

Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación



**ARQUITECTURAS DE  
COMPUTACIÓN PERVASIVA  
BASADAS EN SERVICIOS RESTFUL**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Luis Alberto Jurado Pérez**

2014

Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación

**Máster Universitario en  
Ingeniería de Redes y Servicios Telemáticos**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**ARQUITECTURAS DE  
COMPUTACIÓN PERVASIVA  
BASADAS EN SERVICIOS RESTFUL**

Autor

**Luis Alberto Jurado Pérez**

Director

**Joaquín Salvachúa Rodríguez**

Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos

2014

## Resumen

La Computación Pervasiva fue un paradigma revolucionario y tecnológico cuyo origen tiene un poco más de dos décadas en el artículo escrito por Mark Weiser en 1991. En esencia, Weiser propuso que a través de la tecnología se puede contar con un entorno en el que las redes tradicionales complementan a las nuevas capacidades de computación avanzada y comunicación inalámbrica, integrándose con gracia a las necesidades de los usuarios humanos. Es decir, a los objetos que están a nuestro alrededor se les podría integrar un ordenador y así establecer comunicación entre ellos, para brindar servicios personalizados en las tareas de los humanos.

En los últimos años se han desarrollado numerosos proyectos y se han realizado grandes avances tecnológicos que están transformando en realidad la Computación Pervasiva (Pervasive Computing). Pero, aún quedan muchos retos y desafíos por delante y no todo está completamente resuelto. Existen algunos temas de investigación abiertos, tales como la heterogeneidad y la interoperabilidad de los sistemas y servicios de software, escalabilidad, la seguridad, la confianza, la comprensión de los contextos sociales actuales y sus aplicaciones con el mundo de los sistemas pervasivos. Hoy existen arquitecturas abiertas y estándares que tratan de soportar algunas de las características de los sistemas pervasivos, abarcando los niveles del hardware y del software involucrando servicios en entornos inteligentes.

Gracias a Internet, la presencia pervasiva de los ordenadores portátiles, las redes de sensores, las etiquetas de identificación de radiofrecuencia (RFID), los dispositivos integrados, entre otros elementos, la visión de Weiser ahora se dirige a hacerse realidad. Un mundo donde el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la vida cotidiana no se limitará sólo a la alta velocidad de los ordenadores distribuidos, sino que también se extenderá a los dispositivos inteligentes que proveerán servicios que faciliten la vida diaria sin apenas darnos cuenta. Ejemplos de tales dispositivos son: instrumentos científicos, sistemas de entretenimiento y electrodomésticos del hogar, asistentes digitales personales (PDA), teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, llaveros, bibliotecas digitales y dispositivos acoplados al cuerpo humano (por nombrar solo algunos). Todos estos dispositivos estarán en cualquier momento interconectado, sin problemas y disponible de forma transparente en cualquier lugar y momento, lo que constituye una novedosa infraestructura de red de comunicaciones y computación. La Computación Pervasiva pretende mejorar significativamente la experiencia humana y la calidad de vida sin conciencia explícita de las tecnologías informáticas y de comunicaciones subyacentes.

El objetivo de este Trabajo Fin de Máster es realizar un análisis en profundidad de la Computación Pervasiva, ampliando los conocimientos adquiridos durante el Máster, estudiando los fundamentos sobre los que se soporta y reflexionando sobre los futuros desafíos que se deben abordar. Se introducirá la Computación Pervasiva desde la visión de Mark Weiser, los paradigmas afines y los retos futuros a enfrentar. Adicionalmente, se presentan los componentes de los sistemas de computación pervasiva, las tecnologías y los estándares relacionados, las actuales áreas de aplicación que están haciendo realidad la Computación Pervasiva, resaltando en algunos momentos la actual implementación de la computación pervasiva: la Internet de las Cosas y además algunos escenarios de aplicación como ejemplos. El trabajo finaliza con una revisión de Modelos Estándar de Arquitectura de Computación Pervasiva para entornos inteligentes basadas en REST (Representational State Transfer).

## Abstract



## Índice general

Resumen .....	i
Abstract.....	iii
Índice general.....	v
Índice de figuras.....	ix
Índice de tablas.....	xi
Siglas .....	xiii
1 Introducción .....	14
2 Computación Pervasiva y las redes Pervasivas .....	17
2.1 Sistemas Distribuidos .....	17
2.2 Computación Móvil .....	17
2.3 Computación ubicua.....	18
2.4 Computación pervasiva.....	22
2.5 Inteligencia Ambiental.....	24
2.6 Internet de las cosas .....	25
2.7 Computación acoplada al cuerpo .....	27
2.8 Sensibilidad al Contexto.....	27
2.9 Diferencia entre las redes tradicional y las redes pervasivas.....	28
2.10 Computación pervasiva y su Importancia.....	28
2.11 Características de la Computación Pervasiva .....	29
2.12 Principios de la Computación Pervasiva .....	30
2.13 La Internet del Futuro.....	31
2.14 Tendencias y Desafíos de la Computación Pervasiva.....	31
2.14.1 Tendencias de la investigación en computación y redes pervasivas .....	32
2.14.2 Oportunidades de la era Cyber-Física.....	33
2.14.3. Computación pervasiva a Escala .....	36
3 Los Componentes de los sistemas de computación pervasiva .....	37
3.1 Los Componentes de los sistemas de computación pervasiva desde el punto de vista de las áreas tecnológicas .....	37

3.1.1	Dispositivos móviles e Integrados .....	37
3.1.2	Comunicaciones Inalámbricas .....	38
3.1.3	Movilidad .....	39
3.1.4	Computación Distribuida.....	40
3.1.5	Sensibilidad al contexto e Invisibilidad.....	41
3.2	Modelo conceptual de computación pervasiva .....	42
3.2.1	Dispositivos pervasivos.....	43
3.2.2	Redes pervasivas .....	43
3.2.3	Middleware pervasivo.....	44
3.2.4	Aplicaciones pervasivas .....	44
3.3	Principales componentes funcionales de los Sistemas Pervasivos.....	45
3.4	La seguridad en los sistemas de computación pervasiva.....	47
3.4.1	Seguridad, Seguridad Multilateral y Sistemas Pervasivos.....	47
3.4.2	El desafío de asegurar un sistema pervasivo .....	48
3.4.3	Privacidad y la necesidad de la protección de la privacidad.....	49
3.4.4	Protección de la privacidad frente a Responsabilidad.....	51
4	Las Tecnologías de la Computación Pervasiva.....	53
4.1	Áreas convergentes de las Tecnologías de la información y comunicaciones.....	53
4.1.1	Dispositivos de computación.....	53
4.1.2	Conectividad .....	55
4.1.3	Interfaces de Usuario .....	57
4.2	Interfaces Perceptivas .....	57
4.2.1	Seguimiento de la mirada (Gaze Tracking ) .....	57
4.2.2	Apuntamiento mágico .....	58
4.2.3	Dispositivos sensibles a la geometría .....	58
4.2.4	Ordenadores acoplados al cuerpo .....	60
4.2.5	Espacios Inteligentes .....	61
4.2.6	La Movilidad y las Redes .....	62
4.3	Tecnologías de localización.....	63
4.4	Tecnologías en entornos inteligentes.....	64
4.4.1	Tecnologías de detección y recolección de datos.....	66

4.4.2	Tecnologías de comunicaciones de datos .....	70
4.4.3	Tecnologías de almacenamiento y análisis de datos .....	75
4.4.4	Plataforma y Servicios .....	79
4.4.5	Estándares para la Smart City .....	80
4.4.6	Estándares M2M.....	80
5	Áreas, aplicaciones y proyectos de Computación Pervasiva.....	85
5.1	Áreas de aplicación .....	85
5.2	Aplicaciones y proyectos.....	86
5.3	Un aproximación de los dominios aplicativos de la IoT.....	113
6	Escenarios de computación Pervasiva .....	116
6.1	Panorámica general de los escenarios de la computación pervasiva.....	116
6.1.1	La visión de Weiser .....	116
6.1.2	Los escenarios propuestas por el ISTAG.....	116
6.2	Nuevos Escenarios centrados en la gestión de la información .....	118
6.2.1	Vigilancia médica en el hogar.....	119
6.2.2	Seguimiento y vigilancia en un Concierto .....	119
6.3	Ejemplos adicionales de escenarios y contextos pervasivos en entornos inteligentes. ....	120
6.3.1	Smart Home .....	120
6.3.2	Habitación de hospital en donde un paciente es monitoreado por razones de salud y seguridad.....	121
6.3.3	Una estación de metro equipado con sensores de localización para rastrear la ubicación de cada unidad de trenes en tiempo real.....	121
6.3.4	La Escuela, donde los estudiantes son supervisados sobre el equilibrio de su experiencia de aprendizaje.....	121
6.3.5	El Cuerpo de Bomberos ayudados por un entorno pervasivo.....	122
6.3.6	Línea de producción .....	122
6.3.7	Vigilancia Pública.....	122
6.4	Caso de Estudio: OASIS .....	123
7	Arquitecturas de servicios basadas en REST para aplicaciones pervasivas .....	128
7.1	La Web de las Cosas frente a Internet de las Cosas.....	128
7.2	La Web como plataforma de aplicaciones .....	129

7.2.1	Soporte de tecnología.....	130
7.2.2	Escalabilidad y Rendimiento .....	130
7.2.3	Bajo Acoplamiento .....	130
7.2.4	Procesos de Negocio .....	131
7.2.5	Consistencia y la uniformidad.....	131
7.2.6	Simplicidad, Arquitectura pervasiva y Alcance .....	131
7.3	REST .....	132
7.3.1	REST: Un estilo de Arquitectura de Software .....	133
7.3.2	Restricciones de REST.....	134
7.3.3	Características y elementos básicos de REST .....	136
7.3.4	Diseño de aplicaciones REST .....	138
7.3.5	REST vs servicios web SOAP para entornos ubicuos .....	139
7.4	Evaluación de las características relevantes de la Arquitectura REST .....	140
7.5	Utilización de REST en soluciones Arquitectónicas .....	142
7.5.1	SENSEI .....	142
7.5.2	CUBIQ.....	143
7.5.3	ETSI TC M2M.....	143
7.5.4	ITU-T- USN (Ubiquitous Sensor Networks).....	144
7.5.5	Arquitectura de red EPCglobal (ElectronicProductCode-global) .....	144
7.6	Estudios de casos del uso de REST en soluciones arquitectónicas.....	145
7.6.1	ETSI TC M2M.....	145
7.6.2	IETF (constrained devices).....	151
8	Conclusiones .....	156
	Bibliografía .....	161

## Índice de figuras

Figura 1. Paradigmas de la computación.....	20
Figura 2. Gráfico conceptual que representa las tres eras de la computación moderna. .....	21
Figura 3. Taxonomía de los problemas en investigación de los sistemas de computación en computación pervasiva. ....	24
Figura 4. Taxonomía de los problemas en investigación de los sistemas de computación en IoT.....	26
Figura 5. Una habitación respondiendo a un active badge acoplado a un usuario.....	27
Figura 6. Interacciones entre el Mundo Cyber y el Mundo Físico .....	33
Figura 7. Relaciones sociales humanas y electrónicas.....	34
Figura 8. Una vista de un sistema de computación pervasiva.....	43
Figura 9. Modelo conceptual de Computación Pervasiva.....	45
Figura 10. Componentes de la computación pervasiva .....	46
Figura 11. Dispositivos móviles de computación pervasiva.....	54
Figura 12. Dispositivos acoplables al cuerpo de la computación pervasiva.....	55
Figura 13. Interrelación entre los sistemas de la ciudad .....	66
Figura 14. Ejemplos de sensores.....	66
Figura 15. Medidores conectados a Internet.....	68
Figura 16. Tecnologías QR, RFID y NFC.....	69
Figura 17. Teléfonos Inteligentes incorporando tecnologías NFC .....	69
Figura 18. Imagen SEM del microchip fabricado que contiene un prototipos MEMS mas de 40 microdispositivos MEMS.....	70
Figura 19. Protocolos de las tres redes.....	72
Figura 20. Redes inalámbricas de corto y largo alcance .....	74
Figura 21. Entorno heterogéneo de estándares .....	81
Figura 22. Dominio de Aplicaciones de IoT .....	113
Figura 23. Escenarios creados por el grupo ISTAG para entornos inteligentes para el 2010.....	117
Figura 24. El spider es un instrumental que ayuda a la colocación de las cajas con los sensores mediante helicópteros.....	124
Figura 25. Interacción entre los componentes en tierra y espaciales de OASIS .....	126
Figura 26. La configuración In-Situ Sensor-Web en OASIS .....	127
Figura 27. Las mayores aplicaciones de Internet .....	128
Figura 28. Direccionamiento de un recurso REST .....	134

Figura 29. Operaciones CRUD .....	138
Figura 30. Rest Web Service.....	139
Figura 31. Arquitectura de alto nivel para M2M .....	145
Figura 32. Pila de protocolos M2M.....	147
Figura 33. Un sensor actualización sus muestras utilizando HTTP PUT.....	150
Figura 34. Conexión de sensores usando protocolos nativos .....	150
Figura 35. REST, CoAP y 6LoWPAN .....	152
Figura 36. La Arquitectura del 6LoWPAN .....	153
Figura 37. Pilas de los protocolos IP y 6LoWPAN .....	154
Figura 38. Protocolo IETF LLN.....	155
Figura 39. Integración entre WSNs y la Web.....	155

## Índice de tablas

Tabla 1. Tecnologías de Localización.....	64
Tabla 2. Características de redes inalámbricas.....	71
Tabla 3. Estatus de adaptación al concepto M2M de los diferentes estándares .....	82
Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva.....	88
Tabla 5. Algunos ejemplos sobre proyectos de Computación Pervasiva.....	104
Tabla 6. Algunos ejemplos sobre proyectos académicos de Computación Pervasiva .	111
Tabla 7. Dominios, Características y Ejemplos varios.....	113
Tabla 8. Algunos ejemplos de entorno inteligentes.....	115
Tabla 9. Relevancia de las características de la Arquitectura REST para IoT .....	142



## Siglas

## 1 Introducción

La Computación Pervasiva fue un paradigma revolucionario y tecnológico cuyo origen tiene un poco más de dos décadas en el artículo escrito por Mark Weiser en 1991 en los siguientes términos [1]: "el método para potenciar el uso del ordenador haciendo a muchos ordenadores estar disponible a lo largo de un entorno físico, pero haciéndolas invisibles para el usuario", basándose en la visión de que [1]: "Las tecnologías más profundas son aquellas que desaparecen. Se tejen a sí mismas en las telas de la vida cotidiana hasta que se vuelven indistinguibles de dicha vida cotidiana". En esencia, a través de la tecnología se puede contar con un entorno en el que las redes tradicionales se complementan a las nuevas capacidades de computación avanzada y comunicación inalámbrica, integrándose con gracia a las necesidades de los usuarios humanos. Es decir, a los objetos que están a nuestro alrededor se les podría integrar un ordenador y así establecer comunicación entre ellos, para brindar servicios personalizados en las tareas de los humanos.

El objetivo de este Trabajo Fin de Máster es realizar una investigación a profundidad de la Computación Pervasiva, describiendo, analizando y estudiando los fundamentos sobre los que se soporta y los futuros desafíos. Se introducirá la Computación Pervasiva desde la visión de Mark Weiser, los paradigmas afines y los retos futuros a enfrentar. Adicionalmente, se presentan los componentes de los sistemas de computación pervasiva, las tecnologías y los estándares relacionados, las actuales áreas de aplicación que están haciendo realidad la Computación Pervasiva, resaltando en algunos momentos la actual implementación de la computación pervasiva: la Internet de las Cosas y además algunos escenarios de aplicación como ejemplos.. El trabajo finaliza con una revisión de Modelos Estándar de Arquitectura de Computación Pervasiva para entornos inteligentes basadas en REST (Representational State Transfer).

A continuación se detalla la estructura del contenido de este trabajo:

En el capítulo 2 se revisaran los diversos conceptos relacionados con los orígenes de la Computación Pervasiva como son Sistemas Distribuidos, la Computación Móvil. Luego, se reflejara desde un punto de vista cronológico el surgimiento de otros paradigmas de la computación como son la Computación Ubicua, la misma Computación Pervasiva, Internet de las cosas, y la Inteligencia Ambiental. Posteriormente, con el objeto de conocer los fundamentales relacionados con las características adicionales de la Computación Pervasiva se introducen los conceptos de Computación acoplada al cuerpo y Sensibilidad al Contexto. A continuación se

desarrolla la parte más importante de este capítulo en donde se establece la diferencia entre las redes tradicional y las redes pervasivas, se resalta la importancia y las características de la Computación Pervasiva así como sus principios. Adicionalmente, el capítulo 2 introduce algunos desafíos relacionados con la Internet del Futuro y se subraya la existencia de una futura de una Internet con características de computación pervasiva. Para finalizar, se describen algunas tendencias y desafíos de la Computación Pervasiva.

