

# CAPÍTULO 1

## Problema y contexto.

La llegada de un bebé a la familia o el ingreso de algún familiar a una institución médica, son causas de alegría en el primer caso y de preocupación en el segundo. El sistema que se presenta en este trabajo tiene el propósito de ofrecer tranquilidad al paciente y sus familiares y ser una herramienta para los médicos y las enfermeras, ya que le brinda una gran sensación de confianza a los primeros y representa una manera de simplificar el trabajo de los segundos.

### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El campo de la medicina tiene múltiples áreas de desarrollo. En específico con los hospitales, la posibilidad de mejorar los sistemas o de dar un valor agregado a los servicios que prestan estas instituciones son realidades indiscutibles. En nuestro caso se presentarán la localización de pacientes y la administración de datos clínicos de los mismos como una innovación útil y necesaria.

El planteamiento de la localización de pacientes en estos edificios se hace en términos de la confianza que podemos brindar al ofrecer mayor seguridad a los pacientes y a su familia. El ejemplo más claro que se puede presentar en este sentido es el robo de un bebé en un hospital. Es enfocándonos en esta cuestión de los robos que nuestro sistema provee una ventaja significativa contra otro tipo de elementos de seguridad que se usan de manera regular pero que han dejado de ser funcionales.

En la actualidad los sistemas de seguridad de los hospitales consisten en sistemas elementales que no proporcionan los máximos niveles posibles de alerta y control. Los elementos que conforman a estos sistemas son los brazaletes de plástico y papel que se le colocan a los bebés, los guardias de seguridad que vemos en diferentes puntos de las instalaciones, las enfermeras que llevan un registro de los visitantes que ingresan al área de cuneros y cámaras de circuito cerrado de televisión.

Otro tipo de sistemas que van más allá de los proporcionados por los hospitales es por ejemplo un sistema de cartillas propuesto por el gobierno del DF que contenga datos únicos de cada bebé para poder identificarlos<sup>1</sup>, sin embargo, este elemento funciona en casos que se presentan fuera de los hospitales por lo que no profundizaremos en ello ya que sale de nuestro caso de estudio.

Según los números que presentan diferentes asociaciones civiles que trabajan para evitar el robo y dar apoyo a la gente que ha sido víctima de estos delitos, los datos oficiales que se manejan al respecto parecerían no estar tan apegados a la realidad. Datos de la PGR en el período que comprende los años 2005 a 2006 reportan que cerca de 32 mil niños fueron robados o están extraviados.

---

<sup>1</sup> Periódico EL UNIVERSAL, 20 de Abril de 2005

# Capítulo 1.

## Problema y contexto.

---

Según datos proporcionados por la *Procuraduría General de Justicia del DF*, se tenían registradas 63 denuncias en el primer semestre de 2002 y sólo tres de esos casos se consideraban como robos.

Esta información no concuerda con los datos que proporciona la fundación *Padres y Madres de Niños Perdidos*, ellos contabilizan 500 mil menores en los últimos cinco años. Afortunadamente, de estos, 100 mil han sido encontrados<sup>2</sup>. Sin embargo, todos estos datos engloban casos de diferentes edades, lo que no nos proporciona un dato fiel en cuanto a nuestro campo de acción, pero de cualquier manera se debe resaltar la cantidad de casos que se presentan.

Vemos datos muy importantes en asociaciones dedicadas a la recuperación y prevención de robo de los niños como la *Asociación de Robo de Infantes*, quien a través de la página [www.saludymedicinas.com](http://www.saludymedicinas.com) dice que anualmente se registran en México aproximadamente dos desapariciones de recién nacidos en hospitales públicos<sup>3</sup>. Este es un número pequeño pero que no tendría por qué presentarse de ninguna manera, es un delito que puede ser completamente erradicado con las medidas de seguridad adecuadas.

A la fecha, hemos escuchado en diferentes espacios noticiosos de casos de robos de infantes con cierta regularidad, lo que nos obliga a tomar medidas al respecto para evitar estas situaciones.

En el caso de los hospitales, que son los edificios que nos competen en este trabajo, sacar a un bebé puede ser tan sencillo como que una mujer se vista de enfermera, llegue a la habitación de la madre, le diga que se llevará al bebé por unos minutos para hacerle algunos exámenes y sacarlo de la instalación para que los padres nunca vuelvan a saber de él<sup>4</sup>.

