee permite tres topologías de red [Fig.C.2]:

- **Topología en estrella (star):** uno de los dispositivos tipo FFD asume el rol de coordinador de red y es responsable de inicializar y mantener los dispositivos en la red. Todos los demás dispositivos ZigBee, conocidos con el nombre de dispositivos finales, hablan directamente con el coordinador.

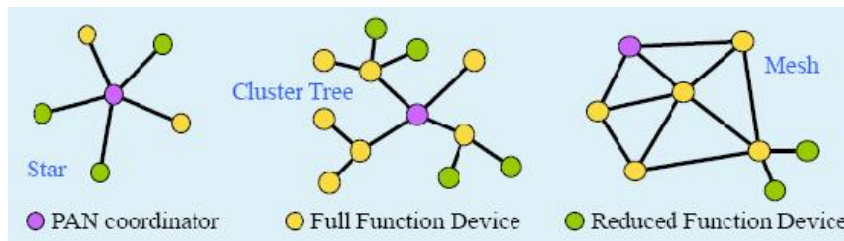


Figura C.2: - Esquema de las distintas topologías posibles con ZigBee

- **Topología en árbol (cluster tree):** es un caso especial de topología de conexión punto a punto, en la cual muchos dispositivos son FFDs y los RFD pueden conectarse como un nodo único al final de la red. Cualquiera de los FFDs restantes pueden actuar como coordinadores y proveer servicios de sincronización hacia otros dispositivos o coordinadores.
- **Topología de malla (mesh):** el coordinador ZigBee es responsable de inicializar la red y de elegir los parámetros de la red, pero la red puede ser ampliada a través del uso de routers ZigBee. El algoritmo de encaminamiento utiliza un protocolo de pregunta-respuesta (request-response) para eliminar las rutas que no sean óptimas. La red final puede tener hasta 254 nodos. Utilizando el direccionamiento local, se puede configurar una red de más de 65000 nodos.

La topología más interesante (y una de las causas que hacen de ZigBee una opción interesante frente a las alternativas inalámbricas, es la topología de malla. Ésta permite que si, en un momento dado, un nodo del camino falla y se cae, pueda seguir la comunicación entre todos los demás nodos debido a que se rehacen todos los caminos. La gestión de los caminos es tarea del coordinador.

## C.4. Comunicaciones

Para poder intercambiar mensajes entre los nodos necesitamos, de alguna manera, identificar cada dispositivo dentro de la red. La capa MAC nos ofrece un identificador único de 64 bits o EUI64 (Extended Unique Identifier), que se asigna al chip durante su fabricación, y la capa de red otro de 16 bits o NodeID (Node Identifier), quedando la dirección 0x0000 reservada para el coordinador. El coordinador es el responsable de asignar las direcciones del nivel de red según el número máximo de hijos por nodo. Los hijos reciben las direcciones siguientes a la de su padre

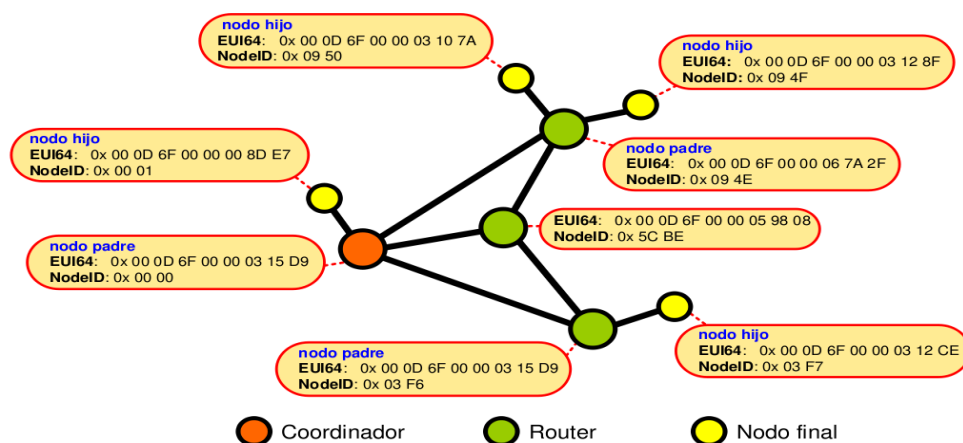


Figura C.3: Reparto de direcciones en una red de cinco hijos por nodo.

(Figura C.3). Con estos identificadores y gracias a las técnicas de encaminamiento o enrutado utilizadas por los routers, cualquier nodo de la red puede comunicarse con cualquier otro nodo.