El capítulo 3 introduce los componentes de los sistemas pervasivos con el objeto de interpretar su funcionamiento. Primero se realiza una descripción de sus componentes desde el punto de vista de las áreas tecnológicas relacionadas. Luego, se da una aproximación de un modelo conceptual a nivel modular con el fin de establecer más claramente las partes de un sistema de computación pervasiva. A continuación, se establecen los componentes funcionales de los sistemas pervasivos desde el punto de vista de usuario. El capítulo finaliza con un tema muy importante dentro de los sistemas pervasivos, como lo es seguridad; se describen algunas necesidades y desafíos que están por resolverse concerniente a esta característica.

El capítulo 4 presenta las tecnologías utilizadas en la Computación Pervasiva, describiendo en primera instancia las tecnologías convergentes que han dado lugar a los sistemas pervasivos. Luego, se describen algunas tendencias tecnológicas relacionadas con las interfaces perceptivas que permiten la detección de datos de múltiples formas y una breve revisión de las tecnologías de localización. Finalmente, se detallan las utilidades de las tecnologías en entorno inteligentes y los estándares relacionados específicamente en una de las implementaciones de Computación Pervasiva: la Internet de las cosas.

El capítulo 5 presenta inicialmente las áreas preliminares en donde se pueden aplicar los sistemas de computación pervasiva. Luego, se proporcionan algunas aplicaciones explotadas relevantes desde una perspectiva cronológica en diversas áreas y dando algunas de sus características como nombre de la aplicación, descripción, funcionalidad, uso y el año de su surgimiento. A continuación, se proporcionan algunos proyectos impulsados tanto por el sector industrial y académico dando algunas descripciones de cada uno de ellos. Finaliza, con una aproximación de los dominios aplicativos de la Internet de las cosas.

El capítulo 6 introducen ejemplo de escenarios básicos de computación desde la visión de Weise de 1991, pasando por lo visión del ISTAG (Information Society Technologies Advisory Group) de 2001. Luego, se presentan escenarios más recientes centrados en la información. A continuación, se proporcionan ejemplos adicionales de

escenarios y contextos pervasivos en entornos inteligentes. El capítulo finaliza con un caso de estudio de los escenarios de la aplicación OASIS, describiendo algunas de sus características.

El capítulo final, el capítulo 7, tiene como objetivo ilustrar sobre las posibilidades de utilizar arquitecturas basadas en REST (Representational State Transfer) con características que soporten servicios de aplicaciones pervasivas. Inicialmente se da una visión general del estilo arquitectónico REST y los servicios Web. Luego, se presentan las características relevantes de REST como arquitectura para la Internet de las cosas. A continuación, se dan varios ejemplos de arquitecturas en donde REST es aplicado en alguna o en la totalidad de sus partes. El capítulo finaliza con dos casos de estudios de arquitecturas con estilo arquitectónico REST, la arquitectura ETSI TC M2M y las arquitecturas basadas en estándares de la IETF.

Para finalizar este trabajo se proporcionan las conclusiones del mismo dando al mismo tiempo algunas desafíos actuales de la computación pervasiva.

## 2 Computación Pervasiva y las redes Pervasivas

### 2.1 Sistemas Distribuidos

Dos de los pasos necesarios para la evolución de la computación pervasiva han sido los sistemas distribuidos y la computación móvil. El campo de los sistemas distribuidos surgió de la intersección de los ordenadores personales y redes de área local. La investigación que siguió a partir de mediados de las décadas desde 1970 hasta los principios de 1990 creó un marco conceptual y una base que ha demostrado ser sumamente impecable para todos los trabajos que involucran la conexión de dos o más ordenadores conectadas en una red: ya sea esta móvil o estática, alámbrica o inalámbrica, poco densas o pervasivas. Abarca muchas áreas que son fundamentales para la computación pervasiva [2]:

- Comunicación remota
- La tolerancia a fallos
- La alta disponibilidad
- Acceso remoto de la información
- Seguridad, incluyendo la autenticación y privacidad mutua con cifrado.

### 2.2 Computación Móvil

La aparición de los ordenadores portátiles con todas las funciones y las redes de área local inalámbricas en la década de 1990 llevó a los investigadores a hacer frente a los problemas que surgió en la construcción de un sistema distribuido con los clientes móviles. De esa manera nació la computación móvil (MobiComp). Aunque muchos de los principios básicos del diseño de sistemas distribuidos siguieron aplicándose, cuatro restricciones claves respecto de la movilidad obligaron al desarrollo de técnicas especializadas [2]:

- Variación impredecible en calidad de la red
- La disminución de la confianza y la robustez de los elementos móviles
- Limitaciones en los recursos locales impuestas por las restricciones de peso y tamaño
- La preocupación por el consumo de energía de la batería

Las áreas que abarca la computación móvil incluye:

- Redes móvil
- Acceso a la información móvil
- Soporte para aplicaciones adaptativas

- Las técnicas de ahorro de energía a nivel del sistema
- Sensibilidad de localización

En general, la computación móvil incluye sistemas distribuidos que incluyen dispositivos portátiles con acceso remoto desde redes inalámbricas a través de las cuales los usuarios desde su organización o mientras viaja puede acceder fácilmente. Se consideran varios aspectos para su funcionalidad: las limitaciones en los recursos del dispositivo, el control del consumo de energía del dispositivo, el ancho de banda variable, soporte al modo desconectado (lo que implica que reconectar sea manual o automáticamente el dispositivo pueda establecerse una "reconciliación" entre la información del dispositivo y el Sistema Distribuido) y mayores amenazas a la seguridad y privacidad.

La computación móvil surgió como un paradigma en el que los usuarios pueden llevar sus ordenadores personales y mantener cierta conectividad con otras máquinas. La evolución tecnológica se ha realizado con mayor funcionalidad y rendimiento y hoy tenemos ordenadores portátiles, netbooks o tablet computers, cada uno con varias formas de conectividad inalámbrica, incluyendo las redes de telefonía móvil GPRS o 3G, WiFi, Bluetooth [3].

Un camino diferente de evolución ha llevado a la tecnología a la denominada computación de mano (handheld computing): el uso de dispositivos que caben en la mano, incluyendo los teléfonos móviles "inteligentes" (smart phones), los asistentes digitales personales (PDAs) y otros dispositivos más especializados de uso manual. Los teléfonos inteligentes y PDAs son capaces de ejecutar muchos tipos diferentes de aplicaciones, pero en comparación con los ordenadores portátiles tienen un menor tamaño y una limitada capacidad de procesamiento, una pantalla más pequeña y otras restricciones de recursos. Los fabricantes están equipando cada vez más a los dispositivos de mano con la misma gama de conectividad inalámbrica como los ordenadores portátiles y notebooks. Los teléfonos inteligentes tienen una funcionalidad de computación del tipo de las PDAs, en virtud de que ejecutan los sistemas operativos como Symbian de Nokia y otros fabricantes, Android de Google, iOS de Apple o Windows Phone 7 de Microsoft. Las PDAs y los teléfonos móviles están equipados con cámaras, lectores de códigos de barras, u otros tipos de accesorios especializados haciéndolos una alternativa a los dispositivos de mano de propósito específico.

### **2.3 Computación ubicua**

Antes de la aparición del concepto de Computación pervasiva fue Mark Weiser en 1991 en Xerox PARC mientras se desempeñaba como el director del Laboratorio de

Ciencias de la Computación (CSL), quien introdujo el concepto de Computación Ubicua [1].

En su web, Mark Weiser 1996, plasmó sus ideas visionarias: "La oleada de los cambios importantes tecnológicos son los que alteran fundamentalmente el lugar en donde la tecnología es aplicada en nuestras vidas y lo que importa no es la tecnología en sí, sino su relación con nosotros. En los últimos setenta años de la computación han habido dos grandes tendencias en esta relación: las relaciones con el mainframe y las relaciones con el PC. Hoy en día el Internet nos lleva a través de la era de la computación distribuida generalizada hacia una relación con la computación ubicua, que se caracteriza por la profunda incrustación de la computación en el mundo. La computación ubicua requerirá un nuevo enfoque a la tecnología de ajuste a nuestras vidas, un enfoque que llamamos <calm technology>" [4].

De igual manera, Mark Weiser predijo la llegada de una tercera era de avances tecnológicos en donde claramente diferenciaba la llegada de la computación ubicua con las eras anteriores que a continuación resumimos:

1. La primera era fue la de la computación del mainframe, la gente tenía relaciones con los ordenadores a puerta cerrada. Los ordenadores eran recursos escasos y muchas personas usaban dicho ordenador o sus recursos.

2. La segunda gran ola tecnológica fue la del ordenador personal. La relación de la computación con los usuarios es personal, incluso íntima. Usted tiene el equipo, que contiene su material, y usted interactúa directa y profundamente con él. Cuando estamos realizando computación personal usted está ocupado con su ordenador y no está haciendo cualquier otra cosa, independiente de que se puedan tener varios para propósitos específicos: para el hogar, para el trabajo, y para sus desplazamientos.

3. La transición: El Internet ha influyendo profundamente en los negocios y en el uso de la tecnología. El Internet reúne elementos de computación de mainframe y de computación personal. Es la computación cliente-servidor en una escala masiva, con clientes web de las PCs y los servidores web en los mainframes. Esta transición es la computación distribuida y hasta hoy ha permitido interconexión masiva de personas, negocios y de la información del gobierno creando nuevos paradigmas y nuevos campos de aplicación.

4. La tercera era de la computación moderna fue la de la computación ubicua (UbiComp o UC), la era de 'UC' y se indicaba que tendría un sin número de equipos que compartiremos cada uno de nosotros. Algunos de estos cientos de equipos serían aquellos a los cuales podamos acceder en pocos minutos a través de la navegación en Internet. Otros estarían incrustados en las paredes, sillas, ropa, interruptores de luz, los

coches, en todo. UC se caracterizaría fundamentalmente por la conexión de las cosas en el mundo de la computación. Esto se podría llevar a cabo en muchas escalas, incluyendo la microscópica (ver Figura 1).

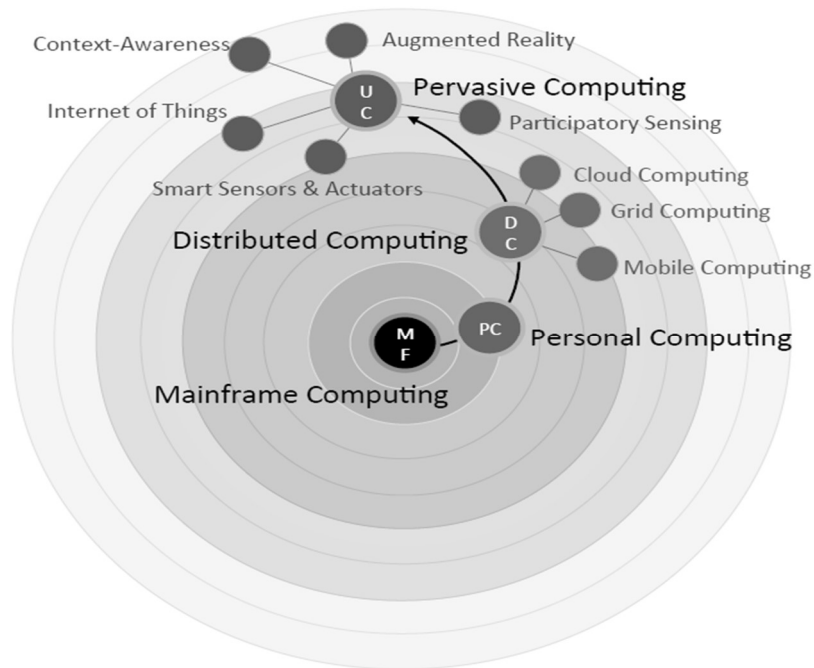


Figura 1. Paradigmas de la computación

Esta tercera era de la computación ubicua, que vivimos hoy en día, se caracteriza por la explosión de pequeños productos informáticos portátiles conectados en red en forma de teléfonos inteligentes, asistentes digitales personales (PDA) y ordenadores incrustados en muchos de los dispositivos que poseemos: lo que resulta en un mundo en el que cada persona posee y utiliza muchos ordenadores.

Las eras descritas han tenido como resultado un incremento en el número de ordenadores que cada vez más están integrados en la vida cotidiana como se muestra en la Figura 2 [5].

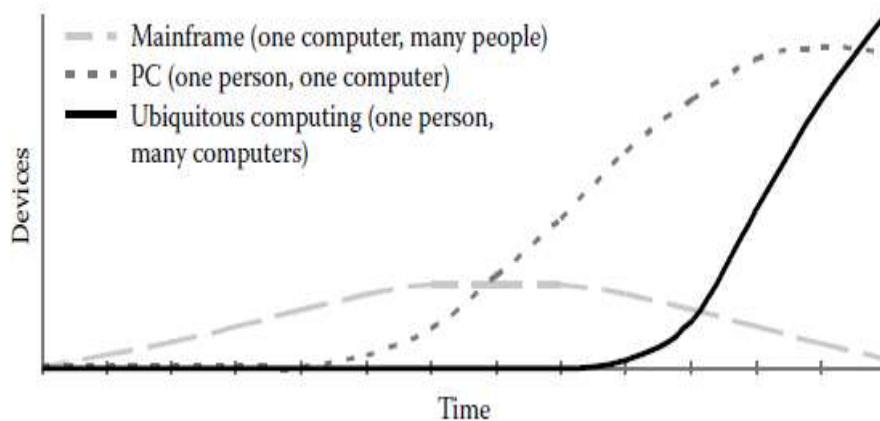


Figura 2. Gráfico conceptual que representa las tres eras de la computación moderna.

Weiser creía que en un mundo Ubicomp, la computación podría integrarse con objetos comunes que podían usarse incluso en los trabajos todos los días, en lugar de forzar a la computación a ser una actividad separada. Si la integración está bien realizada, podría incluso no darnos cuenta que algunos ordenadores están involucrados en el trabajo. Weiser algunas veces también se refería a esto como computación invisible y escribió una serie de artículos acerca de su filosofía.

El cambio más potencialmente interesante, desafiante y profundo que implica la era de la computación ubicua está enfocado en el enfoque “calm”. Si los ordenadores están por todas partes será mejor que se queden al margen, y eso significa diseñarlas de tal manera que tecnología informa, pero no exige que centremos nuestro foco de atención en ella. La “calm” es un reto fundamental para todo el diseño tecnológico de los próximos años.

“Ubicua” significa “que se encuentran en todas partes”. Weiser vio el aumento de la prevalencia de los dispositivos de computación que conducían a cambios revolucionarios en la forma en que podríamos utilizar los ordenadores. En primer lugar, predijo que cada persona en el mundo utilizaría muchos equipos. En la computación ubicua los ordenadores se multiplican en forma y función, no sólo en número, para adaptarse a diferentes tareas.

Por ejemplo, supongamos que todos los medios de exhibición en una sala como cuadros, libros, papeles, notas adhesivas, etc. fueran reemplazados por decenas o cientos de ordenadores individuales con pantallas electrónicas. En el caso de los libros ya aparecen en un formulario electrónico, se visualizan en dispositivos que permiten a los lectores leer y buscar en su texto, buscar el significado de palabras, buscar ideas relacionadas en la web y tener experiencia de los contenidos multimedia vinculados.

Ahora supongamos que incrustemos la funcionalidad de la computación en todos los instrumentos de escritura. Por ejemplo, los bolígrafos y los marcadores se vuelven capaces de almacenar lo que el usuario ha escrito y dibujado, y recopilarlo, copiar y mover contenido multimedia entre varios ordenadores que yacen a su alrededor. Ese escenario plantea cuestiones de usabilidad y cuestiones económicas, y toca sólo una pequeña parte de nuestras vidas, pero nos da una idea de lo que "la computación ubicua" podría ser [3].

El segundo cambio que Weiser predijo era que los ordenadores "desaparecerían": que ellas se incorporarían en utensilios y objetos del día a día, y se tornarían invisibles. Esto es en gran parte una noción psicológica, no más de lo que pensamos de las máquinas lavadoras o los vehículos como "equipos de computación", a pesar de que tienen incrustados microprocesadores que los controlan. Mientras que la invisibilidad de ciertos dispositivos es adecuada por ejemplo, en casos como el de los sistemas de computación integrados en un coche, no es el caso para todos los dispositivos que consideraremos, en particular los teléfonos móviles han sido algunos de los dispositivos con mayor penetración, pero su capacidad de computación es difícilmente invisible y tampoco probablemente debería serlo.

Finalmente, listaremos una serie de principios de la computación ubicua que una vez en sus charlas, Weiser resumió [6]:

- El propósito de un ordenador es ayudarte a realizar algo más.
- El mejor equipo es sirviente invisible y discreto.
- Cuanto más puedas hacer a través de la intuición más inteligente eres; el ordenador debe ampliar tu inconsciente.
- La tecnología debe crear calma. Tecnología de Calma: "Una tecnología la cual informa, pero no exige nuestra concentración o atención".