En realidad, en nuestro país no existen estadísticas tan claras como en otros tales como Puerto Rico, Estados Unidos o Argentina, donde la documentación de estos eventos permite tener una idea de la cantidad de casos que se presentan. Sin embargo, podemos darnos una idea de cómo se presenta este fenómeno en nuestro país a través de los medios impresos como por ejemplo: “Hurtan a bebé en Tabasco”<sup>5</sup>, “Roban a recién nacido del hospital de La Villa”<sup>6</sup>, “Jalisco, primer lugar en robo de niños”<sup>7</sup>; o datos generales: “Reportan 30 robos de niños cada año”<sup>8</sup>; “Se roba a bebé”<sup>9</sup> y aunque las autoridades hagan su trabajo: “Capturan a

---

<sup>2</sup> Periódico “La jornada”, 16 de Octubre de 2007

<sup>3</sup> [www.saludymedicinas.com.mx/nota.asp?id=1875](http://www.saludymedicinas.com.mx/nota.asp?id=1875)

<sup>4</sup> Periódico “El Nuevo Diario”, 16 de Mayo de 2004

<sup>5</sup> Periódico “Reforma”, 30 de Marzo de 2005, sección Estados

<sup>6</sup> Noticieros Televisa

<sup>7</sup> Periódico “La Jornada”, 16 de Diciembre de 2005

<sup>8</sup> Periódico “El Universal”, 05 de Mayo de 2004

<sup>9</sup> Periódico “El Mañana”, 16 de Octubre de 2009

# Capítulo 1.

## Problema y contexto.

---

presuntos robachicos en el IMSS”<sup>10</sup>; “Hallan a bebé plagiada en hospital de Monterrey”<sup>11</sup> es evidente que estos esfuerzos no son suficientes.

Otro elemento que debe considerarse es el descuido o desatención por parte de la familia; quizá una madre sale un momento de la habitación, o tenga que ir al baño o simplemente se quede dormida y esos minutos son suficientes para que una persona sin escrúpulos entre a la habitación y se lleve al bebé.

Es claro entonces que las medidas de seguridad que se pueden tomar con elementos humanos no son 100% confiables y aunque la tecnología nos proporciona grandes ventajas y comodidades, lo más conveniente es tener un sistema integral que obligue la correlación de un sistema tecnológico con uno humano para la protección de la vida.

Al cometerse este delito no sabemos en qué situación quedarán los pequeños, puede tratarse de un secuestro, venta para adopción por una pareja en el extranjero, comerciar con sus órganos o eventualmente terminar en “negocios” como pueden ser la prostitución o trabajos forzados; estos últimos principalmente para los niños que tienen más de 12 o 13 años.

Como ya se señaló anteriormente, en la actualidad se cuenta con sistemas elementales para la protección de los bebés: enfermeras, guardias de seguridad y sistemas de circuito cerrado de televisión. Estos sistemas son vulnerables; las enfermeras pueden distraerse, los guardias pueden ser sorprendidos o sobornados, las grabaciones de los sistemas de circuito cerrado pueden ser alteradas o extraídas; en fin, para un tema tan delicado como lo es la vida de un ser que acaba de llegar al mundo estos cuidados no son suficientes.

Este tipo de sistemas son los que vemos instalados actualmente en hospitales tanto privados como del sector público. La eficiencia es esencialmente la misma porque en ninguno de los casos hay un sistema que resulte inviolable.

En hospitales del Grupo Ángeles el sistema consiste en un guardia de seguridad a la entrada del área de cuneros y una enfermera de planta que vigila constantemente el área así como cámaras de circuito cerrado de televisión que graban las actividades de esa parte del hospital. En el sector público es lo mismo, una enfermera que está cuidando a los bebés y quien trata de llevar un control escrito de las personas que entran al área.

En el hospital de la Mujer del Distrito Federal, perteneciente al Sector Salud, el despliegue de seguridad es algo impresionante, hay muchos elementos de guardia para salvaguardar la integridad de los pacientes, visitantes y los bienes del inmueble; sin embargo, no podemos esperar que todos los hospitales tengan

---

<sup>10</sup> Periódico EL UNIVERSAL, 19 de Julio de 2003

<sup>11</sup> Periódico “El Mañana”, 21 de Octubre de 2009

# Capítulo 1.

## Problema y contexto.

---

medidas como esas, resulta tanto impráctico como alarmante para la gente que llega a este nosocomio.

Los brazaletes que se les ponen a los bebés actualmente sirven solamente como elementos de identificación personal, no como elementos de seguridad y protección sin mencionar que pueden ser alterados con gran facilidad. Estos brazaletes sólo llevan el control de los datos del bebé, no lo mantienen vigilado y contienen una cantidad muy limitada de información.

Hace algunos meses nos enteramos del caso del secuestrador que escapó del hospital de Xoco aún cuando estaba bajo la custodia de tres elementos de la ahora extinta AFI<sup>12</sup>, lo que nos muestra que los elementos de seguridad, aún los especializados, no son infalibles y que la tecnología puede ser aplicada para evitar este tipo de situaciones.

Vemos entonces este campo donde nuestra aplicación encuentra un vacío que puede llenar de manera satisfactoria ofreciendo grandes beneficios a los pacientes, familiares y al hospital; no sólo para el caso de los bebés sino para cualquier paciente que se encuentre internado y que necesite ser monitoreado.