Los routers reenvían aquellos mensajes que no van dirigidos a ellos. Deben conservar tablas con las rutas descubiertas y deben iniciar o participar en el descubrimiento de nuevas o mejores rutas. También han de ser capaces de detectar y corregir errores. Las tablas contienen información sobre el coste de cada ruta. El coste determina cuál es la mejor en un momento dado. La función que elige el coste de una ruta suele basarse en la latencia del recorrido de los mensajes y en el nivel de potencia detectado en la recepción de los mismos.

Si un mensaje llega a un dispositivo FFD que no es un router, comprueba la dirección de destino, y sólo lo reenvía si va dirigido a alguno de sus hijos. Si es para él, lo pasa a la capa superior. En otro caso se descarta. El nodo padre guarda, durante un tiempo, los mensajes dirigidos a sus hijos *sleepy* o *móviles* mientras duermen, ya que en ese momento no pueden enviar ni recibir mensajes. Antes de que expire el tiempo el hijo debe despertarse y solicitar el envío de los mensajes pendientes, si los hubiese. En caso contrario, el padre descarta dichos mensajes. Los nodos padre registran la información relativa a sus hijos en su tabla de hijos o *children table*. Periódicamente el hijo debe enviar un mensaje a su padre para indicar que continúa conectado a él. De no hacerlo, el padre entiende que su hijo ha dejado la red o que le ha abandonado y, en consecuencia, lo borra de su tabla de hijos.

## C.5. Mensajes de datos

Se distinguen cuatro tipos de mensajes para el envío de datos. La principal diferencia entre ellos está en la capa que los genera.

La subcapa de soporte de aplicación (APS) utiliza la dirección local de 16 bits para enviar mensajes a un nodo (mensajes unicast) o a un grupo dentro de un radio de alcance determinado (mensajes broadcast). A su vez, la capa de red permite enviar también mensajes a un único nodo (mensajes datagrama) o a varios nodos (mensajes multicast) que comparten el mismo identificador de grupo utilizando para ambos casos direcciones de 64 bits. Cada nodo guarda la dirección de los nodos con los que se comunica en su tabla de bindings o binding table. La tabla de bindings guarda la dirección EUI64 de un nodo (unicast binding) o un identificador de grupo (multicast binding).

Los nodos finales no pueden recibir ni enviar mensajes broadcast ni multicast. Los mensajes datagrama son los únicos mensajes que reciben confirmación (ACK, Acknowledgement) de haber sido recibidos correctamente en destino.

## C.6. Seguridad

Zigbee permite establecer una clave de seguridad de 128 bits para controlar qué nodos se unen a la red y para encriptar todas las comunicaciones. Un nodo podrá unirse a la red y entender los mensajes sólo si conoce la clave de seguridad.

Utiliza el estándar de encriptación AES-128 (Advanced Encryption Standard). AES es un método criptográfico simétrico, es decir, que usa la misma clave para cifrar y descifrar mensajes. Remitente y destinatario deben conocer la clave para poder comunicarse.

## C.7. Perfiles

Ya que ZigBee está pensado para la comunicación entre diversos dispositivos, posiblemente de fabricantes diferentes, es necesario un mecanismo para hacer compatibles los mensajes, comandos, etc. que pueden enviarse unos a otros. Para ello existen los perfiles de ZigBee.

Los perfiles son la clave para la comunicación entre dispositivos ZigBee. Definen los métodos de comunicación, el tipo de mensajes a utilizar, los comandos disponibles y las respuestas... que permiten a dispositivos separados comunicarse para crear una aplicación distribuida. Un perfil