## 2.4 Computación pervasiva

A mediados de la década de 1990, IBM comenzó una línea de investigación que se denomina Computación pervasiva (IBM Mobile and Pervasive Computing), que tenía muchas similitudes con los objetivos de la computación ubicua. De hecho, muchos de los textos de hoy describen Pervasive y Ubiquitous como la misma cosa. Aunque la noción de estar liberados del ordenador de escritorio y las oportunidades de abrirnos a los demás a través de la conexión de ordenadores móviles e incrustados es un tema común a ambos, en 1991, la conexión con las tecnologías invisibles y tranquilas (Calms Technology) fue una perspectiva diferenciadora única de Xerox PARC. Sin embargo más de 10 años después, cualquier posición única descrita por cualquiera de las partes (como es el caso de Calms Technology) se ha integrado poco a poco en una visión

compartida y a partir del 2000 algunas publicaciones que se han propuesto describir este tema, lo presentan fundamentalmente con la misma posición [5].

IBM, en su haber, fue una de las primeras compañías para investigar la oportunidad de negocio alrededor de los Sistemas, uno de los primeros despliegues comerciales de un sistema de computación pervasiva nació de una colaboración entre IBM Zurich y Swissair en 1999, permitiendo a los pasajeros registrarse usando el teléfono móvil mediante WAP. Una vez que los pasajeros habían accedido al servicio, el teléfono también servía como una tarjeta de embarque, para mostrar la información del asiento y de la partida del vuelo, además de la identificación de los viajeros y la validación de las credenciales del vuelo. IBM también aplicó estas tecnologías a otras oportunidades de servicio en banca y servicios financieros, ganando experiencia inicial en esta área.

Las soluciones a nivel de sistema de computación pervasiva implican la integración de muchas tecnologías, como es el caso de plataformas inalámbricas/móviles que funcionan con sistemas operativos estándar que ya están ampliamente desplegados en los teléfonos inteligentes. Hoy en día, esto ha permitido el uso de entornos de software generalizados, tales como Web Sphere y J9 Virtual Machine, por citar dos de sus proyectos de software. Los puntos fuertes de la integración de sistemas de IBM han jugado bien en conjunto para aprovechar la creciente oportunidad de servicios comerciales en torno a los Sistemas Pervasivos.

Las agendas de investigación programadas para el desarrollo de la computación pervasiva, han incorporado cuatro ideas adicionales centrales de investigación, como se muestra en la Figura 3 [2].

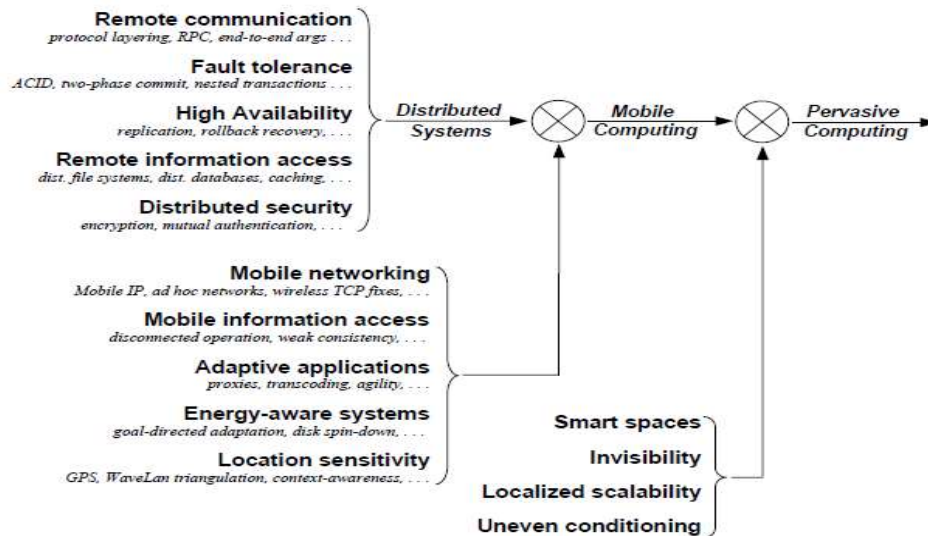


Figura 3. Taxonomía de los problemas en investigación de los sistemas de computación en computación pervasiva.

## 2.5 Inteligencia Ambiental

La European Union's Information Society Technologies Program Advisory Group (ISTAG 2003) introdujo el término Inteligencia Ambiental (AmI) de una manera similar a la de la computación pervasiva para describir una visión de ambientes equipados con tecnologías y computación avanzadas para crear un espacio ergonómico para el visitante de una manera invisible, en el que las necesidades de la gente debe ser lo más importante con menos énfasis en las posibilidades técnicas [7].

En un ambiente inteligente las personas estarán asistidas por un entorno de equipos cotidianos inteligentes (refrigeradores, luces, temperatura ambiental, etc.), en donde el objetivo es hacerle la vida más fácil al ser humano de tal manera que éste se centre en temas más trascendentales; por ejemplo: el refrigerador podría advertir los alimentos que estén por descomponerse, hacer una lista de alimentos que deben consumir los miembros de un hogar de acuerdo a sus necesidades, etc.; en iluminación, mantendrá un lugar lo suficientemente iluminado de acuerdo a las condiciones del lugar; en temperatura, proporcionar un ambiente cálido y fresco; es decir, el medio ambiente electrónico en el que se encontrarán inmersos los diferentes individuos responderá de una forma invisible y anticipatoria.

Los diferentes términos computación pervasiva e inteligencia ambiental pueden implicar un enfoque diferente y también una preferencia geográfica. Hoy en día la computación pervasiva e inteligencia ambiental (este último a nivel Europeo) se usan de manera intercambiable. Extendiendo la computación ubicua/pervasiva, el término inteligencia ambiental que se centra en la arquitectura y en los aspectos más generales de cómo esa visión podría integrarse en la vida diaria de los seres humanos. En

principio, la inteligencia ambiental significa en gran parte lo mismo que computación pervasiva en término más técnico y los diversos investigadores a menudo prefieren una noción específica para enfatizar una dirección particular de su trabajo.

## 2.6 Internet de las cosas

El término Internet de las cosas (IoT) fue acuñado por Kevin Ashton en el año 2009 señalando que toda la información que manejaban los ordenadores incluida la Internet dependía casi completamente de los seres humanos (introducida por diversos medios) y que los seres humanos tienen limitaciones tanto en tiempo, exactitud y en la atención que esto involucra para capturar otros tipos de datos del mundo real. Además, reflexionaba sobre la necesidad de ordenadores que sean capaces de ver, oír e incluso oler el mundo por ellas mismas ya que el mundo que a nuestro alrededor y el ser humano en sí mismo son físicos [8].

Para el Cluster of European Research Projects: “En la IoT se espera que “las cosas” conviertan a los participantes activos en procesos sociales, de información y negocios en donde “estas cosas” sean capaces de interactuar y comunicarse entre ellos mismos y con el ambiente a través del intercambio de datos e información detectada a su alrededor, mientras reaccionan automáticamente a los eventos del “Mundo Físico/real” y son influenciados a través de procesos en ejecución que disparan acciones y crean servicios con o sin la intervención directa del ser humano”.

En general, se puede afirmar que la IoT permitirá a los agentes integrantes o participantes de Internet, comunicarse desde cualquier lugar del mundo y en cualquier instante a través de un conjunto de tecnologías de información y comunicaciones con el objeto de ofrecer o utilizar los servicios de la red que permitan el control o monitorización de dichos agentes en tiempo real o en diferido de manera automática.

IoT representa un paso evolutivo importante en una línea de trabajo que se remonta a mediados de la década de 1980. Dos pasos distintos anteriores de esta evolución son MobiComp y UbiComp. Algunos de los problemas técnicos de la IoT se corresponden con problemas que ya existían y se estudió en dicha evolución. Mientras tanto, la IoT trae nuevos problemas que tienen relaciones con los temas estudiados antes. La Figura 4 ilustra la evolución de los sistemas de computación desde MobiComp, UbiComp hasta la IoT [9].

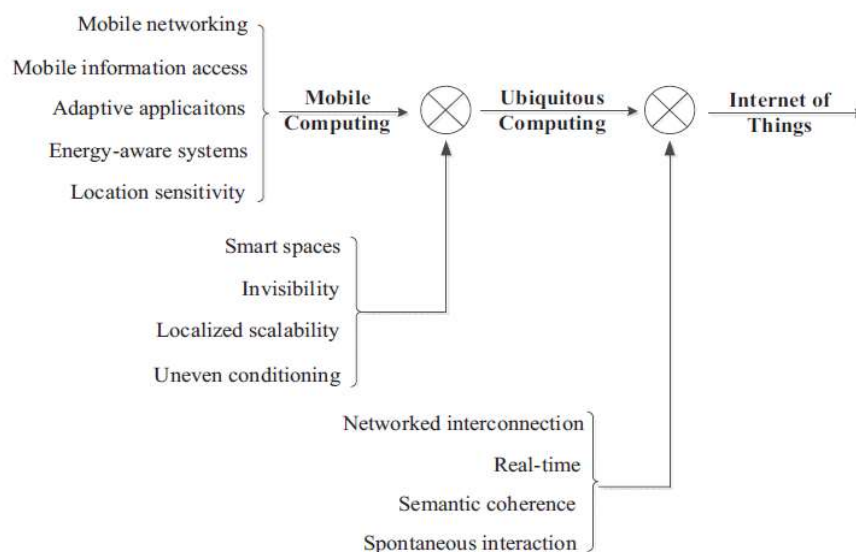


Figura 4. Taxonomía de los problemas en investigación de los sistemas de computación en IoT.

La investigación en UbiComp en los últimos años ha crecido de forma espectacular. Se han propuesto una variedad de esquemas y demostraciones experimentales en relación con la utilización eficaz de los espacios inteligentes y el ocultamiento de las tecnologías habilitadoras. El número cada vez mayor de sensores y dispositivos de mano que se están conectando a Internet están haciendo realidad el Internet de las cosas. El IoT extiende el UbiComp en el Mundo Físico, y por lo tanto proporciona una nueva perspectiva sobre sus características. La IoT se caracteriza por cuatro rasgos distintivos:

**1. Interconexión en red.** Logra interconectar a todos los objetos físicos y tenerlos mapeados unívocamente y disponibles en Internet, mediante su identificación a través de por ejemplo tecnología RFID (Radio Frequency IDentification).

**2. Tiempo real.** Las lecturas de los sensores se mantienen mediante una lectura evolutiva de los datos incluida la movilidad, dando lugar a que la información adquirida esté cambiando rápidamente. Algunas de los motores de búsquedas usadas en la web fallan porque suponen que los contenidos en ella cambian con poca frecuencia. En realidad, la IoT requiere técnicas de búsqueda en tiempo real.

**3. Coherencia semántica.** La IoT se supone que reconoce objetos con precisión y soporta una representación ligera para adaptar semántica a través de espacios inteligentes, mediante la detección e interpretación de las características de los datos del medio ambiente o información del usuario móvil. Todas estas lecturas son consideradas fenómenos físicos.

**4. Interacción espontánea.** IoT es un sistema con acoplamiento flexible con dispositivos con capacidades de computación y comunicación limitadas interactuando entre sí, para ello se requieren una interacción eficiente de manera que todo el sistema

sea escalable en tiempo real, independientemente de cuántos objetos e interacciones hayan.

## 2.7 Computación acoplada al cuerpo

Los usuarios llevan dispositivos acoplados en sí mismo, ya sea adjunto, o dentro de la tela de la ropa, o en relojes, joyas y gafa, esto es conocido en inglés por *Wearable Computing*. A diferencia de los dispositivos de mano, los *handhelds* que hemos mencionado anteriormente, estos nuevos dispositivos suelen funcionar sin que el usuario tenga que manipularlos [3].

Por lo general tienen una funcionalidad especializada. Un ejemplo son los “*active badges*”, una pequeña placa como dispositivo de computación enganchado a la ropa del usuario que transmite regularmente su identidad (que está asociada con un usuario) a través de un transmisor de infrarrojos. Otros dispositivos en el ambiente pueden leer las transmisiones de los “*active badges*”, y así responder a la presencia de un usuario cerca de su ubicación; Por ejemplo, una pantalla electrónica puede adaptarse a la presencia de un usuario mediante la personalización de acuerdo con las preferencias de dicho usuario, tal vez alterando el color de dibujo predeterminado y grosor de las líneas como se muestra en la Figura 5.

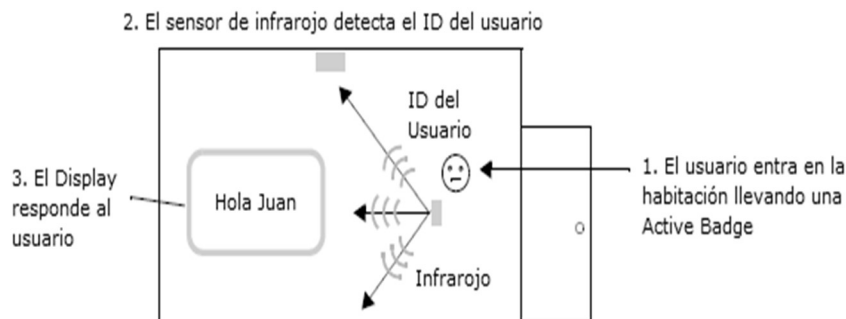


Figura 5. Una habitación respondiendo a un active badge acoplado a un usuario

## 2.8 Sensibilidad al Contexto

Las reacciones de otros dispositivos a la presencia del usuario ejemplifica la computación sensible al contexto (*Context-aware computing*) que es un subcampo importante de la computación pervasiva [3].

Esto es los sistemas de computación adaptan automáticamente su comportamiento de acuerdo a las circunstancias físicas. Dichas circunstancias pueden ser, en principio, cualquier cosa físicamente medible o detectable, tales como la presencia de un usuario, la hora del día o condiciones atmosféricas. Algunas son sencillas de determinar tales como la hora del día, pero otras requieren procesamiento sofisticado de detección como por ejemplo cambiar los modos de “vibrar” a modo “sonido” cuando pase de

estar sentado en el cine a andar por sus pasillos; determinar esto, no es trivial, dadas las imprecisiones en las mediciones de los sensores de posición.

## 2.9 Diferencia entre las redes tradicional y las redes pervasivas

Las redes pervasivas son diferentes a las redes tradicionales que nosotros conocemos. Además de utilizar las redes para conectar ordenadores que son utilizados directamente por las personas, conecta dispositivos que se comunican a través de redes de tal manera que las personas no monitorizan directamente la comunicación entre máquinas y programas. La mayoría de estas comunicaciones se producirán en una estructura de extremo a extremo que no incluye un ser humano en ningún punto.

El número de máquinas conectadas a Internet se va incrementando cada día y se espera que otros dispositivos que rodean nuestras actividades cotidianas también se unan a esta red incluyendo las nuevas redes que se construirán en nuestros trabajos o en nuestros hogares. Los tipos de dispositivos que se utilizarán para acceder a Internet no se limitarán a los ordenadores de escritorio y servidores, sino que incluirán pequeños dispositivos inalámbricos con características limitadas como las facilidades de interfaz de usuario, ancho de banda, poder de computación y potencia eléctrica; además los procesadores incrustados también estarán limitaciones tanto en la cantidad de memoria como en potencia de cálculo disponible. Muchos de estos dispositivos son móviles así que un cambio en su posición geográfica o en la topología de la red será algo común [10].

En resumen, podemos caracterizar una red pervasiva a aquella que tendrá dispositivos con las siguientes características:

- Muchos tendrán procesadores pequeños, de bajo costo con memoria limitada y poco o nada de almacenamiento persistente.
- Se conectarán a otros elementos de computación sin la intervención directa de los usuarios.
- A menudo, estos dispositivos se conectarán a través de redes inalámbricas.
- Ellos cambiarán rápidamente, a veces por ser móvil y a veces por estar en línea o fuera de línea a un ritmo ampliamente variado.
- Se podrán utilizar como una fuente de información, a menudo enviando dicha información al centro de la red a la que están unidos.

## 2.10 Computación pervasiva y su Importancia

Con la presencia de nuevos dispositivos y gracias a que a los objetos que están a nuestro alrededor se les incrustaran ordenadores, ellos se comunicaran entre sí, creando nuevos entornos con nuevas redes que deberán unirse a las redes con tecnologías tradicionales aportando nuevas capacidades, con la posibilidad de brindar servicios personalizados a usuarios [11].