Además de la capacidad de monitoreo que tiene este sistema, tenemos la ventaja de mejorar la aplicación incluyendo una base de datos aprovechando la capacidad de almacenamiento que tienen los dispositivos y que permitirá simplificar la carga administrativa y proporcionar mayor confiabilidad de los datos en el momento de elaborar el estado de cuenta de los gastos generados durante la estancia del paciente en el nosocomio.

En los Estados Unidos de Norteamérica se sabe que hasta 98,000 pacientes mueren anualmente derivado de errores médicos<sup>13</sup> que podrían haberse evitado si se hubiera contado con una base de datos confiable que permitiera al personal médico tomar decisiones con el conocimiento previo de los medicamentos a los que es alérgico el paciente o los que ya le fueron prescritos para evitar efectos opuestos que sólo afectarían la salud o en el peor de los casos que le pudieran costar la vida a los pacientes.

En nuestro país, estos errores no están documentados pero es claro que pueden ocurrir, o que incluso ya suceden, al ser actividades realizadas por seres humanos siempre cabe la posibilidad de que se presente alguna falla u omisión. Este sistema evita la confusión, ayuda al personal médico dándoles información exacta del paciente en tiempo real tal como historia clínica, tratamientos, medicinas que toma, exámenes realizados, resultados de laboratorio, etc.

---

<sup>12</sup> Periódico “El Universal”, 28 de Septiembre de 2008

<sup>13</sup> “Survey paper: Medical applications of wireless networks”

# Capítulo 1.

## Problema y contexto.

---

Estos brazaletes por lo tanto, podrán ser útiles tanto para los bebés como para los pacientes de cualquier edad que estén internados en la institución. La información que puede ser almacenada y accesada es la que se llevaría normalmente en una bitácora o expediente clínico de un paciente determinado. La información contenida va desde el nombre, edad y peso hasta los procedimientos quirúrgicos a los que ha sido sometido y para los que está programado, sin dejar de lado la localización que resulta un elemento muy valioso cuando es indispensable mantener monitoreado al paciente, independientemente de que sea un bebé o no.

Cuando llega el momento de pagar la cuenta, siempre hay elementos de discrepancia que sólo dan más dolores de cabeza y preocupaciones al paciente y su familia. Un sistema de administración como el que se propone simplificaría estas tareas derivándose en un ahorro de tiempo, dinero y esfuerzo para el hospital y los usuarios.

Se convierte entonces en una herramienta completa que simplifica el trabajo y elimina la posibilidad de que se cometa un error a la hora de administrar la dosis o medicina correspondiente a cada paciente ya que el brazalete indicará exactamente la dosis y medicamento que requiere el paciente en cuestión, alergias y otra información de gran valía en el momento de atenderlo.

Lo que propondremos es una alternativa integral que encierre dos tipos de sistemas en uno solo, el monitoreo de los infantes para prevenir su robo o intercambio, y el control estadístico que se puede tener con el mismo dispositivo para simplificar el trabajo administrativo.

### OBJETIVO

Esta tesis tendrá como propósito general presentar un sistema de localización por radiofrecuencia que permita tener el control de la ubicación de cualquier paciente dentro del hospital para prevenir principalmente el secuestro o robo de los infantes.

Al mismo tiempo aprovecharemos la capacidad de almacenamiento de los dispositivos para generar una historia clínica que contendrá la información médica del paciente que porte dicho brazalete. Los brazaletes llevarán información sobre su peso, tipo de sangre, nombre de la madre (en el caso de los bebés), medicamentos suministrados, alergias, procedimientos quirúrgicos, exámenes realizados y a realizar, resultados de laboratorio, etc.

El sistema deberá tener la capacidad de cubrir un área lo suficientemente grande como para permitir que los neonatos puedan ser transportados a diferentes sitios dentro de la instalación para realizarles los exámenes necesarios pero manteniendo el monitoreo de manera permanente hasta en el último rincón.

La programación del sistema tendrá ciertos parámetros que permitan alertar al personal en cuanto el paciente o bebé que porte el brazalete salga de una cierta zona predeterminada. Los brazaletes deberán estar por lo general dentro de cierto

# Capítulo 1.

## Problema y contexto.

---

perímetro, por lo que serán localizables por ciertas antenas; en cuanto esas antenas dejen de tener a los brazaletes dentro de su área de cobertura, emitirán una pre-alarma para avisarle al personal de un posible evento y tomar las medidas pertinentes con suficiente anticipación como para evitar que el portador del brazalete se acerque a alguna de las puertas.

La historia clínica contenida en el brazalete le brinda al hospital un control médico administrativo que permitirá llevar un estado de cuenta de los gastos generados por la estancia del paciente basándose en los medicamentos administrados, estudios y operaciones a los que ha sido sometido, etc. Esto simplificará el trabajo del departamento de administración y eliminando la pérdida por omisión de algún concepto de la estadía del paciente o algún costo extra por un concepto no generado.