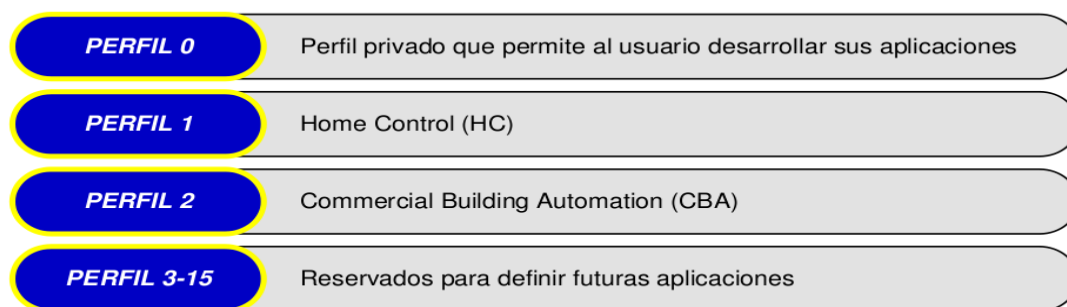


Figura C.4: Perfiles ZigBee

es un conjunto de reglas que confieren funcionalidad e interoperabilidad en el nivel de aplicación y red. Casi todo tipo de operaciones han de estar definidas en un perfil. Por ejemplo, las tareas típicas de unirse a una red o descubrir dispositivos y servicios están soportadas por el «perfil de dispositivos» ZigBee. Pueden ser públicos o privados. Los perfiles públicos son creados por la ZigBee Alliance para favorecer la interoperabilidad, mientras que los privados, para uso en sistemas que requieren aplicaciones más concretas, los diseñan las empresas o el propio cliente. Cada perfil debe tener un identificador y, obviamente, este ha de ser único. Por ello, la ZigBee Alliance se reserva el derecho de asignar identificadores a los diversos perfiles. Si es necesaria la creación de un nuevo perfil, ha de hacerse la petición a la ZigBee Alliance. Para garantizar la comunicación entre nodos, es obligatorio que utilicen los mismos perfiles. En Figura C.4 se muestran los perfiles existentes.

## C.8. Campos de aplicación

ZigBee está especialmente indicado para aplicaciones donde el consumo energético y los costes de implementación son críticos. Por eso, es idóneo para sistemas con sensores, actuadores u otros dispositivos pequeños de medida o control que no requieran un gran ancho de banda, pero sí un mínimo consumo energético y una baja latencia. Los principales campos de aplicación se indican en Figura C.5

A modo de resumen se presenta la siguiente tabla Tabla [C.1] con una comparativa de las características significativas de las tecnologías inalámbricas más utilizadas, donde se observan las ventajas y desventajas de ZigBee frente a las demás que hemos comentado anteriormente.