Con la Internet y las tecnologías ubicuas existentes, los ordenadores acoplados al cuerpo, las redes de sensores y actuadores, las etiquetas RFID, etc., están consiguiendo hacer realidad un mundo con computación pervasiva. Dispositivos como instrumentos científicos, sistemas de entretenimiento y electrodomésticos del hogar, asistentes digitales personales, teléfonos móviles, llaveros, bibliotecas digitales, el cuerpo humano, etc., estarán en todo momento interconectado y disponible de forma transparente en cualquier lugar.

La computación pervasiva apunta a mejorar significativamente la experiencia humana y la calidad de vida, sin conciencia de la existencia de las tecnologías de computación y de comunicaciones subyacentes.

## **2.11 Características de la Computación Pervasiva**

A largo plazo, la computación pervasiva puede invadir todas las esferas de la vida: promete aumentar entre otras cosas el confort en las áreas de los hogares y mejorar la eficiencia energética; los vehículos inteligentes pueden convertir a las carreteras en más seguras, los sistemas de asistencia personal adaptativos podrían elevar la productividad del trabajo en la oficina; y en el campo de la medicina, sensores implantables y los micro-ordenadores monitorizarán la salud del usuario [12].

Como hemos visto la ubicuidad se refleja en un gran número de conceptos casi idénticos, la computación ubicua, la computación pervasiva, la inteligencia ambiental e Internet de las cosas. En la práctica, las diferencias entre estos términos podemos decir que es de carácter académico. Los siguientes rasgos caracterizan la computación pervasiva:

- La descentralización o la modularidad de los sistemas y su interconectividad global.
- Incrustación de la computación Hardware y Software en otros aparatos y objetos de uso cotidiano de una manera invisible.
- Soporte móvil para el usuario a través de los servicios de información en cualquier lugar y en cualquier momento (anywhere and anytime).
- Sensibilidad al contexto y la adaptación del sistema a los requerimientos de información actuales.

- Reconocimiento automático y procesamiento autónomo de las tareas repetitivas sin intervención del usuario.

Típicamente, los dispositivos incluyen pequeños ordenadores móviles; además, de los teléfonos móviles desarrollados hoy en día, los acoplados al cuerpo como las vestimentas inteligentes o accesorios y los implantes computarizados.

## 2.12 Principios de la Computación Pervasiva

Actualmente podemos resumir los principios de la computación pervasiva en cuatro principios básicos en: la descentralización, la diversificación, la conectividad y simplicidad [13]:

**Descentralización.** En contraste con las eras anteriores de cómputo donde un único ordenador centralizaba la realización de una amplia variedad de tareas, el enfoque de la computación pervasiva propone la existencia de muchos dispositivos que realizan tareas más especializadas. Las aplicaciones y servicios son proporcionados por múltiples dispositivos en red que coordinan el uso de sus recursos.

**Diversificación.** El enfoque de la computación pervasiva emplea una amplia conjunto de dispositivos, cada uno de los cuales puede interoperar y compartir información. Se persigue que diversos tipos de dispositivos puedan comunicarse por lo que se permitirá la agregación de nuevos dispositivos sin interferir en las infraestructuras creadas y gestionando este crecimiento diversificado de las capacidades de los dispositivos.

**Conectividad.** La Interoperabilidad requiere protocolos de comunicación que deben poner de acuerdo a todas las partes involucradas que desarrollan los dispositivos y los servicios de computación pervasiva basados en estándares. En el caso de la telefonía móvil ya existen estandarizados que permite a los fabricantes de teléfonos crear teléfonos que se comunican y comparten servicios con los teléfonos de otros fabricantes. A la par, se necesitan lenguajes de programación y protocolos que funcionan en diferentes tipos de hardware para asegurar que los servicios básicos no tengan que ser construida para cada nuevo dispositivo.

**Simplicidad.** La computación pervasiva tiene un fuerte enfoque en las cuestiones de la interacción persona-ordenador. El objetivo de diseño es que los sistemas sean fáciles de aprender, de tal forma que se puedan usar intuitivamente. Además, los dispositivos pequeños para la computación pervasiva no tienen las mismas capacidades que los dispositivos con grandes pantallas, por lo que la simplicidad del diseño debe permitir que los dispositivos y las aplicaciones sean fácil de utilizar. El ser simple tiene que ver con la creación de métodos de interacción eficaces, fáciles y agradables de la

interacción con los sistemas basados en ordenadores. El ser simple no implica ser primitivo ya que los sistemas pervasivos podrán realizar funcionalidades complejas.

## 2.13 La Internet del Futuro

El Internet del futuro estará formada por una innumerable cantidad de dispositivos electrónicos, personas o cosas, con posibilidades de conectarse en cualquier momento o lugar y de interactuar ejecutando servicios que intercambien información de los intervinientes y su entorno permitiendo su desarrollo y el mejor aprovechamiento de sus recursos: nuevos servicios, nuevas experiencias de usuario, nuevas formas de interacción, desarrollo de aplicaciones disruptivas, movilidad y ubicuidad, o diferentes modelos de negocio [14].

En marzo de 2008, durante una conferencia organizada por la Dirección General de Sociedad de la Información y Media de la Comisión Europea que tuvo lugar en Bled (Eslovenia), se sentaron las bases de lo que será la Aproximación Europea a la Internet del Futuro (“Towards a European approach to the Future Internet”), en lo que se ha llamado la “Declaración de Bled”. En dicho marco, se establecieron las seis grandes áreas que engloba la Internet del Futuro:

- Red del Futuro
- Internet de los Servicios
- Internet de las Cosas
- Internet por y para las personas (Seguridad de las Infraestructuras)
- Internet del Conocimiento (Tecnologías audiovisuales y 3D Internet), e
- Infraestructuras Experimentales

Para cada uno de las cuales se ha comenzando a desarrollar una visión estratégica, que incluye elementos de medio y largo plazo.

Los sistemas sensibles al contexto, los dispositivos electrónicos o sistemas conscientes de su entorno y que actúen de forma inteligente es parte de aquella visión de la Internet del futuro y sobre la que ya los que trabajan en la computación móvil y la computación pervasiva han proporcionado varios avances. La Internet del futuro deberá ser capaz de acoger estos conceptos y a distribuir servicios sensibles al contexto para los usuarios y diversos aparatos electrónicos que interactuarán con una red de conocimiento de detección y actuación pervasiva. Esta sería una red capaz de tomar decisiones, actuando sobre los objetos del entorno y asistiendo a los usuarios.

## 2.14 Tendencias y Desafíos de la Computación Pervasiva

En este apartado se indicaran las tendencias actuales de la computación y redes pervasivas, adicionalmente se trataran dos líneas de investigación que en los últimos años se han propuesto como retos inmediatos dentro de este campo: oportunidades de la convergencia del Mundo Cyber y el Mundo Físico así como la computación pervasiva a Escala.

#### **2.14.1 Tendencias de la investigación en computación y redes pervasivas**

En los últimos años, ha habido una serie de avances de investigación y de las tecnologías que han surgido en campos como las tecnologías de Internet, la computación móvil y distribuida, dispositivos de mano, hardware de ordenadores, redes de comunicación inalámbricas, computación y sistemas integrados, las redes inalámbricas de sensores, agentes de software, interfaces hombre-máquina entre otros. Estos avances han dado lugar a la aparición de varias aplicaciones de interconectividad y de computación pervasiva. Un ejemplo típico de este tipo de aplicaciones es la introducción de los sistemas de salud pervasivo, donde los dispositivos RFID y tecnologías de redes de sensores han permitido la introducción de capacidades de computación y comunicación en dispositivos. Este tipo de integración plantea retos de investigación que aún no se han abordado [11].

La investigación actual en computación pervasiva incluye, pero no se limita a:

**1. La heterogeneidad y la interoperabilidad de los dispositivos de computación, tecnologías de comunicación y servicios de software:** ya que existen varios tipos de entidades participando en las comunicaciones se necesitan diseñar sistemas que aseguren la cooperación y la colaboración entre ellos.

**2. Los conceptos de autonomía de la computación y redes pervasivas:** para hacer frente al rápido crecimiento de Internet y su complejidad es necesario tener una red con autogestión y la capacidad de autoreparación.

**3. La transparencia y proactividad en los dispositivos de computación existentes:** ya que se han desarrollado herramientas de computación que han conducido al concepto de “sensibilidad de la situación” (situation-awareness), por lo que ahora es necesario imaginar la necesidad de satisfacer dichas necesidades de tal manera que el usuario de un sistema puedan negociar la calidad de servicio que se adapte a sus perfiles y aplicaciones.

**4. Sensibilidad de localización (location-awareness), escalabilidad y movilidad:** en el mundo de computación actual ya no es necesario tener un controlador explícito para la interacción entre entidades y la sensibilidad al contexto (context-awareness) se ha propuesto como un novedoso e innovador paradigma para este tipo de modelo de computación inteligente.

5. **La seguridad, la privacidad y la confianza:** ya que existe una combinación de entidades intercambiando información u objetos, la protección de cada entidad, así como el entorno y el intercambio de información es imprescindible.

#### 2.14.2 Oportunidades de la era Cyber-Física

La visión de un mundo virtual superpuesto sobre el Mundo Físico en donde es posible adaptar o modificar el Mundo Físico por medio de actuadores controlado por acciones inteligentes ejecutadas por las aplicaciones y dispositivos a nuestras necesidades es parte de una visión común de un sistema de computación pervasivo, como se muestra en la Figura 6. Sin embargo, la convergencia Mundo Cyber y Mundo Físico (Cyber-Physical World, CPW) es la apertura de nuevas líneas de investigación para los investigadores de computación pervasiva. De hecho, en un mundo convergente, las acciones y la información producida en el Mundo Físico puede afectar y modificar los contextos personales y sociales, que pueden entonces afectar a cómo la información y los servicios se manejan en el Mundo Cyber [15].

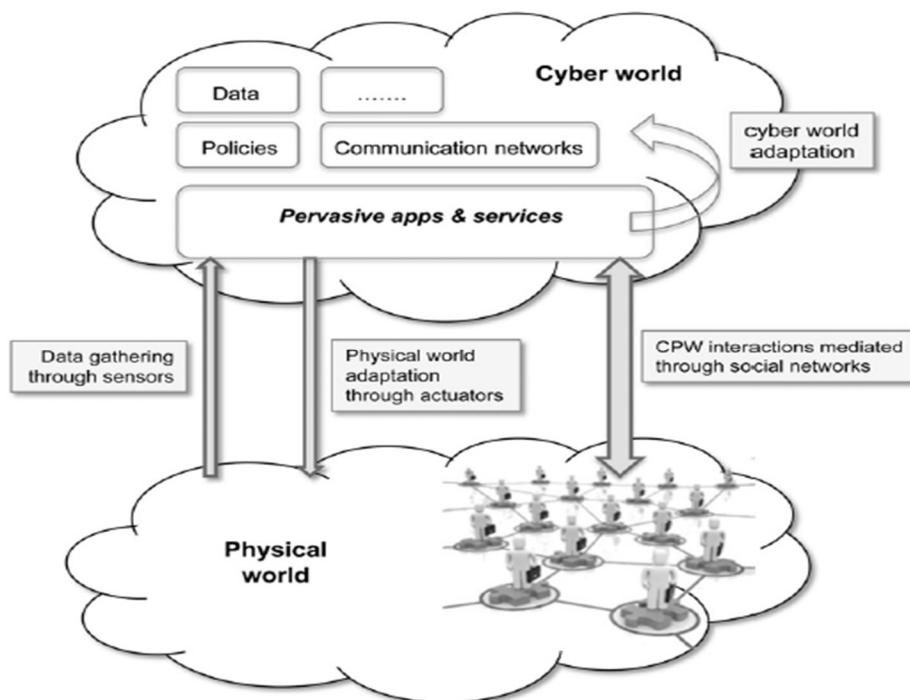


Figura 6. Interacciones entre el Mundo Cyber y el Mundo Físico

Como se muestra en la Figura 7, mediante la traducción de las relaciones humanas en el Mundo Cyber, nosotros incrustamos en los dispositivos electrónicos las relaciones sociales que permiten a los seres humanos manejar de manera efectiva y compartir grandes cantidades de información [15].

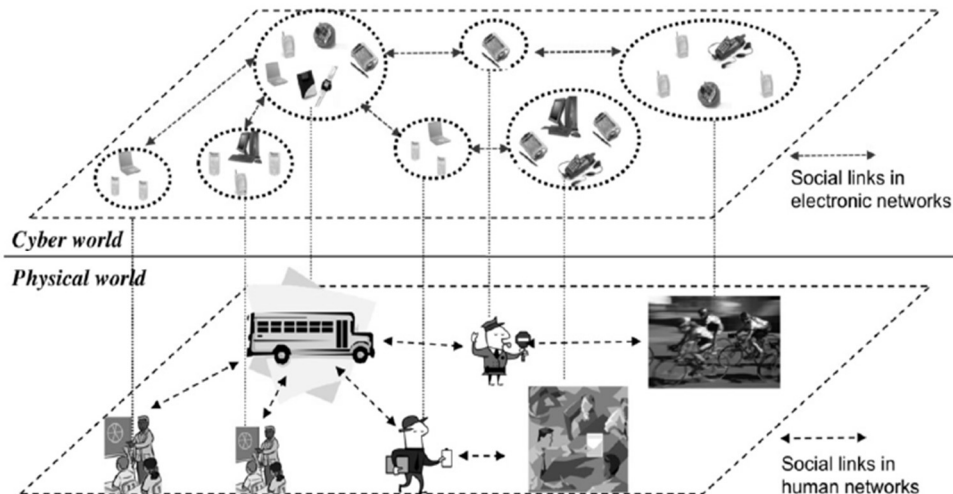


Figura 7. Relaciones sociales humanas y electrónicas

La exploración de nuevos retos de investigación ha surgido por la convergencia de los mundos Cyber y Físico. Esta convergencia se caracterizará por la enorme cantidad de información que fluye desde el Mundo Físico al Mundo Cyber (y viceversa), lo que abre grandes oportunidades de investigación para los investigadores de computación pervasiva. La información recogida por los sensores es una herramienta fundamental para la comprensión del comportamiento humano y el contexto socio/físico en el que los seres humanos operan y permite adaptar el Mundo Cyber y afectar al Mundo Físico a través de actuadores. En la convergencia CPW la comprensión de la conducta humana y los vínculos sociales constituye la base para el desarrollo de innovadores paradigmas de la computación y la comunicación como por ejemplo, la computación y las redes oportunistas) basados en redes móviles sociales. Como la información será un elemento clave se requieren técnicas adecuadas para evaluar, seleccionar, analizar y almacenar la información para facilitar el acceso y la recuperación.

Se requiere el desarrollo de estrategias de auto organización para adaptar un gran número de dispositivos al Mundo Cyber para rápidamente cambiar el mundo físico/social y lograr adaptar el comportamiento complejo del Mundo Cyber al contexto social/humano. Además, la proliferación de dispositivos de computación más pequeños y cada vez más barato del Mundo Físico provocan problemas relacionados con su seguridad y privacidad.

La lista de los desafíos de investigación es extensa: técnicas de detección de participación urbana, técnicas de detección de datos que garanticen la confidencialidad y la privacidad de datos, desarrollar y aplicación de técnicas avanzadas de minería de datos para tratar los datos y técnicas de sistemas complejos para el modelado de los comportamientos humanos y sociales a partir de los datos observados. La movilidad de los dispositivos está proporcionando una dimensión espacial adicional para la adquisición y difusión de contenidos de datos. Además, la naturaleza socio-técnica de la convergencia CPW pide novedosas e interdisciplinarios enfoques de Investigación de una mezcla de las experimentadas TIC (tecnologías de la información y las comunicaciones) y las lecciones aprendidas de la psicología aplicada, la sociología, la antropología social, la ciencia de la complejidad, etc.

Teniendo en cuenta el sin número de desafíos claves de investigación derivadas de la convergencia CPW, tres de ellos han sido discutidos en profundidad en talleres en conjunto con la US National Science Foundation y la European Commission, en colaboración con IEEE PerCom 2010:

**1. Comprender y caracterizar la interrelación entre las estructuras sociales del mundo real y las redes sociales en línea para la diseminación de datos en el Mundo Cyber-Físico:** El Mundo Cyber-Físico estará centrado en la información que los usuarios generan y que se encuentran en sus dispositivos, por lo que las redes sociales jugarán un papel importante en la distribución en una escala masiva de la información. Es necesario conocer y comprender de esta manera las relaciones del mundo real con las comunidades online; adicionalmente, las propiedades de las estructuras humanas y sus enlaces a las redes sociales existentes podrían ser explotadas para proveer seguridad confianza y privacidad.

**2. Nuevos paradigmas para la determinación del contexto en el Mundo Cyber-Físico:** El modelado de contexto y la caracterización ha sido investigado ampliamente en la literatura la computación pervasiva. Sin embargo, pero se requieren investigar nuevos métodos para la recopilación de datos de contexto en las redes sociales y de manera más general en la CPW. Son necesarias nuevas políticas y directrices para la recolección de datos de contexto en las redes sociales en donde participan no solo individuos sino también grupos, manejando la incertidumbre y el comportamiento complejo de estos sistemas. Además, se necesita metodologías para recopilación oportunista de datos de contexto, la determinación de contextos con la presencia de un gran número de personas y conocer las relaciones entre el contexto cyber y el contexto social.