Esta ventaja para el departamento administrativo del hospital también ofrece una gran herramienta al personal médico porque es una base de datos que puede accesarse por medios electrónicos desde el brazalete o desde cualquier computadora conectada a la red, lo que significa también un ahorro en papel y espacio al momento de archivar el expediente del paciente.

Desde el punto de vista del paciente y su familia resulta muy cómodo cuando llega el momento de elaborar la cuenta y cuando se haga el reclamo por parte de algún paciente o por parte de la compañía de seguros. Esta es una manera muy sencilla de comprobar todos los gastos que generó un paciente durante su estancia.

### ESTADO DE ARTE

En un sentido amplio, un sistema inalámbrico permite la comunicación de información entre dos puntos sin el uso de cableado. Esto se puede lograr usando energía infrarroja, óptica, sónica o radiofrecuencia. Los primeros controles remotos usaban señales ultrasónicas pero la tasa de transferencia con esta tecnología es muy baja y además es susceptible a interferencias por lo que no es buena opción para aplicaciones modernas donde la cantidad de información que se envía es mucho mayor y la tasa de error debe ser muy pequeña.

Un sistema de almacenamiento de datos como el que necesitamos, podría ser una banda magnética como las que se usan en las tarjetas bancarias, dicha banda puede ser reescrita y actualizada pero la cantidad de información que se puede almacenar es de solamente 134 bytes. Una desventaja importante de este dispositivo es que es susceptible a desmagnetización y por lo tanto la información es vulnerable; aunque hay métodos para la protección de la información no es un elemento inviolable, sobre todo ahora que los dispositivos para codificar tarjetas son relativamente fáciles de conseguir y por lo tanto resulta relativamente sencillo alterar la banda.

Las cintas magnéticas pueden además ser dañadas físicamente y sufrir alteraciones por la interacción con el medio ambiente. La mejor manera de

conservarlas en buen estado es manteniéndolas en algún lugar fresco, limpio y seco ya que el polvo y la humedad pueden acumularse en la banda y ocasionar errores en la lectura.

La mayoría de los sistemas inalámbricos modernos se apoyan en la radiofrecuencia o señales de microondas, usualmente en el rango de frecuencias UHF (100 MHz) hasta ondas milimétricas (30 GHz). Dado lo congestionado del espectro y la necesidad de tasas de transmisión más altas, la tendencia es usar frecuencias más grandes; de este modo, la mayoría de los sistemas inalámbricos de la actualidad operan a frecuencias de aproximadamente 800 MHz hasta unos cuantos GHz.

Se piensa en las radiofrecuencias sobre otros métodos de comunicación como las ondas ópticas porque estas últimas, aunque pueden ser usadas sin la necesidad de una antena externa y tienen alta eficiencia en cuanto a la energía que utilizan, deben contar irremediamente con línea de vista para que exista comunicación entre los dispositivos, cosa que para muchas aplicaciones, y la nuestra en particular, resulta casi imposible de conseguir.

En cambio, para el caso de las radiofrecuencias, el impedimento de la línea de vista queda sorteado porque al contar con antenas de tipo omnidireccional, no se necesita cumplir con ese requisito. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el tamaño de los dispositivos es un poco más grande al tener que considerarse la antena y el consumo de energía es mayor que la comunicación por ondas ópticas. Es importante resaltar que la consideración de la antena no es un factor que sea determinante porque al manejarse frecuencias muy grandes, la dimensión de las antenas es muy pequeña.

Tanto radiofrecuencia como microondas ofrecen anchos de banda amplios y tienen la ventaja de poder penetrar niebla, polvo e incluso edificios y vehículos en algunos casos<sup>14</sup>.

Los sistemas de radiocomunicaciones móviles constan de:

- Estaciones fijas; son estaciones radioeléctricas que no están previstas para ser utilizadas en movimiento.
- Estaciones móviles; son estaciones radioeléctricas del servicio móvil que están previstas de los elementos necesarios para su funcionamiento en cuerpos que estarán en movimiento.
- Equipos de control; son los dispositivos necesarios para el gobierno de las estaciones de base, administración de la información, localización e identificación de usuarios, etc.

La característica más importante de la propagación por canales móviles es la variabilidad de la propagación, consecuencia del carácter zonal de la cobertura y el desplazamiento de los terminales que se traduce en variaciones del nivel de

---

<sup>14</sup> “Microwave & RF design of wireless systems”, POZAR David

# Capítulo 1.

## Problema y contexto.

---

potencia de la señal con los desplazamientos y el tiempo. Por lo tanto, para una potencia transmitida fija, la potencia recibida es aleatoria<sup>15</sup>.