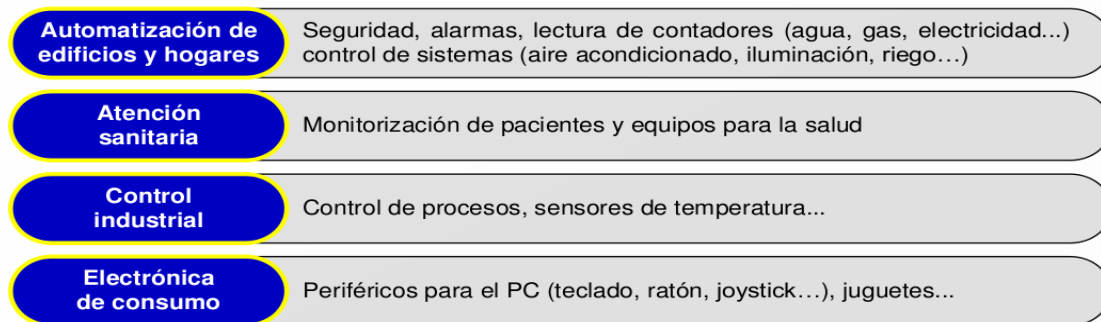


Figura C.5: Perfiles ZigBee

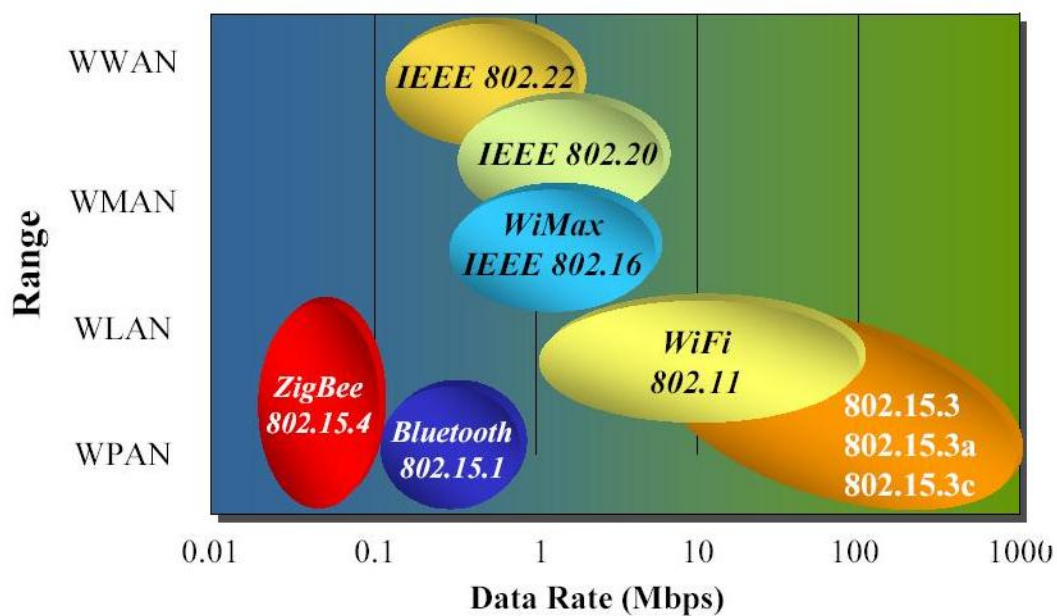


Figura C.6: Comparativa de diferentes estándares inalámbricos en función de su ancho de banda

	Wi-fi	Bluetooth	ZigBee
Bandas frecuenciales	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz, 868 / 915 MHz
Tasa de transferencia	11Mbps	1Mbps	250kbps (2.4GHz) 40kbps (915MHz) 20kbps (868MHz)
Números de canales	11 - 14	79	16 (2.4GHz) 10 (915MHz) 1 (868MHz)
Rango de transmisión	100m	10m - 100m	10m - 100m
Números de dispositivos	32	8	255/65535
Consumo	Alto Horas de Batería	Medio Días de Batería	Muy Bajo Años de Batería
Introducción al mercado	Alta	Media	Baja
Arquitecturas	Estrella	Estrella	Estrella, árbol y malla
Precio	Alto	Medio	Bajo
Complejidad	Alta	Media-Alta	Baja
Aplicaciones típicas	Aplicaciones con altas tasas de transmisión (internet, vídeo)	Transmisiones a distancias cortas (teléfonos móviles)	Aplicaciones con bajas tasas de transmisión (monitorización, control)

Tabla C.1: Comparativa entre las distintas tecnologías inalámbricas



# ANEXO D

## Esquemático y PCB

Las Figuras [D.1] y [D.2] muestran el esquemático y la PCB del dispositivo <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>La PCB no está a tamaño real, se ha aumentado el tamaño para facilitar la visualización

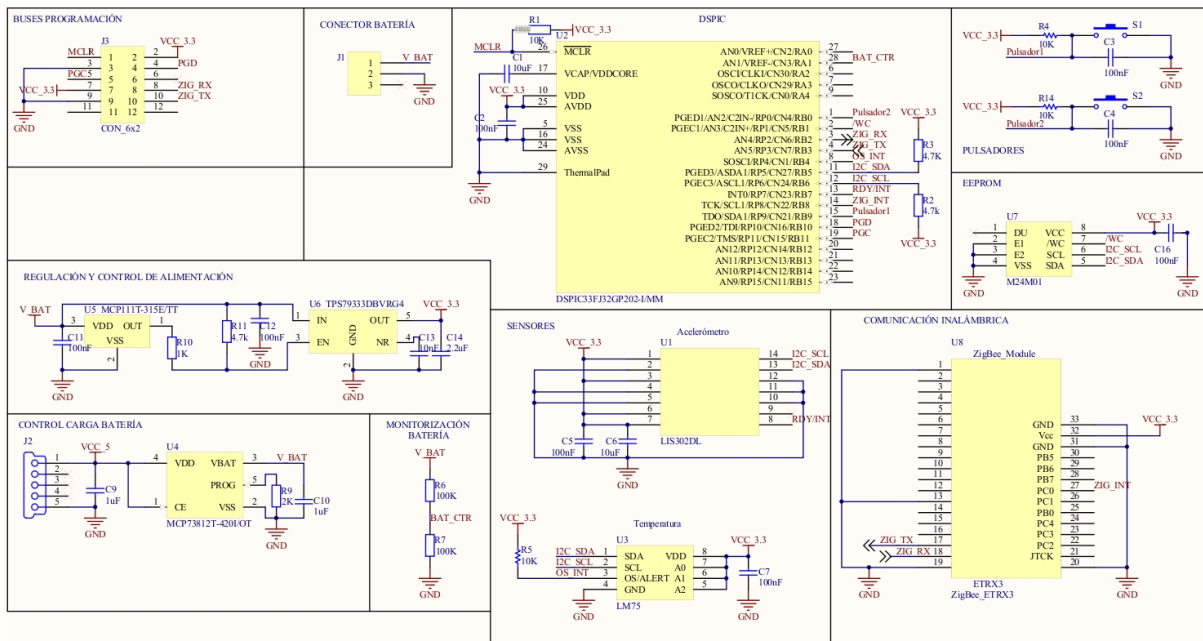
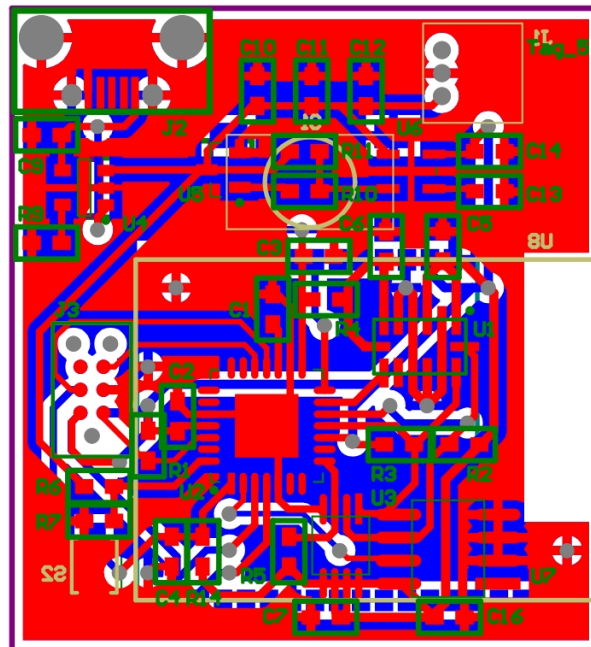