**3. Los problemas de privacidad en la detección participativa del Mundo Cyber-físico:** La detección participativa tiene un papel importante en la convergencia CPW y esto crea grandes retos para la protección de datos ya que se pueden obtener

informaciones del contexto y personal privada. Por lo tanto, necesitamos procedimientos de privacidad, tales como algoritmos y protocolos, para proteger los datos detectados. Sin embargo, vale la pena señalar que el nivel de privacidad es influida por el contexto. Por ejemplo, una persona desearía que no todos sus pasos sean detectados y reportados a una determinada organización sin su permiso, pero podría renunciar a un poco de privacidad para que una determinada organización pueda proporcionarle determinados servicios deseados. Además, solemos aceptar un menor nivel de privacidad en el interior de un grupo social. En la práctica, la privacidad y el rendimiento tienen requisitos y objetivos en conflicto. Es de suma importancia determinar el balance para satisfacer ambos puntos de vista. A menudo, los antecedentes culturales, la psicología, las barreras de ubicación geográfica y las políticas regulatorias juegan un papel crítico.

### **1.14.3. Computación pervasiva a Escala**

Casi dos décadas de investigación ha estado centrada en desarrollar el núcleo de las tecnologías de computación pervasiva y en estos últimos años se ha planteado otra línea de investigación conocida como computación pervasiva a escala (Pervasive Computing at Scale), o PeCS [16].

Por escalabilidad se refiere a la capacidad del sistema para mantener con un nivel de eficacia el aumento del sistema. Aunque no todas las aplicaciones de computación pervasiva son a gran escala, se apuesta por su escalabilidad en futuras aplicaciones. Por ejemplo, mientras que los sistemas actuales de computación pervasiva tienen la capacidad de realizar un seguimiento de los individuos y analizar sus patrones de comportamiento, los futuros sistemas PeCS pueden escalar a redes de área metropolitanas como las ciudades inteligentes y las comunidades inteligentes que aprenden de la información y las tendencias de comportamiento de una región geográfica mas grande.

## **3 Los Componentes de los sistemas de computación pervasiva**

### **3.1 Los Componentes de los sistemas de computación pervasiva desde el punto de vista de las áreas tecnológicas**

Las soluciones tecnológicas han sido en cierta forma una base fundamental para describir los componentes de los sistemas de computación pervasiva. Es así que la computación pervasiva surgió de la conjunción de las siguientes áreas: dispositivos y sistemas móviles e integrados, las comunicaciones inalámbricas, la computación distribuida, la computación móvil y la computación sensible al contexto. Han existido una serie de desarrollos tecnológicos que han potenciado el desarrollo de los sistemas pervasivos entre los cuales podemos citar:

- La miniaturización y el diseño de circuitos integrados complejos ha proporcionado una gran capacidad de integración de la lógica computacional en una gran variedad de dispositivos. La convergencia de la ubicuidad computacional y la integración de dispositivos proporciona un mecanismo para ajustar la percepción de los usuarios y hacer a estos dispositivos dentro de este tipo de sistemas físicamente más invisibles.
- Las comunicaciones inalámbricas garantizan la invisibilidad del sistema pervasivo permitiendo la comunicación de múltiples dispositivos o componentes.
- Décadas de investigación en computación distribuida, aprovechando los conceptos y algoritmos diseñados para el acceso remoto, la alta disponibilidad y la tolerancia a fallos, son la base del desarrollo de este tipo de sistemas.
- Las capacidades de la sensibilidad del contexto de los sistemas pervasivos es otro de los pilares fundamentales que permiten la invisibilidad lógica para complementar su invisibilidad física garantizada por el dispositivo integrado. Esta permite al sistema ajustarse por sí mismo a los patrones de conducta exhibidos por su usuario y a los factores del entorno que lo rodea, lo cual incluye el tiempo, la ubicación, otros usuarios, objetos y sistemas.

A continuación se examinan varios aspectos adicionales de los desarrollos de los componentes constitutivos convergentes para implementar la visión de la computación pervasiva [17].

#### **3.1.1 Dispositivos móviles e Integrados**

Los avances en la tecnología de diseño de circuitos integrados al logrado mover una parte o toda la lógica computacional lejos de los componentes tradicionales dentro de dispositivos y en partes del entorno cotidiano. Esto ha permitido hacer frente a los problemas de la movilidad en redes de dispositivos portátiles heterogéneos. Los sistemas de computación pervasiva se enfrentan a una serie de problemas específicos

causados por sus topologías ad-hoc y dinámicas; estos problemas incluyen la gestión de energía, sensibilidad de localización y la tolerancia a fallos.

La migración de la potencia de cálculo hacia nuevos dispositivos en red que cooperen abarcando una amplia gama de objetos, incluidos los sistemas de navegación de automóviles y los elementos de los ambientes de los hogares inteligentes, trae consigo nuevos problemas en la interacción humano-ordenador. Hoy disponemos de nuevos métodos de interacción humano-ordenador, táctiles y de reconocimiento de voz y gestos.

Adicionalmente, hay que considerar la multimodalidad que juega un papel creciente en la prestación de interfaces más genéricas, que hagan una previsión de la disponibilidad limitada de los dispositivos de entrada y salida, tamaños de pantallas, o potencia de batería en los casos de aplicaciones de alto consumo de energía.

### **3.1.2 Comunicaciones Inalámbricas**

Las tecnologías de comunicaciones inalámbricas es un componente importante que contribuye a la invisibilidad de los sistemas computación pervasivos. La tecnología de comunicaciones inalámbricas sigue siendo un campo relativamente joven y de rápido crecimiento con una investigación muy activa en muchas áreas críticas tales como, la interferencia de la señal, la calidad del servicio, la privacidad y la seguridad. Las tres categorías de estándares de comunicación inalámbrica que dominan este campo se dividen en protocolos para redes de área personal, protocolos para redes de área locales y protocolos para redes de área amplia. Las redes de área personal se pueden implementar utilizando una serie de tecnologías que incluyen IrDA y Bluetooth. Infrared Data Association (IrDA) fue una de las primeras implementaciones comerciales, es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en infrarrojos, de corto alcance. Aunque IrDA disfrutó de un breve período de popularidad a finales de los años 90 y principios de 2000 entre los desarrolladores de PDA y ordenadores portátiles, fue sustituido por las tecnologías de radiocomunicaciones como Bluetooth el cual ha sido diseñado para dispositivos con bajo consumo de energía.

Los protocolos de comunicación inalámbrica para redes de área local se describen en la familia de estándares IEEE 802.11, utilizan la transmisión por radio, lo que resulta en posibilidades significativas de interferencia debido a un alcance de señal más largo, y debido a la absorción y la dispersión por obstáculos. Los protocolos 802.11 han sido ampliamente implementados en entornos industriales. La mayoría de los "hotspots" inalámbricos existentes funcionan con los estándares 802.11b/g/n. Estos protocolos han sido utilizados por un gran número de iniciativas para cubrir áreas más amplias (campus universitarios, barrios urbanos y ciudades enteras) con acceso inalámbrico a Internet. Sin embargo, existe una tecnología alternativa que puede ser una mejor

opción para este tipo de aplicaciones WiMAX, que es una tecnología de telecomunicaciones basadas en el estándar IEEE 802.16 destinado a proporcionar acceso a la red inalámbrica en largas distancias. Debido a sus características de ancho de banda y alcance, WiMAX es adecuado para proporcionar alternativas a este tipo de tecnologías de banda ancha de última milla como el cable y DSL, y proporcionar acceso de red a las aplicaciones y usuarios con movilidad.

Muchos dispositivos móviles existentes implementan uno o más protocolos de comunicación inalámbrica, además de sus protocolos celulares nativos. Muchos de los teléfonos inteligentes, incluyendo iPhone, incorpora ambos protocolos Bluetooth y el 802.11. De esta manera los dispositivos móviles se convierten en componentes viables que pueden integrarse en un sistema de computación pervasiva.

### **3.1.3 Movilidad**

Las arquitecturas de software y de red han sido afectadas por las tendencias en la miniaturización de dispositivos y a su movilidad. La carga de la batería es una de las limitaciones más importantes, ya que todas las operaciones de cómputo que realizan consumen batería y su importancia es elevada en los dispositivos móviles inalámbricos. Para tratar de resolver este tipo de problemas hay protocolos como IEEE 802.11 que proporcionan los estados de "reposo" a los dispositivos móviles y podrían apagar sus transmisores durante períodos prolongados cuando no estén en uso. Existe por otro lado el esquema de reducir la cantidad de operaciones de alto consumo de energía que un dispositivo debe ejecutar con el fin de realizar una tarea determinada, mediante introducción de múltiples niveles de operatividad de los dispositivos dentro de un entorno de computación pervasiva. Así, las tareas de almacenamiento de datos y uso intensivo del procesador de larga duración son delegadas a partes del sistema que tengan recursos disponibles, y los dispositivos móviles con un menor consumo de energía estarían concentrados en las tareas locales de alta prioridad.

La movilidad de dispositivos tiene un impacto significativo en la arquitectura de los sistemas en red, la itinerancia plantea algunos problemas de investigación tales como el manejo de las capacidades de IP móvil, el ruteo de los dispositivos y la replicación de datos en los periodos de desconexión.

Además, la movilidad tiene que considerar el impacto en el diseño de arquitecturas de software móviles y pervasivos, recurriendo a nuevos enfoques en donde los usuarios y los dispositivos se mueven alrededor, activando y la produciendo una gama dinámica de eventos, la itinerancia a través del cambio de un conjunto de recursos heterogéneos, tales como entornos operativos y las modalidades de entrada/salida. Los sistemas de computación pervasiva constan de un gran número de sensores, dispositivos y sistemas móviles, por lo que parece idónea una arquitectura de software

en donde exista un procesamiento ubicuo con funciones atómicas que se puedan ensamblar y así poder tener determinadas combinaciones para resolver una tarea en particular. Un ejemplo son los sistemas orientadas a servicios en donde se permiten a través de un conjunto de servicios proporcionar aplicaciones con tal modularidad que complementa la naturaleza modular y distribuida de sistemas de computación pervasiva.

#### **3.1.4 Computación Distribuida**

La computación distribuida es el proceso de dividir una tarea computacional en una serie de pequeñas sub-tareas que deben completarse de forma simultánea a través de un número de procesadores u ordenadores. Un sistema de computación distribuida consta de dos o más dispositivos de computación interconectados y autónomas que proporcionan la capacidad de compartir los recursos lógicos y físicos. Los modernos sistemas distribuidos suelen ofrecer alternativas rentables cuyo rendimiento es comparable al de las superordenadores y que han sido usados por la comunidad científica para realizar experimentos de simulación computacionalmente costosos que involucran grandes cantidades de datos, en campos como la astrofísica y la climatología.

Los sistemas distribuidos generalmente incluyen componentes que juegan uno de los tres posibles roles:

- Los clientes son los usuarios humanos u otros sistemas quienes acceden a los servicios de un determinado sistema de computación distribuida.
- Los recursos son cualquiera de los dispositivos físicos u objetos conectado al sistema, como impresoras u objetos lógicos, como archivos de datos o bases de datos, que residen dentro o son controlados por el sistema distribuido y disponible para los clientes.
- Los administradores de recursos son entidades software que regulan las políticas y el acceso a los recursos dentro del sistema distribuido.

Los típicos sistemas distribuidos a través del administrador proveen acceso transparente a través de identificadores únicos independiente de la ubicación del recurso. Además, si el sistema distribuido proporciona movilidad a los recursos se dice que ofrece transparencia de migración.

Las investigaciones en computación distribuida proporcionan una sólida base conceptual para la computación pervasiva como los mecanismos para el acceso remoto a la información, la seguridad y la privacidad, la alta disponibilidad y tolerancia a fallos juegan un papel cada vez más importante en el desarrollo de sistemas de computación pervasiva.

### 3.1.5 Sensibilidad al contexto e Invisibilidad

La sensibilidad al contexto es un factor vital que permite la invisibilidad de los sistemas de computación pervasiva. Los sistemas sensibles al contexto pueden ajustar sus propiedades y el comportamiento de acuerdo a la información sobre el estado actual del usuario, como el estado fisiológico, los patrones de comportamiento, orientación y ubicación, localización geográfica, o las propiedades del alrededor del entorno, tales como la hora del día y otros usuarios, objetos y sistemas cercanos.

Los sistemas pervasivos actuales son capaces de integrar una serie de fuentes de información de contexto y ajustar su comportamiento a las situaciones u oportunidades posiblemente imprevistas por ejemplo alertar a un usuario cuando se encuentra cerca de un estacionamiento que venden su gasolina favorita a un muy buen precio. Los sistemas sensibles al contexto a través de cierto grado de inteligencia en las aplicaciones pueden anticiparse a las reacciones del usuario para los eventos pertinentes, eliminando así el cuello de botella que se considera la atención del ser humano, manteniendo un equilibrio cuidadoso entre la proactividad y la invisibilidad del sistema.

El mantenimiento de un grado de invisibilidad es un requisito importante para un sistema de computación pervasiva: prediciendo la intención del usuario de forma correcta evitando que la presencia del sistema sea revelada. Por ejemplo, supongamos que un usuario está viendo una transmisión de video en un dispositivo móvil inalámbrico. A medida que el usuario se mueve alrededor, si el ancho de banda comienza a limitarse o la señal se ve afectada un sistema pervasivo debería tener la capacidad de adaptarse dinámicamente en respuesta estos factores sin alterar significativamente la experiencia del usuario, cambiando a una conexión con un ancho de banda más alto o proporcionar al usuario un flujo de vídeo de fidelidad inferior.

La capacidad del sistema para adaptarse a los factores de cambio en su entorno es otra consideración importante de la preservación de la invisibilidad del sistema. Típicamente, los sistemas pervasivos necesitan adaptarse a los cambios en la disponibilidad de los recursos, sin revelar las inconsistencias en el suministro de los recursos tales como el ancho de banda de red, la memoria y los ciclos de procesamiento disponible. Debido a la naturaleza de las comunicaciones inalámbricas es difícil proporcionar garantías de conectividad en entornos de computación pervasiva, pero existen estrategias que proponen ajustar dinámicamente la fidelidad de la transmisión en base a los recursos disponibles de transmisión. Por ejemplo, ajustando la calidad del vídeo a uno menor, o proporcionar un flujo de solo audio (en situaciones de muy baja disponibilidad de ancho de banda) o reducir la carga de procesamiento en un

dispositivo que tienen poca potencia. Como alternativa, se puede implementar esquema de QoS basado en reserva de esta manera el usuario podría usar un nivel específico de servicio a priori. La infraestructura de red de un sistema pervasivo será capaz de determinar si hay recursos suficientes para satisfacer las necesidades del usuario y asignar estos recursos en concordancia.

Por último, la infraestructura de computación pervasiva podría notificar de forma dinámica al usuario acerca de los cambios en la disponibilidad de recursos y ofrecer una selección de las acciones correctivas. Por ejemplo, un usuario puede recibir una sugerencia del cambio de su localización a una en donde exista un mayor ancho de banda disponible y así mejorar la calidad de la transmisión. Algunos de estos escenarios son conceptuales pero los esfuerzos para ponerlos en práctica son impulsados por los laboratorios de investigación y el mercado consumidor

### **3.2 Modelo conceptual de computación pervasiva**

Como se ha comentado anteriormente los primeros pasos en la evolución de los sistemas de computación pervasiva tuvieron de base a los sistemas distribuidos y a los sistemas móviles. Figura 8 muestra una vista de un sistema de computación pervasiva formado por la integración de un sistema distribuido y un sistema móvil [18].

Actualmente, los avances tecnológicos necesarios para construir un entorno de computación pervasiva se divide en cuatro grandes áreas: dispositivos, redes, middleware y aplicaciones [19].