Los sistemas de radiocomunicaciones por microondas ofrecen las siguientes ventajas:

- La ventaja obvia de no necesitar instalaciones físicas tales como cables coaxiales o fibras ópticas para transportar la información entre dos puntos.
- Al usar frecuencias libres, no es necesario pagar ninguna licencia ni concesiones para trabajar.
- Frecuencias altas de operación permiten transportar grandes cantidades de información.
- Como consecuencia del uso de altas frecuencias se usan antenas pequeñas ya que la longitud de onda asociada a las frecuencias altas es corta.
- Las señales de radio se propagan con facilidad aún cuando se presenten obstáculos físicos.

Sin embargo, como en todas las cuestiones novedosas, siempre hay desventajas que deben ser sorteadas para difundir la tecnología en cuestión. Los impedimentos más importantes que se oponen al desarrollo de la tecnología son:

- Algunas cuestiones de privacidad, dependiendo de la aplicación.
- Costos de desarrollo y propagación.
- Falta de estándares y regulaciones.
- Falta de acoplamiento con las tecnologías que están en uso actualmente.
- Falta de robustez.
- Falta de conocimiento y experiencia por parte del usuario final, lo que se traduce en confusiones y escepticismo.
- Manejo de los datos obtenidos por este medio<sup>16</sup>.

Una de las tecnologías inalámbricas que son útiles para nuestro caso de estudio es RFID (*radio frequency identification*). Esta tecnología permite a varios dispositivos móviles comunicarse con un lector a gran velocidad, lo que permite que la cantidad de dispositivos que pueden leerse sea muy grande. Aunque ofrece ventajas importantes, hay escépticos que no la reciben con mucho entusiasmo.

Uno de los argumentos en contra que presentan es por ejemplo el de privacidad como se muestra en el listado anterior. Un ejemplo claro se presenta en Estados Unidos de Norte América, donde intentaron dotar a los pasaportes con dispositivos RFID para que se agilizaran los trámites en aeropuertos y terminales de viajes, pero los usuarios alegaron que era una invasión a su privacidad toda vez

---

<sup>15</sup> “Comunicaciones móviles” HERNANDO José María

<sup>16</sup> “RFID A guide to radio frequency identification”, HUNT Daniel, et. al.



que cualquiera podría acceder a sus datos sin tener el permiso o autorización del dueño del pasaporte.

En la primavera del 2004, la compañía de ropa Benetton anunció que tenía planeado implementar estos tags en su ropa para ubicar las prendas a lo largo de la cadena de distribución. Esto desató una avalancha de declaraciones y controversias al respecto; los más escépticos decían que la ropa, al tener estos dispositivos, sería vinculada a quien la adquirió, ligándolo con su nombre, información crediticia, etc., es decir, en esencia “registraría” la prenda al consumidor y dicha información podría ser accesada sin su consentimiento cada que el consumidor pasara cerca de un lector de RFID.

Otra aplicación era poner tags de RFID en productos de supermercados. En el caso de los supermercados Wal Mart pidió a sus 100 proveedores más importantes que pusieran estos dispositivos en las cajas para monitorear los embarques en sus almacenes. Eventualmente esto impediría el robo en los almacenes y agilizaría las compras.

De los aspectos más importantes que se consideran dentro de las desventajas de las nuevas tecnologías, está la cuestión económica. En realidad son pocas las empresas que se arriesgan con la identificación por radiofrecuencia. Actualmente los costos de los tags están entre 30 y 60 centavos de dólar. En un artículo caro o de lujo, este costo se absorbe con facilidad pero para aplicaciones más sencillas resulta impráctico pensar en una inversión de este tamaño considerando además que se debe hacer la inversión del resto del equipo necesario para la lectura, comunicación y administración de datos. Sin embargo, se espera que los costos de los equipos bajen en un par de años más y la difusión dependerá de qué tan bajo puedan llegar a ser los precios. Las empresas han mencionado que el precio que estarían dispuestos a aceptar para los tags es de alrededor de 5 centavos de dólar.

En el corto plazo, los proveedores de ciertos grupos que han decidido usar la identificación por radiofrecuencia, (Wal-Mart, Target y el Departamento de la Defensa de EEUUAA), deberán adoptar el uso de esta tecnología para seguir trabajando con ellos<sup>17</sup>.

Es claro que la tecnología está para ponerse a nuestra disposición, para hacer nuestra vida más sencilla y, en nuestro caso de estudio, más segura. Los sistemas de localización por radiofrecuencia presentan muchas ventajas: son difícilmente alterados; al no tener que ser constantemente manipulados por personas, no son susceptibles a errores o modificaciones; no se quedan dormidos ni descuidan sus labores.

Sistemas de localización de personas ya han sido probados con éxito en algunas prisiones de los Estados Unidos de Norte América. Todo empezó con

---

<sup>17</sup> “RFID A guide to radio frequency identification”, HUNT Daniel, et. al.