Figura D.1: Esquemático del dispositivo



# Bibliografía

- [1] <http://www.isna.de/index2e.html>. International Snoezelen Association.
- [2] *SkyeTek Protocol v2.0 Reference Guide*.
- [3] *Telegesis AT-Command Dictionary*.
- [4] G. B. R. B. A. A. B. J.-B. Alvaro Marco, Roberto Casas. Common osgi interface for ambient assisted living scenarios. In *Behaviour Monitoring and Interpretation: Smart Environments*.
- [5] T. M. Bekker and B. H. Eggen. Designing for children's physical play. In *CHI '08 extended abstracts on Human factors in computing systems*, CHI '08, pages 2871–2876, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [6] W. Burleson, C. N. Jensen, T. Raaschou, and S. Frohold. Sprock-it: a physically interactive play system. In *Proceedings of the 6th international conference on Interaction design and children*, IDC '07, pages 125–128, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [7] C. P. F. H. Chung JC, Lai CK. Snoezelen for dementia.
- [8] I. N. de Tecnologías de la Comunicación. Guía sobre seguridad y privacidad de la tecnología rfid. Technical report, Agencia Española de Protección de Datos, 2010.
- [9] A. Feldman, E. M. Tapia, S. Sadi, P. Maes, and C. Schmandt. Reachmedia: On-the-move interaction with everyday objects. In *Proceedings of the Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pages 52–59, Washington, DC, USA, 2005. IEEE Computer Society.

- [10] K. P. Fishkin, M. Philipose, and A. Rea. Hands-on rfid: Wireless wearables for detecting use of objects. In *In ISWC 2005*, pages 38–43, 2005.
- [11] Headon, Coulouris, R. Headon, and G. Coulouris. Supporting gestural input for users on the move. In *Proc IEE Eurowearable '03*, pages 107–112, 2003.
- [12] M. Konkel, V. Leung, B. Ullmer, and C. Hu. Tagaboo: a collaborative children's game based upon wearable rfid technology. *Personal and Ubiquitous Computing*, 8:382–384, 2004. 10.1007/s00779-004-0302-y.
- [13] Y. E. Medynskiy, S. Gov, A. Mazalek, and D. Minnen. Wearable rfid for play.
- [14] A. Schmidt, H.-W. Gellersen, and C. Merz. Enabling implicit human computer interaction - a wearable rfid-tag reader. In *Reader. Fourth International Symposium on Wearable Computers (ISWC'00)(Atlanta, GA*, pages 193–194, 2000.
- [15] X. A. Valsells. Sistemas de estimulación multisensorial o snoezelen. Optical Illusions.
- [16] Wikipedia. <http://es.wikipedia.org/wiki/estimulaci>
- [17] S. Willis and S. Helal. A passive rfid information grid for location and proximity sensing for the blind user. Technical report, University of Florida, 2009.