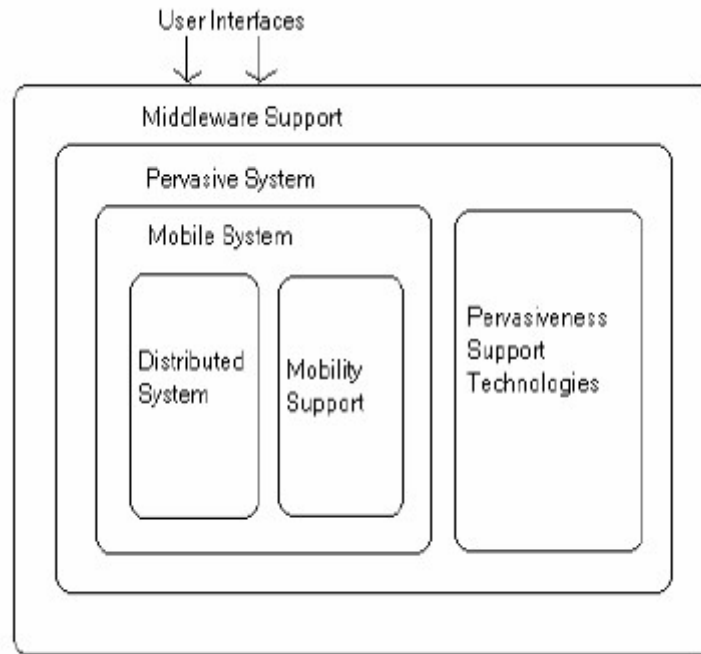


Figura 8. Una vista de un sistema de computación pervasiva

### 3.2.1 Dispositivos pervasivos

Un entorno inteligente es probable que contenga muchos diferentes tipos de dispositivos:

- Dispositivos tradicionales de entrada, tales como ratones o teclados y dispositivos de salida, como altavoces o diodos emisores de luz;
- Dispositivos móviles inalámbricos, como los buscaperonas, asistentes digitales personales (PDA's), teléfonos móviles, palmtops, etc.;
- Dispositivos inteligentes, tales como electrodomésticos inteligentes, baldosas con sensores incorporados, y los biosensores.

Idealmente, la computación pervasiva debe abarcar a todos y cada uno de los dispositivos del mundo que tengan incorporado inteligencia activa y pasiva.

### 3.2.2 Redes pervasivas

Se espera que el número de dispositivos pervasivos se siga multiplicando rápidamente en los próximos años. Habrá muchos más PDAs, dispositivos electrónicos de consumo, tales como teléfonos móviles, buscaperonas, set-top boxes y de dispositivos cotidianos adicionales, tales como máquinas expendedoras, refrigeradores y lavadoras con chips incorporados y conectados a una red pervasiva. Con este auge de los dispositivos habrá la necesidad de realizar ajustes a las infraestructuras de redes actuales tanto en su renovación como en su ampliación. Internet jugará un papel en la

modificación o adaptación de las aplicaciones existentes para integrar completamente estos dispositivos de computación pervasiva en los sistemas sociales existentes.

### **3.2.3 Middleware pervasivo**

La computación pervasiva requiere una "Shell" middleware como interfaz entre el núcleo de redes y las aplicaciones de usuario final que se ejecutan en los dispositivos pervasivos. Este middleware mediará las interacciones con el núcleo de red en nombre del usuario permitiéndole al usuario el acceso al sistema pervasivo. La composición del middleware en su mayoría es firmware y software que se ejecuta en modo cliente-servidor o en modo peer-to-peer. Las interfaces de usuario son otro aspecto del middleware y pueden usar técnicas sofisticadas que los navegadores de estándar de Web que proporcionan alta calidad de visualización. La computación móvil ya ha introducido micro-navegadores.

### **3.2.4 Aplicaciones pervasivas**

La computación pervasiva está más centrada en el entorno que en la computación móvil o basada en la web. Esto significa que las aplicaciones servirán de guía para los problemas relacionados con el middleware y las redes en gran medida. Si consideramos un paciente enfermo del corazón que lleva un monitor implantado y que se comunica de forma inalámbrica con ordenadores que son capaces de detectar y reportar anomalías, dicho monitor debe saber cuándo hay que dar la alarma, en función del conocimiento sobre el entorno. Esto es mucho más que una simple comunicación inalámbrica (ver Figura 9).

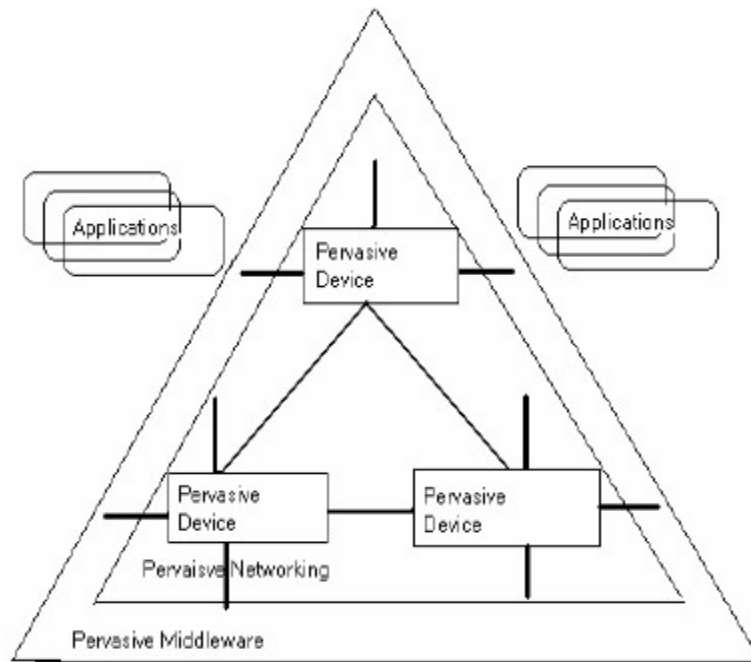


Figura 9. Modelo conceptual de Computación Pervasiva

### 3.3 Principales componentes funcionales de los Sistemas Pervasivos

Un objetivo primordial de la computación pervasiva es que el usuario utilice las prestaciones de la computación pervasiva intuitivamente y de manera fácil, lo cual se puede lograr automatizando la provisión de servicios digitales basados en la información que es recopilada acerca de la situación de uso. Lo importante es eliminar el cuello de botella que se considera la atención del ser humano, manteniendo un equilibrio cuidadoso entre la proactividad y la invisibilidad de las prestaciones del sistema que se encuentran en segundo plano [20].

Técnicamente, hay un conjunto de componentes funcionales principales que se encuentran en la mayoría de los sistemas pervasivos, a continuación se proporciona una breve introducción a los bloques de construcción básicos comunes de los sistemas pervasivos. Una visión general se da en la Figura 10, en donde las flechas indican los flujos de información. El icono que representa un ojo se refiere a la capacidad del sistema para detectar el mundo real, el otro icono marcado con una "i" representa la información y los servicios de nivel superior prestados al usuario.

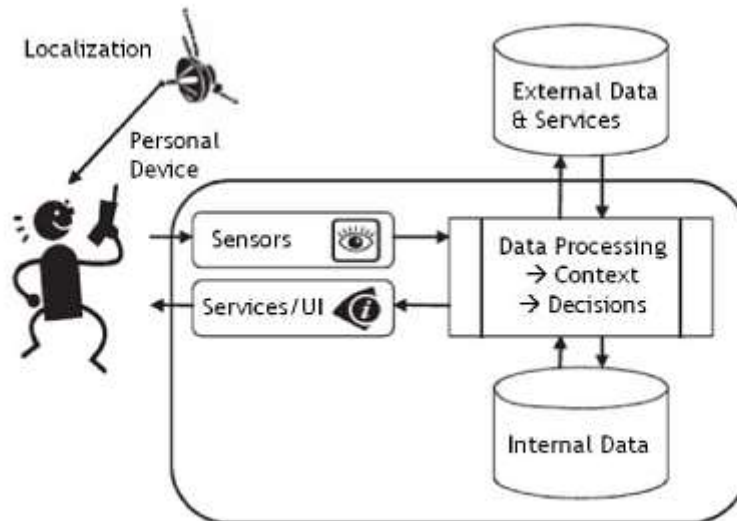


Figura 10. Componentes de la computación pervasiva

En esta configuración, los componentes básicos son:

- Un **dispositivo personal** que lleva el usuario, con el fin de permitir la interacción con el entorno pervasivo. Es el punto de conexión principal del usuario y la puerta de entrada al mundo digital.
- El término **sensores** se relaciona con todos los componentes que recopilan información, por ejemplo sobre el usuario y el entorno. Tales prestaciones de detección pueden por ejemplo ser integrados en los dispositivos, el entorno o incluso ser proporcionadas por los seres humanos de diversas maneras.
- Por medio de la **localización**, la ubicación de un usuario, la cual representa la información de los sensores, puede ser computada y proporcionada a las prestaciones del procesamiento de datos del entorno.
- La **transferencia de datos e información** entre los componentes del sistema distribuidos es soportada por una infraestructura de comunicación inalámbrica, posiblemente distribuida.
- La **recopilación, el procesamiento y almacenamiento de datos** pueden ocurrir tanto a nivel local en el dispositivo personal del usuario, así como de manera centralizada, por ejemplo, en un servidor alojado por un proveedor de servicios como parte de la infraestructura de computación "invisible".
- Las funcionalidades de **procesamiento de datos** proporcionadas facilitan una evaluación de la información de los sensores con el fin de calcular el contexto del usuario y del entorno, es decir, la información significativa que caracteriza a la situación de uso. Basados en la información de contexto, es posible calcular las decisiones con respecto a la información del usuario o los servicios necesarios y por consiguiente automatizar las reacciones del sistema. En esta tarea, los datos internos

recogidos y disponibles pueden complementarse con datos externos, que se solicita a través de agentes negociadores de datos externos, posiblemente a través de Internet, para ampliar la base de información. La capacidad emergente del entorno a reaccionar sobre (y posiblemente adaptarse a) las situaciones externas es lo que abarca la sensibilidad al contexto.

### **3.4 La seguridad en los sistemas de computación pervasiva**

En los siguientes apartados se tratarán algunos temas relacionados con la seguridad de las aplicaciones de computación pervasiva en donde se abordarán los principales factores como la necesidad de la seguridad TI en diversos escenarios y los desafíos a abordarse para asegurar seguridad en un sistema pervasivo [20].

#### **3.4.1 Seguridad, Seguridad Multilateral y Sistemas Pervasivos**

La seguridad de TI está preocupada de la identificación de las vulnerabilidades de un sistema y del establecimiento de contramedidas (objetivos de protección) que eviten las distintas amenazas o acciones intencionales de grupos con comportamientos no deseados dentro de los sistemas de computación para impedir que se exploten dichas vulnerabilidades. Estos requerimientos de protección normalmente son satisfechos por sistemas concretos que intentan hacer cumplir los objetivos de protección de los grupos intervinientes.

Los grupos que pretenden violar intencionalmente los objetivos de protección se indican como adversarios. La mayoría de los objetivos de protección más comunes son a menudo resumidos por la tríada CIA (por sus siglas en Inglés de Confidentiality, Integrity y Availability):

- Confidencialidad: la información no debe ser revelada a grupos no autorizados.
- Integridad: la información no debe ser modificada por grupos no autorizados.
- Disponibilidad: la información no debe estar accesible para grupos no autorizados.

La obtención de los objetivos de protección en los sistemas pervasivos cooperativos es un problema complejo ya que involucran múltiples partes en donde se utilizan las TIC para la interacción y la cooperación en la prestación de los servicios del sistema.

Por ejemplo, en un entorno pervasivo en donde el usuario da su ubicación a sistemas pervasivos de recomendación social que promuevan lugares cercanos, el usuario requeriría los servicios de protección del proveedor del servicio que garanticen que solo su ubicación es proporcionada con su consentimiento. Otro interés pueden ser trazar el perfil de los usuarios en un entorno colaborativo en donde un empleador desearía conocer si las horas de trabajo de los empleados están siendo realmente devengadas, lo cual puede sobrepasar ciertos límites de privacidad de los empleados. El análisis de un escenario de aplicación colaborativa puede poner de relieve los

conflictos inherentes con respecto a la seguridad y la privacidad subyacentes, que se deben a diferencias personales, legales o de organización de los participantes.

En general, uno de los objetivos de los sistemas pervasivos es fomentar la colaboración pero los requisitos de seguridad de los grupos y entidades participantes están a menudo en conflicto. Este problema se aborda con el concepto de seguridad multilateral que tiene en cuenta los requerimientos de seguridad de todos los involucrados y tiene como objetivo equilibrar los intereses opuestos en una forma aceptable, basados en la confianza y honestidad entre las partes con el objetivo de diseñar protocolos de seguridad y sistemas que permitan la colaboración. Independiente de esto la aplicación efectiva de un sistema de seguridad multilateral es una tarea muy difícil y compleja.

### **3.4.2 El desafío de asegurar un sistema pervasivo**

En la última sección se comentó que en primer lugar, un sistema puede ser considerado seguro si los objetivos de protección definidos están satisfechos, y, en segundo lugar, la seguridad en la computación pervasiva debe ser multilateral, es decir, tener en cuenta los objetivos legítimos de todas las partes involucradas.

La implementación de seguridad en los sistemas pervasivos tiene un costo relacionado con el consumo de recursos, los esfuerzos del desarrollo y el despliegue y toma de conciencia por parte de los usuarios o la protección podría confinarse en la funcionalidad del sistema.

En los últimos años, una gran cantidad de literatura ha revisado los desafíos que han aparecido con el fin de hacer sistemas pervasivos seguros, los cuales indican que tales sistemas están llenos de potenciales riesgos de seguridad y de privacidad que van más allá de la mera protección de la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad. Se destacan varias capas:

- Capa Dispositivo/Técnica: ¿Qué mecanismos disponibles y técnicas básicas de seguridad se pueden aplicar para asegurar un sistema pervasivo? ¿De qué manera un enfoque elegido interactúa con los dispositivos pervasivos, por ejemplo con respecto a las imitaciones de recursos?
- Capa Protocolo/Sistema: ¿Cómo se pueden construir protocolos y esquemas seguros sobre los fundamentos que se dan en los sistemas pervasivos? ¿Qué conceptos de seguridad son adecuados para integrar de manera efectiva partes conectadas libremente y generar sistemas emergentes más grandes, y sin embargo seguros?
- Capa Humano/Organizacional: ¿Cómo una aplicación pervasiva es percibida por sus usuarios? ¿Cuál es el nivel de aceptación alcanzado? ¿Qué otros problemas

organizativos tienen una influencia en el establecimiento de objetivos específicos de protección? ¿Cómo se puede transmitir el nivel de protección a los usuarios?

En general se deben tener en consideración:

- El uso de mecanismos básicos como el cifrado o técnicas de autenticación, aunque existen temas por investigar como la idoneidad de aplicación en dispositivos con recursos limitados;
- Que debe existir correspondencia de seguridad entre las funcionalidades del sistema pervasivo con la de los grandes sistemas existentes;
- Los enfoques teóricos de seguridad en un mundo real pueden causar problemas prácticos y por tanto conflicto con los objetivos de seguridad, por ejemplo, las limitaciones impuestas de los usuarios finales.

### 3.4.3 Privacidad y la necesidad de la protección de la privacidad

La seguridad multilateral también tiene relación con la protección de la privacidad la cual aborda los requisitos de privacidad de los individuos y sus relaciones con las regulaciones existentes.

Los problemas de privacidad han tenido connotaciones negativas en los sistemas pervasivos ya que incluso han logrado compararlo con los sistemas de vigilancia. La privacidad fue considerada el talón de Aquiles de la computación pervasiva. Sin embargo, la privacidad es un complejo problema social, jurídico y técnico.

A continuación se expondrán las conceptualizaciones atadas a la privacidad y a la protección de la privacidad: bases legales, el problema de la privacidad de localización, nociones sobre la privacidad y la responsabilidad (accountability).

#### **Fundamentos Legales**

El concepto de privacidad ha cambiado a la par con el desarrollo tecnológico, a finales del siglo XIX fue conceptualizado como el derecho a estar solo. Por tener una idea de las repercusiones del concepto indicaremos que en esos años ya se disponía de la fotografía y en los periódicos su divulgación era algo común, pero al mismo tiempo fueron necesarios fundamentos legales para proteger a los individuos de situaciones inoportunas.

Una definición más moderna y que se sigue usando hoy en día dada por Westin indica que: "La privacidad es el reclamo de personas, grupos o instituciones para determinar por sí mismos cuándo, cómo, y en qué medida la información sobre ellos se comunica a los demás" [21]. Esta última definición sobre la privacidad a dado lugar a los denominados Prácticas de Información Justas (FIPS-Fair Informations Practices), las cuales son un conjunto básico de directrices para la gestión de información

personal. Desde la perspectiva jurídica EE.UU., Canadá, Europa, así como las legislaciones de privacidad de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) se basan en ellos y los extienden. En resumen, los FIPS incluyen los siguientes principios:

- Atención y conciencia: Un individuo debe ser consciente de que entidades están recopilación información personal sobre él y con qué propósito esto ocurre.
- Consentimiento y limitación de uso: Los datos sobre una persona sólo puede ser recogidos si la persona está de acuerdo, y el uso de la información personal recopilada debe estar limitada para fines especificados y acordados.
- Acceso y participación: Una persona debe ser capaz de acceder a sus datos personales almacenados, y ser capaz de refutar la exactitud de dichos datos.
- Integridad y Seguridad: Los datos que se recogen deben tener la seguridad que es precisa y deben ser protegidos contra el acceso no autorizado, divulgación y uso.
- Rendición de cuentas: Debe haber mecanismos establecidos que hagan cumplir la protección de la privacidad según lo declarado por los principios dados. Aún más, un recopilador de datos debe ser responsable por cualquier falla para cumplir con los principios acordados para brindar protección.
- Minimización de los datos: La recolección de datos personales debería limitarse a lo que es relevante y necesaria para el cumplimiento de un propósito específico. Los datos sólo deberían conservarse durante el tiempo que se necesite.