# Capítulo 1.

## Problema y contexto.

---

Motorola que estuvo trabajando en un sistema de localización para los soldados. Al terminar la guerra fría, Motorola se vio obligada a reenfocar su mercado objetivo. Después de un tiempo, Alanco Technologies Inc. se hizo cargo del proyecto.

Una aplicación en la que se ha enfocado esta compañía es en monitorear a los prisioneros de algunas cárceles. Este sistema permite monitorear cada dos segundos a los reos para saber su ubicación y evitar fugas, así como reducir la violencia.

El sistema de localización de Alanco consiste en cinco componentes primarios: un transmisor de muñeca para los prisioneros, un transmisor de cinturón para los custodios, un arreglo de antenas receptoras, una computadora central y el software que administra los datos. Estos dispositivos dicen en qué parte se encuentran los portadores de los transmisores y si entran a un lugar prohibido se activa una alarma; si se quitan el transmisor también se activa una alarma. El dispositivo del guardia puede accionar una alarma y se dispara automáticamente si el guardia es noqueado o si se intenta retirar el cinturón del custodio. El sistema también realiza un conteo de cabezas cada dos segundos.

Para el 2002 este sistema había sido probado satisfactoriamente en la prisión de seguridad mínima de Calipatria en California, Estados Unidos de Norte América. Durante el período de prueba que duró 90 días, se identificó a los prisioneros que estuvieron involucrados en disturbios y esto permitió a los guardias que tomaran las medidas pertinentes. El sistema también permitió la recaptura de un prisionero que escapó. El prisionero cortó su transmisor de muñeca, lo que activó la alarma y el convicto pudo ser reaprehendido antes de que estuviera a una milla de la prisión. Antes de que se instalara el sistema, la fuga de dos presos sólo fue notoria hasta que se pasó lista, varias horas después de que los presos ya habían logrado escapar del edificio<sup>18</sup>.

Los sistemas básicos de identificación necesitan de un lector que se acerque al dispositivo para reconocerlo. El ejemplo más claro lo vemos en el lector de un código de barras, sin embargo, este tipo de sistema resulta impráctico cuando se necesita leer a muchos dispositivos al mismo tiempo y que están en diferentes ubicaciones.

El sistema de localización por radiofrecuencia que proponemos, permite el monitoreo sin necesidad de tener que acercarse un lector al brazalete; antenas ubicadas estratégicamente estarán recibiendo la información de todos y cada uno de los dispositivos para mantener el control de la localización de los pacientes de la misma manera que ya se probó para los casos mencionados.

En el caso de la administración médica, la misma antena y la misma señal que nos permite monitorear la posición del brazalete, podrá enviar la información requerida por la enfermera para poder hacer su trabajo. Es decir, no es necesario

---

<sup>18</sup> “RFID A guide to radio frequency identification”, HUNT Daniel, et. al.

que haya una bitácora en la cama del paciente ya que toda la información que necesita una enfermera o el doctor a cargo del paciente, estará contenida en el brazalete y puede ser consultada desde la estación central o algún dispositivo portátil tal como una PDA.

Los hospitales también se enfrentan al hecho de que invertir en infraestructura de cables resulta impráctico. Cuando se desea escalar un sistema, se enfrentan al problema de hacer una inversión en cableado que no estaba contemplada al inicio de la propuesta y a los inconvenientes que conlleva hacer la instalación, en algunos casos hay que suspender las labores en el área en la que se va a trabajar. Esto representa una oportunidad muy importante para considerar los sistemas inalámbricos ya que se eliminan estos problemas al momento de querer expandir un sistema.

Para este tipo de aplicaciones también se pueden considerar otra tecnologías como Bluetooth y UWB (Ultra Wide Band) que son tecnologías que permiten el intercambio de información con tasas de transferencia buenas en el caso de Bluetooth, y sobradas para en el caso de UWB.

Las redes que trabajan con UWB están pensadas principalmente en aplicaciones que requieran enviar una gran cantidad de información porque el ancho de banda que maneja cada canal de radio es de más de 500 MHz trabajando una banda de frecuencias que va desde 3.1 GHz hasta 10.6 GHz.

Esta es una tecnología que aún está en desarrollo y se deben terminar de afinar consideraciones como la coexistencia de esta red con otras, facilidad de integración, costo, calidad de servicio y otros parámetros necesarios para que esta tecnología pueda posicionarse con fuerza en el mercado.

Bluetooth es una tecnología con la que estamos más familiarizados porque prácticamente todos los teléfonos celulares y computadoras cuentan con un dispositivo que permite la comunicación mediante esta vía. Permite tasas de transferencia del orden de 1 Mbps pero sólo permite comunicaciones de corto alcance, apenas una decena de metros. Está pensado principalmente para aplicaciones de conectividad personal y resulta atractiva por lo fácil que es crear una red ad-hoc con dispositivos de este tipo, pero es impráctica para nuestro caso porque son redes muy pequeñas.