Los principios presentados proporcionan directrices abstractas para la protección de la privacidad desde el punto de vista legal y no especifican en detalle técnicos para una implementación. Esta compleja tarea está a menudo dirigido por las comunidades de investigación más técnica de entre ellas las de computación pervasiva.

### **Privacidad de localización**

Dentro del mundo de las TIC pervasivas se han identificado nuevas formas de privacidad debido a las propiedades de la computación pervasiva:

- Invisibilidad: las aplicaciones de computación que usan las TIC tienen como objetivo hacer dichas tecnologías invisibles a los usuarios, sin embargo pueden crear datos que estén relacionados con ellos.
- Detección: los sensores constantemente perciben los posibles aspectos sensibles del entorno y de las acciones asociadas de sus usuarios.
- Amplificación de memoria: los datos recogidos se pueden almacenar y hacerlos accesible más tarde.

En particular, la información de localización representa uno de los tipos más importantes de información de contexto explotados por los sistemas pervasivos. Hace

referencia a la definición más general dada por Westin, Duckham y Kulik que establece que: "La privacidad de localización puede ser definida como un tipo especial de privacidad de la información que se refiere al derecho de los individuos para determinar por sí mismos cuándo, cómo y en qué medida la información de localización sobre ellos se comunica a los demás" [22].

El conocer la localización de una persona, puede tener consecuencias negativas ya que maliciosamente puede ser aprovechada para ataques físicos a la persona o a sus bienes. Al mismo tiempo se pueden realizar inferencias sobre las preferencias o problemas de salud a través del conocimiento de la presencia en reuniones, visitas medicas, lo cual puede impactar en la vida social y económica de las personas. Sin embargo, el alcance actual y futuro de tales efectos negativos es difícil de estimar.

### **Nociones y métricas de privacidad importantes**

Los aspectos de la privacidad que se han discutido hasta ahora son un poco formales ya que se basan en definiciones legales o en base a ejemplos de posibles escenarios. Desde el punto de vista técnico los problemas de la protección de la privacidad se tratan desde el punto de vista de dos conceptos fundamentales: el anonimato y la imposibilidad de vinculación.

Dentro de estas nociones, al hablar de un adversario, se refiere a una entidad que trata de eludir los medios de protección dados de una manera no deseada.

- El anonimato: es el estado de no ser identificable dentro de un conjunto de temas, el llamado el conjunto anonimato. Esto permite ocultar las entidades que ejecutan una transacción de manera anónima sin identificadores lo que impide que los adversarios sean incapaces de asociar una acción específica con un tema determinado.
- Imposibilidad de vinculación: tiene como objetivo ocultar las relaciones de los elementos de los sistemas, esto impide que los adversarios puedan enlazar varias acciones con los recursos o servicios de un determinado tema.

Tanto el anonimato y la imposibilidad de vinculación se refieren a la implementación de un estado de protección. De manera más general, los mecanismos de seguridad de carácter técnico proponen el anonimato y la imposibilidad de vinculación.

#### **3.4.4 Protección de la privacidad frente a Responsabilidad**

Como se ha discutido hasta ahora, la protección de la privacidad es un requisito de seguridad asociado a los intereses de los individuos. En un sistema pervasivo que

pretende la seguridad multilateral, también hay otros intereses que se tienen que considerar como es la Responsabilidad (Accountability).

La responsabilidad es el objetivo de protección que asegura que las entidades pueden hacerse responsables de sus acciones, por lo que es posible vincular y asociar únicamente acciones de una entidad a esa entidad. La responsabilidad se requiere a menudo debido a las regulaciones legales u organizativas. Un concepto complementario es el de la evidencia digital, es decir, "cualquier información de valor probatorio que se almacena o transmite en forma digital".

Un sistema pervasivo que detecta hechos del mundo real y acciones, así como los registros de estos hechos en los registros diarios, produce grandes cantidades de evidencia digital, en caso de que ese tipo de información pueda ser considerada de valor probatorio. Si se soporta la vinculación de acciones de una determinada entidad esto está en conflicto con la protección de privacidad: mientras que los objetivos de protección de privacidad ocultan las relaciones entre los usuarios y las acciones, la responsabilidad tiene por objeto establecer las relaciones. A nivel técnico, la posibilidad de vinculación para los grupos autorizados tiene que estar equilibrada con la imposibilidad de vinculación.

El concepto de responsabilidad también se puede ver desde una perspectiva diferente: tanto los usuarios como las entidades recolectores de datos están sujetos a cumplir con los principios de protección de datos tomando la responsabilidad de sus acciones. Esto está ligado con la transparencia: un usuario debe ser capaz de enterarse como su información se usa y si los grupos responsables cumplen con la protección de la privacidad.

## 4 Las Tecnologías de la Computación Pervasiva

### 4.1 Áreas convergentes de las Tecnologías de la información y comunicaciones

La convergencia de la electrónica avanzada y particularmente de las tecnologías inalámbricas y la Internet, ha permitido el incremento de la conexión de dispositivos de computación de manera ubicua en el entorno. El objetivo de los sistemas pervasivos es brindar un sistema ubicuo discretamente integrado en el entorno, completamente conectado, intuitivo, de fácil portabilidad y constantemente disponible. Los dispositivos de computación pervasiva son pequeños dispositivos que tienen como objetivo pasar desapercibidos (invisibilidad), sean estos portátiles o acoplados en casi cualquier tipo de objeto, incluidos automóviles, herramientas, electrodomésticos, ropas y diversos bienes de consumo, todos comunicándose por medio de redes interconectadas entre sí. Estos dispositivos normalmente operan en entornos de red con dispositivos de control y conectados a un concentrador central. Se provee aplicaciones de fácil uso para hacer frente a entornos de alta heterogeneidad y con cambios dinámicos y controlando dispositivos con muy diferentes características (tamaño de pantalla, métodos de entrada, sistemas operativos, etc.). La computación pervasiva está hoy cada vez más cerca de los usuarios a través del uso de dispositivos de uso diario: teléfonos móviles, televisores, paredes con pantallas táctiles, etc., ayudándole al control de su entorno y permitirle el acceso a la información desde cualquier lugar [23]. La computación pervasiva envuelve tres áreas convergentes de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) en constante desarrollo: Dispositivos de computación, Conectividad e Interfaces de usuario.

#### 4.1.1 Dispositivos de computación

Los dispositivos de los sistemas de computación pervasiva (Pervasive Computing System - PCS ) probablemente asuman muchas formas y tamaños, desde las unidades de computación de mano (handheld), similares a los teléfonos móviles, hasta dispositivos cercanos a lo invisible fijados que se fijaran en los objetos de la vida cotidiana (como muebles y ropa). Todos ellos serán capaces de comunicarse entre sí y actuar inteligentemente. Tales dispositivos se pueden separar en tres categorías:

- Dispositivos de pantalla muy pequeña (hasta 4 pulgadas aproximadamente)
- Dispositivos de pantalla pequeña (hasta 8 pulgadas aproximadamente)
- Dispositivos de pantalla mediana (hasta 15 pulgadas aproximadamente)

Esta forma de clasificar los dispositivos es una aproximación para interpretar sus capacidades. El tamaño de la pantalla de los dispositivos está correlacionado con los recursos computacionales, con la memoria, el procesador, el tipo de conexión

inalámbrica y determina los tipos de las posibles interacciones. Las pantallas pequeñas conducen a menos recursos computacionales y determina el espacio disponible en la parte posterior de la unidad para otras partes (ver Figura 11).



Figura 11. Dispositivos móviles de computación pervasiva

Como se ha comentado la tecnología consiste en dispositivos integrados, que pueden ser tanto fijos como móviles y podrían acoplarse al cuerpo (ver Figura 12). Estos dispositivos están vinculados y se comunican entre sí. El sistema pervasivo forma la red de manera espontanea.

Dependiendo de la gama de los dispositivos podemos encontrar las siguientes características: teclados, LCD, lápiz especial (stylus), conexión inalámbricas, envío y recepción de mensajes de texto vía web basados en texto, recursos computacionales mínimos y un conjunto de aplicaciones preinstaladas (e-mail, texto solamente HTTPClient), entre 2 y 500 MB de RAM o más(hoy podrían alcanzar los GB), a menudo un procesador lento, comunicación estándar a través de un puerto de infrarrojos simple con un intercambio de datos simple y fiable a distancias muy cortas. Otros dispositivos podrían soportar conexión modem inalámbrica y/o una conexión Ethernet inalámbrica (802.11b), pantallas sensibles al tacto, manejo de un cliente HTTP liviano.



Figura 12. Dispositivos acoplables al cuerpo de la computación pervasiva

#### 4.1.2 Conectividad

Los sistemas de computación pervasiva están basados en la interconexión de dispositivos electrónicos independientes en redes amplias. Esto se puede lograr a través ya sea por tecnologías de redes de cables (tales como Internet de banda ancha (ADSL) o Ethernet) y con tecnologías de redes inalámbricas (como WiFi o Bluetooth), con los propios dispositivos siendo capaces de evaluar la forma más eficaz de la conectividad en cualquier situación dada. El desarrollo efectivo de los sistemas de computación pervasiva depende de su grado de interoperabilidad, así también como de la convergencia de los estándares para las tecnologías alámbrica e inalámbrica que incluye la tecnologías indicadas a continuación.

##### 4.1.2.1 Redes peer-to-peer (P2P)

Podemos extraer fácilmente los paralelismos con la computación ubicua y ver por qué los sistemas peer-to-peer parecen atractivos para la solución de problemas en la computación ubicua. En ambos casos, nos encontramos ante un sistema con muchas entidades independientes, que actúan de forma autónoma y en colaboración con otras entidades para prestar los servicios al usuario (o de otras entidades). Esta similitud obvia hace peer-to-peer tecnologías una posibilidad lógica para la construcción de sistemas de computación ubicua [24].

La idea básica detrás de las redes P2P es la compartición de archivos y programas y la comunicación directa de personas a través de Internet, sin tener que contar con un servidor centralizado. Se pueden crear espacios de trabajo privados para el intercambio de archivos e información, la creación de bases de datos y la comunicación

instantánea. Los Peers en los PC de escritorio pueden compartir archivos directamente en una red. El alquiler de la potencia de cálculo puede resolver problemas de recursos en las empresas más pequeñas, mejorando así la potencia de las aplicaciones web [23].

#### ***4.1.2.2 Nanotecnología***

Entre otras investigaciones, la nanotecnología prevé crear ordenadoras del tamaño de una molécula, con el objeto de utilizarlos para construir materiales igual al acero con nuevas propiedades que permitan construir automóviles y edificios de oficinas e infraestructuras invisibles.

#### ***4.1.2.3 Los Chips y la red***

Los Net-ready chips son un método de bajo costo para llegar a la Internet. Con los protocolos de Internet ya disponibles se pueden incrustar en los aparatos electrodomésticos, que luego se pueden conectar fácilmente a Internet. Ellos pueden funcionar como etiquetas que poseen información completa sobre el objeto que se etiqueta e incluyen detalles como la fecha y lugar en que se fabricó.

#### ***4.1.2.4 La tecnología inalámbrica***

Las conexiones inalámbricas a Internet ayuda a acceder a la Red a través de los teléfonos móviles, asistentes personales digitales (PDA) y ordenadoras portátiles inalámbricas. El usuario puede por ejemplo en tiempo real tener acceso a registros de inventario, listas de precios, pedidos y estado de la cuenta del cliente y pueden reservar una venta casi instantáneamente.

#### ***4.1.2.5 La computación distribuida***

La computación distribuida es la potencia de procesamiento de miles de PCs agregadas para crear un super ordenador. Un servidor centralizado subdivide una tarea computacional grande en pedazos más pequeños. A continuación, asigna estos pedazos a miles de ordenadoras de escritorio, cada uno de los cuales realizan una tarea pequeña y devuelve los resultados al servidor.

#### ***4.1.2.6 El procesamiento de la Voz***

Un software de reconocimiento de voz más especializado pronto permitirá a los usuarios interactuar más activamente con ellos, incluso los documentos podrán ser editados a la perfección a través de comandos de voz. Llegando a los límites finalmente el hombre será capaz de hablar con todas sus máquinas y ordenarle que hagan lo que desee.

### **4.1.3 Interfaces de Usuario**

Las nuevas interfaces TIC de entrada/salida del usuario de los sistemas de computación pervasivos, se están desarrollando para que sean capaces de detectar y suministrar al ordenador más información para su procesamiento acerca de los usuarios, y de una mayor amplitud del entorno. Las futuras interfaces de usuario permitirán entradas de información visual, por ejemplo, el reconocimiento de la cara de una persona, o el de hacer frente a los gestos. También podrían estar basadas en el sonido, el olor o el reconocimiento táctil u otras informaciones sensoriales como la temperatura. Las salidas también podrían estar en algunos de dichos formatos. La tecnología podría "reconocer" al usuario y adaptar el entorno físico para satisfacer las necesidades y demandas específicas. Sin embargo, el diseño de sistemas que se puedan adaptar a situaciones imprevistas presenta considerables desafíos de ingeniería.

## **4.2 Interfaces Perceptivas**

### **4.2.1 Seguimiento de la mirada (Gaze Tracking)**

Las Interfaces de usuario atentas (AUI - Attentive User Interfaces) están relacionadas con las interfaces de usuario perceptivas (PUI - Perceptual User Interfaces), que incorporan entrada multimodal, salida multimedia y capacidades perceptivas de la apariencia humana para crear sistemas con interacciones naturales humano-ordenador. Mientras que el énfasis de la PUI está en la coordinación de la percepción entre el humano y la máquina, el énfasis de la AUI está dirigido a la atención entre el ser humano y la máquina. Para que un sistema asista a un usuario, no sólo debe percibir el usuario, sino que también debe anticipar al usuario modelándolo obteniendo inferencias sobre él. Las AUI necesitan entradas multimodal: el habla, el gesto, la mirada, y así sucesivamente [19].

Por ejemplo: SUITOR (Simple User Interest Tracker) llena un tablero de desplazamiento en la pantalla del ordenador con la información relacionada con la tarea actual del usuario. SUITOR sabe dónde usted está mirando, las aplicaciones que se están ejecutando, y qué páginas web usted puede estar navegando, de tal forma que por ejemplo: si una persona está leyendo una página Web acerca de una determinada compañía el sistema presenta los últimos precios en stock o las últimas noticias de los

artículos de negocios que podrían afectar a dicha compañía. SUITOR es un sistema atento ya que atiende lo que las personas están haciendo, escribiendo, proponiendo, de tal forma que pueda asistir con información que ellos necesitan.

#### 4.2.2 Apuntamiento mágico

Permite que los ojos de los humanos afecten el movimiento del cursor. Esta tarea es poco práctica debido a que muchos movimientos oculares son involuntarios y ocasiona rápidamente fatiga al usuario. Hay que considerar también los conflictos que puede haber con el manejo del cursor a través del dispositivo de apuntamiento con las manos, o los dedos en las pantallas táctiles.

Se espera que en el futuro la tecnología de seguimiento de la mirada sea común, las personas la encontrarán en "entornos atentos", lugares que contendrán multiplicidad de dispositivos de computación, simplificando la tarea del reconocimiento de voz. Estos dispositivos sabrán que están siendo mirados, y podrán, en efecto, poner atención, pero sin luchar con otros dispositivos por ofrecer sus facilidades, para que las acciones se den con exactitud.

#### 4.2.3 Dispositivos sensibles a la geometría

El "*acceso ocasional a la computación*" es una de las capacidades de los sistemas pervasivos que significa que los ordenadores deberían estar siempre disponible en cualquier lugar en un espacio debidamente equipado, sin que el usuario este obligado a llegar molestos dispositivos acoplados o ir al escritorio para lograr acceso. A través de los dispositivos de entrada especializados, el usuario siempre será capaz de señalar al ordenador. Por el contrario, a través de los dispositivos de salida especializados, el ordenador siempre será capaz de señalar al usuario. Con los sensores apropiados, (cámaras, sensores de presión, active badges, etc.), los usuarios se pueden señalar discretamente, conociendo la ubicación y su identidad, así como el contexto en un espacio dado. Para dicha señalización es necesario el conocimiento del espacio físico más allá de simplemente la proximidad del usuario a los dispositivos apropiados.