Aunque completamente novedoso para nuestro país, un sistema similar al que proponemos ya existe en Veracruz. Ese sistema tiene la capacidad de almacenar datos del paciente como el tipo de sangre, peso, medidas, etc.<sup>19</sup> Sin embargo, no tiene la propiedad de hacer un monitoreo general y constante de los dispositivos que se colocan en los pacientes, el sistema hace un reconocimiento acercando el receptor al brazalete pero no mantiene constante comunicación entre el brazalete y el coordinador del sistema.

---

<sup>19</sup> <http://brazaletes.com.mx/Baby%20Safe-RFID.html>

# Capítulo 1.

## Problema y contexto.

---

Este sistema fue creado por las empresas mexicanas Accsys 3000 y Graham & Graphics quienes unieron esfuerzos para crear el brazalete electrónico *Baby Safe*, que es una pulsera que se coloca tanto en la mano de la madre al ingresar al hospital, como en la muñeca del bebé al momento de nacer.

El procedimiento es muy sencillo, según explica a *saludymedicinas.com.mx* Eduardo Graham Grisi, director ejecutivo de la empresa Graham & Graphics: "Justo cuando el pequeño llega al mundo, el pediatra llena un formulario con información de sus características, como talla, peso, grupo sanguíneo, diámetro craneal, toma de células madre, quién realizó el procedimiento y el nombre del pediatra, entre otros datos. En menos de tres minutos, esta información es ingresada por la enfermera en turno al *software* especial de una computadora de mano (*palm*) la cual, a su vez, la transfiere al *chip* de la pulsera del bebé, anexándola a la que fue almacenada previamente en la recepción del hospital, como datos de la madre y habitación donde se encuentra. Asimismo, al brazalete de la madre se le añade el tipo de parto que experimentó (natural o cesárea), si fue múltiple (de dos o más infantes) y qué médicos la atendieron"<sup>20</sup>.

Existe otro sistema en el norte del continente con estas características, el sistema se llama HUGS<sup>21</sup> y permanentemente está monitoreando a los bebés para evitar robos. Este sistema está muy difundido y es muy utilizado en Estados Unidos y en Canadá. En nuestro país hay un hospital en Lagos de Moreno, Jalisco, donde se tiene un sistema de este tipo y aunque muy práctico y útil, este sistema aún no es muy conocido en México.

Hay un sistema que trabaja con radiofrecuencia de dos maneras, un sistema de identificación RFID y el protocolo de red ZigBee. Este sistema ha sido implementado satisfactoriamente en un hospital de Missouri en Kansas City llamado Saint Luke en Lee's Summit, Missouri. En las batas de los pacientes se ubicaron unos tags RFID, los lectores buscan los botones y si hay alguno presente envían la señal a través de la red WPAN ZigBee a un ordenador para que administre los datos<sup>22</sup>.

Este sistema tiene las ventajas de las dos tecnologías, la identificación por radiofrecuencia que permite monitorear varios dispositivos al mismo tiempo, y la tecnología ZigBee que permite, entre otras cosas, tener un bajo consumo de potencia que garantice una larga vida útil de las baterías de los dispositivos.

Un sistema similar a este es el que se propone en este trabajo. Este sistema permite monitorear y tener un archivo clínico dentro de un mismo brazalete. Es el complemento perfecto para los sistemas de seguridad y administración médica de un hospital.

---

<sup>20</sup> <http://www.saludymedicinas.com.mx/nota.asp?id=1875>

<sup>21</sup> [www.xmark.com/products/hugs/default.aspx](http://www.xmark.com/products/hugs/default.aspx)

<sup>22</sup> [www.rfidgazette.org/2006/07/what\\_is\\_zigbees.html](http://www.rfidgazette.org/2006/07/what_is_zigbees.html)

El sistema propuesto es un sistema que permite la comunicación entre múltiples nodos y un receptor, esto es, comunicación con acceso múltiple. El acceso múltiple es una técnica por medio de la cual muchos suscriptores a estaciones locales pueden compartir el uso de un canal de comunicación al mismo tiempo o casi al mismo tiempo, a pesar de que sus transmisiones individuales puedan originarse desde ubicaciones distintas. En otras palabras, una técnica de acceso múltiple permite que un gran número de usuarios que buscan comunicarse con un ordenador central compartan los recursos de comunicación del canal.

### PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA

Se propondrá un sistema de localización por radiofrecuencia que permita conocer permanentemente la ubicación de los pacientes dentro de un hospital por medio de unos brazaletes que se les colocarán. Estos brazaletes se estarán comunicando permanentemente con la estación central y tendrán además la capacidad de almacenar información clínica.

La idea de esta propuesta es tener un sistema que prevenga el robo de bebés en los hospitales y que evite que cualquier paciente pueda abandonar la instalación sin la autorización del personal médico. Este sistema también facilitará el trabajo del personal médico al tener una historia clínica del paciente que puede ser accesada desde un dispositivo portátil que así mismo simplificará el trabajo administrativo al final de la estancia del paciente en el nosocomio.

En la estación central de enfermeras se colocará una computadora que hará las veces de coordinador central y que será la encargada de administrar toda la información que le envíen todos los dispositivos finales (brazaletes) a través de las antenas.

Con el propósito de tener la mayor cobertura posible, se colocarán las antenas en varios puntos del hospital para que sirvan de enlace entre los brazaletes y el coordinador central. Los brazaletes se colocarán en todos y cada uno de los pacientes para mantenerlos ubicados dentro del hospital evitando que los bebés sean sustraídos de las instalaciones de manera ilegal o que cualquier paciente abandone las instalaciones sin haber sido dado de alta.

Estos brazaletes tendrán también la capacidad de contener la información que normalmente estaría contenida en las bitácoras que se llevan de los pacientes reflejándose en una simplificación de la logística del hospital y en un ahorro significativo de papel.

Los brazaletes colocados en los pacientes se comunican con los lectores por radiofrecuencia. Los brazaletes utilizarán la tecnología ZigBee para comunicarse, esto permitirá tener un ahorro muy importante de las baterías que alimentarán los dispositivos ya que una de las características más resaltables de esta tecnología es que los dispositivos que se comunican en estas redes maximizan la vida útil de sus

# Capítulo 1.

## Problema y contexto.

baterías al comunicarse sólo cuándo es requerido, con bajas tasas de transmisión y bajos niveles de potencia.

La identificación de cada uno de los brazaletes se hace por medio del número MAC de cada uno de los dispositivos adheridos a estos. Este número es único e irrepetible y estará contenido en la base de datos del sistema, lo que permitirá que este se comunique e impedirá que cualquier dispositivo que no esté dado de alta en el sistema lo haga.

Como ya se mencionó, la comunicación entre los brazaletes y los lectores, que serán antenas omnidireccionales, será por medio de ondas radioeléctricas. Las antenas tendrán una posición fija en distintas partes del hospital. Esta naturaleza estática de las antenas es la que nos permitirá establecer las coordenadas del dispositivo móvil en función de la potencia de la señal recibida y un algoritmo de triangulación para saber en qué parte del hospital se encuentra el paciente y para que la estación central avise cuando el brazalete se encuentre cerca de los límites del perímetro establecido y se puedan tomar las medidas pertinentes.

La estación central será una computadora personal que tendrá un software que contendrá el plano arquitectónico del hospital así como la base de datos de todos y cada uno de los brazaletes con la información que se le cargó a cada uno de ellos.

La topología propuesta es la de árbol donde el coordinador central será el ordenador localizado en la central de enfermeras y quien administrará toda la información recibida. Los lectores/ruteadores serán dispositivos FFD (según la definición de la tecnología ZigBee) que tendrán una comunicación bidireccional con el coordinador central y que serán los que reciban la señal de los brazaletes para determinar su posición mediante un circuito RSSI (*received signal strenght indicator*) que ya está incluido en su infraestructura.

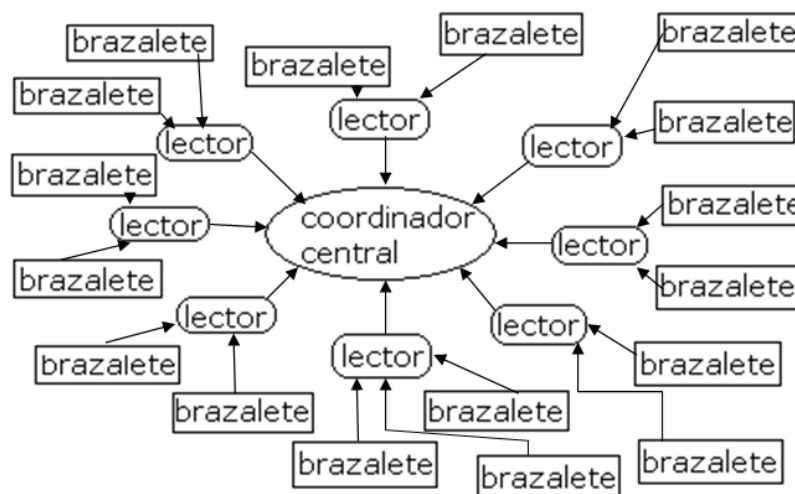


Fig 1.1. Esquema general de la red de comunicación.

## Capítulo 1.

### Problema y contexto.

---

En general podemos decir entonces que el sistema propuesto es un sistema de localización en interiores, en este caso aplicado a un hospital para evitar el robo de bebés y la salida no autorizada de cualquier paciente. Este sistema podrá ser implementado en cualquier ambiente *indoor* donde se desee conocer la ubicación de cualquier elemento.