Hay varias formas en las que la simple tarea de informar al usuario de una llamada telefónica o correo electrónico podría fallar sin un modelo geométrico adecuado:

- La pantalla utilizada como visualizador (aunque a pulgadas de distancia) está detrás del usuario, por lo que el mensaje visualizado no se puede ver.
- El altavoz utilizado para hacer sonar una señal de llamada está al otro lado de la pared de donde está el usuario, el sonido es amortiguado por la pared.

Con un modelo geométrico, se pueden tomar las decisiones apropiadas para seleccionar un dispositivo sobre otro, en base a su ubicación física, por ejemplo, una gran pantalla alejada del usuario podría ser más apropiada que una pequeña pantalla junto a él. Se hace necesario un diseño de sistemas basadas en la configuración dinámica de los dispositivos de E/S. El conocimiento geométrico es un componente necesario para lograr una decisión ideal, pero no es suficiente ya que el contexto y otros conocimientos del mundo sirven de ayuda. Actualmente, los sistemas electrónicos de computación y del hogar tienen un modelo mundial extremadamente empobrecido.

La incorporación del conocimiento geométrico básico al sistema de computación pervasivos aumenta en gran medida el entendimiento compartido entre el usuario y el sistema. De esta manera se establece un modelo que delimita con precisión los dispositivos con el que se interactúa. Para que los sistemas pervasivos tengan utilidad, debe haber una comprensión del espacio físico que está relacionado con la del usuario, de lo contrario la proliferación de dispositivos inteligentes aumentara la complejidad de la experiencia del usuario en lugar de simplificarla.

La "*computación extensible*" es otra de las capacidades de los sistemas pervasivos. Un aspecto de tal extensibilidad es "extensibilidad de recursos", por el cual los nuevos dispositivos se convierten en nuevos recursos que el sistema puede utilizar a voluntad aprovechando sus funcionalidades. Otro aspecto es la "extensibilidad física." Si se añade una nueva cámara, no sólo amplía los recursos del sistema como un nuevo dispositivo, sino que también se extiende la cobertura física del sistema. La complejidad introducida por la extensibilidad física puede ser simplificada mediante el uso de la geometría. Los procesos de localización de un usuario deberían involucrar a solo los dispositivos que rodean al usuario, reduciendo gastos computacionales. Para un dispositivo que está tratando de comunicarse en un contexto sensible a la localización, la geometría proporciona un mecanismo para evitar la difusión a todo el sistema.

En otras palabras, mediante la utilización de la información sobre el mundo físico, las búsquedas de dispositivos pueden tener un alcance fiable y preciso. La extensibilidad de recursos se facilita en gran medida por la capa de abstracción que ofrece un modelo geométrico. Con un modelo geométrico es posible utilizar diferentes tecnologías de localización con determinados métodos de percepción, usándolo como una capa que simplifica la combinación de sensores de dichos métodos de percepción que entregan información de ubicación al modelo.

Un modelo geométrico puede ocultar esta complejidad, permitiendo que las aplicaciones utilicen el conocimiento geométrico y sea independiente de una tecnología

de percepción en particular. Muchos sistemas de entornos inteligentes han evitado usar un modelo *geométrico explícito* a través de la introducción manual de la configuración física de los dispositivos, considerando varios enfoques:

- la presencia de la red convertida en una ubicación conjunta,
- la codificación manual de las interacciones disponibles,
- de otra manera representan implícitamente la información geométrica necesaria.

**Configuración fija:** Solo adecuada para fines de demostración, ya que las PDAs, los teléfonos móviles, los ordenadores portátiles, etc. van a cambiar de lugar con frecuencia. Otro tipo de dinamismo se produce cuando se compra un nuevo dispositivo para la casa, el automóvil o la oficina, es preferible evitar que el usuario tenga que realizar alguna tarea de configuración mas allá de la de dar potencia y conectividad de datos.

**Geometría Implícita:** Más allá de asumir una configuración fija de los dispositivos, un enfoque próximo directo es utilizar la *geometría implícita*, suponiendo que la red o la conectividad de datos es equivalente a una ubicación conjunta. Por ejemplo, un par de ordenadores que pueden comunicarse vía RF se pueden considerar que tienen una ubicación conjunta. Hacer este tipo de hipótesis sin un modelo geométrico más preciso se puede traducir en un conjunto excesivamente amplio de dispositivos potencialmente disponibles. Para los sistemas de demostración de una sola habitación, de nuevo, este supuesto es razonable; que deja de ser viable cuando el sistema tiene que escalar a espacios más grandes.

**Dispositivos dedicados:** Otra alternativa para tener un modelo geométrico es acoplando directamente a dispositivos particulares para tareas particulares. Sin embargo, esto escala débilmente, tanto en términos de la complejidad del sistema y su extensibilidad. Por ejemplo, un sensor infrarojo (IR) de movimiento puede estar vinculado a las luces de la habitación.

#### 4.2.4 Ordenadores acoplados al cuerpo

Algunos ordenadores acoplados al cuerpo son básicamente ordenadores de escritorio o portátiles que han sido reducidas de tamaño para acoplarlas al cuerpo, otro emplean una nueva amplia tecnología. La Entre los retos de los ordenadores acoplados tenemos: la forma de minimizar su peso y volumen, cómo y dónde ubicar la pantalla, y qué tipo de dispositivo de entrada de datos ofrecer. Un determinante número de este tipo de ordenadores se ha diseñado para personas con discapacidad. Algunas de las aplicaciones previstas para los ordenadores acoplados al cuerpo incluyen:

- Memoria Aumentada, un concepto originado por Thad Starner y está siendo desarrollado por Bradley Rodas en el Media Lab del MIT, en el cual una persona

entra en una habitación y su ordenador acoplado al cuerpo podría detectar la presencia de personas y recordarle sus nombres o la historia personal, o un organizador personal podría susurrar en el oído el momento de una reunión importante.

- Acceso inmediato a datos importantes para cualquier persona cuya ocupación requiere la movilidad, tales como agentes de bienes raíces, médicos rurales, bomberos y profesionales de la policía, abogados en los tribunales, apostadores de caballos, el personal militar, corredores de bolsa, etc.

#### 4.2.5 Espacios Inteligentes

Una casa o edificio inteligente es una casa o edificio, por lo general uno nuevo que está equipado con cableado estructurado especial para que los ocupantes controlen de forma remota o programen un conjunto de dispositivos electrónicos del hogar automatizado mediante la introducción de un único comando. La red doméstica abarca los sistemas de comunicaciones, entretenimiento, seguridad, comodidad, y de información. Los espacios inteligentes permiten:

- Identificar y percibir a los usuarios, a sus acciones y objetivos
- Tener entradas de habla, de lenguaje natural y visión por ordenador
- Interactuar con las fuentes ricas en información
- Permitir a los dispositivos que se integren en el espacio físico y en los dispositivos presentes en dicho espacio.
- Proveer amplias capacidades de presentación de información
- Comprender y anticipar las necesidades del usuario durante la ejecución de la tarea
- Proporcionar una mejor memoria y resúmenes de actividades para su uso posterior

Una tecnología conocida como Power Line Systems Carrier (PCS) se utiliza para enviar señales codificadas a lo largo de existente cableado eléctrico de un hogar a los interruptores programables o a las tomas de corrientes. Estas señales transmiten comandos que corresponden a las "direcciones" o las ubicaciones de dispositivos específicos, y que controla cómo y cuando esos dispositivos operan. Un protocolo común para el PCS es conocido como X10, una técnica de señalización para controlar de forma remota cualquier dispositivo conectado a una línea de alimentación eléctrica. En Europa, la tecnología para equipar a los hogares con dispositivos inteligentes se centra en el desarrollo del European Installation Bus o Instabus. Este protocolo de control integrado para la comunicación digital entre los dispositivos inteligentes se compone de una línea de bus de dos hilos que se instala junto con el cableado eléctrico

normal. El European Installation Bus Association (EIBA) es parte de Konnex, una asociación que tiene como objetivo estandarizar las redes domésticas y de edificaciones en Europa. Las versiones del EIB para cables eléctricos así como los sistemas inalámbricos para radio e infrarrojo están también ya disponibles. La versión EIB.net también puede utilizar las redes de datos normales, de conformidad con los estándares IEEE 802.2 y una extensión del EIB.net permite el reenvío, por ejemplo a través de un router IP normal y por lo tanto la conexión EIB a través de Internet.

#### 4.2.6 La Movilidad y las Redes

Un entorno de computación pervasiva puede ser muy heterogéneo con un gran número de dispositivos inteligentes conectados que son desplegados para proveer colaborativamente servicios transparentes a los usuarios y se habilita a través de diversas tecnologías avanzadas, particularmente tecnologías inalámbricas y la Internet. La computación móvil surgió de la integración de la tecnología móvil con la Web, y la facilidad de uso del módulo de identidad del abonado (SIM) permite operar cualquier teléfono de tecnología celular. Además, los usuarios ya pueden acceder al mismo punto en la Web desde diversos dispositivos: varios PC en la oficina o el hogar, teléfonos móviles, los asistentes digitales personales (PDA), etc. A la mayoría de los usuarios, lo que les importa es lo que una máquina en particular puede ofrecer del mundo digital y el uso de las tarjetas SIM demuestra que el sistema final es cada vez menos importante que el acceso al mundo digital. El objetivo "en cualquier momento/en cualquier lugar" (anytime anywhere) de la computación móvil es esencialmente en un enfoque reactivo al acceso de información, pero que prepara el camino para la computación pervasiva que tiene un objetivo proactivo: "en todo momento y en todas partes" (all the time everywhere). La computación pervasiva necesita de la movilidad y requieren el apoyo para la interoperabilidad, la escalabilidad, la elegancia, y la invisibilidad para asegurar que los usuarios tengan un acceso transparente a la computación siempre que lo necesiten. Los pequeños ordenadores que se mezcla y confunde en nuestras vidas diarias están comenzando a ayudarnos a vivir una vida más sana, a predecir la ruptura de nuestras máquinas y podría potencialmente invadir nuestra privacidad.

En el MIT, los investigadores están estudiando cómo situar sensores del tamaño de una moneda, en interruptores de luz, puertas de los gabinetes de medicina, sillas, y otros lugares invisibles en toda la casa lo que puede ayudar a la vigilancia biométrica de la salud. El objetivo: Mantener a los ancianos que viviendo en casa el mayor tiempo posible, lo que reduce los costos de salud y proporciona tranquilidad a las familias [25].

Axeda vende dispositivos que realizan un seguimiento en tiempo real del equipamiento médico, de oficina, y de equipos industriales, e informa a los propietarios utilizando Internet. Los dispositivos se pueden utilizar para ayudar a predecir fallos, ayudar al mantenimiento remoto, y permitir a los fabricantes ver cómo los clientes utilizan sus productos [26].

Ember actualmente propiedad de Silicon Labs desarrollo redes inalámbricas que conectan microcontroladores, tales como los chips que controlan la calefacción, la ventilación y los sistemas de aire acondicionado en los edificios. Las redes pueden automáticamente manejar los trasposos y redirigir las señales, lo que garantiza una red de "auto-reparación" sin un solo fallo [27].

### 4.3 Tecnologías de localización

Existen sistemas de localización que están basados en técnicas y principios específicos de localización y varias características distinguen las diferentes soluciones, tales como la tecnología subyacente de señalización (por ejemplo, IR, RF, detección de carga, la visión por ordenador, o la audición), los requisitos de línea visual, exactitud, y el costo de la escalabilidad de la solución en el espacio y en el número de objetos [5].

Es importante tener en cuenta que no hay un solo sistema de ubicación perfecto. Cada sistema debe ser evaluado en base a la aplicación que se pretende a través de una variedad de dimensiones, tales como su precisión, los requisitos de infraestructura, la capacidad de escalar, etc.

La Tabla 1, resume los sistemas de localización, las dimensiones que se deben considerar cuando se evalúa, construcción y uso en un sistema de localización. Una consideración importante es el rendimiento o la precisión del sistema, y su resolución (por ejemplo, la resolución baja para las previsiones meteorológicas y de alta resolución para la navegación interior). Al mismo tiempo, hay que considerar los requisitos de infraestructura para evaluar la facilidad de despliegue, el coste y la instalación, y la carga de mantenimiento.

Por ejemplo, los sistemas de localización para el hogar presentan varios desafíos. Un desafío importante es el costo. En un entorno comercial, suelen existir más recursos disponibles, por lo que una empresa puede justificar la inversión en función de la productividad agregada y la reducción de otros costos. Por otro lado, el dueño de casa promedio tendría dificultades para justificar un alto costo. También, considere un investigador que quiera instalar sistemas de localización en varios hogares para un estudio. El costo de desplegar simultáneamente un sistema en múltiples hogares es mucho mayor que un solo edificio comercial más grande, tal como un edificio de oficinas o un hospital, porque partes de la infraestructura tienen que ser replicado para

cada casa que se está estudiando. Otras consideraciones importantes son los requisitos espectrales del sistema de localización ya que en ciertas partes de un hospital existen regulaciones muy estrictas sobre emisiones de RF. Por lo tanto, en estos entornos, se puede elegir una solución basada en IR. Otra consideración importante puede ser si es práctico tener al personal llevando una etiqueta de ubicación. Por último, algunas aplicaciones pueden requerir la protección de la privacidad de las personas, por lo que el requerimiento de un sistema de localización que calcule su ubicación localmente será necesario en lugar de un servidor central.

	Location Type	Resolution, Accuracy	Infrastructure Requirements	Location Data Storage	Spectral Requirements	Location System Type
Active Badge	Symbolic Indoor	Room level	IR Sensors and customs tag	Central	IR	Custom active tagging
ActiveBat	Absolute Indoor	3 cm, 90%	Ultrasonic (US) receivers and transmitters	Central	30 kHz ultrasound and 900 MHz RF	Custom active tagging
ActiveFloor	Symbolic Indoor	1 m, 91%	Custom floor tiles	Central	Load sensor	Passive
Airbus	Symbolic Indoor	Room level, 88%	Single sensor in HVAC	Central	Pressure sensor	Passive
Cricket	Absolute Indoor	3 cm, 90%	US receivers and transmitters	Local	30 kHz ultrasound and 900 MHz RF	Custom active tagging
GPS	Absolute Outdoor	10 m, 50%	GPS receiver	Local	1500 MHz RF	Custom active tagging
PlaceLab (GSM)	Symbolic Indoor/Outdoor	20 m, 90% 5 m, 50%	Existing GSM towers	Local	900–2000 MHz RF	Active tagging
LaceLab (WiFi)	Symbolic Indoor/Outdoor	20 m, 50%	Existing WiFi APs	Local	2.4 GHz RF	Active tagging
PowerLine Positioning	Symbolic Indoor	2 m, 93% 0.75 m, 50%	2 plug-in module and custom tag	Local or central	300–1600 kHz RF	Custom active tagging
RADAR	Symbolic Indoor	6 m, 90% 2–3 m, 50%	3–5 WiFi APs	Local	2.4 GHz RF	Active tagging
Ubisense	Absolute Indoor/Outdoor	15 cm, 90%	Custom sensors and tags	Central	2.5 GHz and 6–8 Ghz wideband RF	Custom active tagging
Vision	Absolute Indoor/Outdoor	1 m, 50–80% (varies by camera density)	Multiple cameras	Central	RF for wireless cameras	Passive

Tabla 1. Tecnologías de Localización

#### 4.4 Tecnologías en entornos inteligentes

La Internet de las Cosas (IoT) es un desarrollo reciente en el área de la computación pervasiva. La computación pervasiva está siendo utilizada por algunos autores como sinónimo, otros consideran la computación pervasiva como la tecnología de computación que penetra en los objetos cotidianos. Le tomó cerca de una década a las tecnologías subyacentes madurar hasta ser probados en los primeros escenarios pervasivos realistas de los laboratorios. Esta primera fase de la computación pervasiva fue bastante eufórica, con la idea de instrumentar cada cosa, creando redes masivas de sensores inalámbricos y dispositivos de computación reduciéndolos a "polvo inteligente" o pintados en las paredes [28].

La siguiente fase trajo el choque con la realidad: Todos estos pequeños dispositivos tendrían que ser administrado, necesitarían el suministro de energía, y ser aceptados por los usuarios. Así, en la actualidad encontramos una revisión del enfoque, teniendo en cuenta un menor número de dispositivos, que estarían cableados o en forma inalámbrica dependiendo de los requerimientos, y más inteligencia programada en los dispositivo, que requieren algoritmos más sofisticados. La Internet de las cosas se centra en el aspecto de las redes de computación pervasivas, con una gran cantidad de comunicación entre los dispositivos, así denominado, así como las comunicaciones de Máquina a Máquina (Machine-to-Machine Communication - M2M). A continuación se introducirán las tecnologías de internet de las cosas desde la perspectiva de las Smart Cities, para tener una aproximación más extendida de las tecnologías pervasivas en entornos inteligentes.

Una Smart City es un ecosistema formado por los componentes existentes en una ciudad en donde subsisten infraestructuras de comunicación que tienen capacidad de detectar datos del entorno; además, proporcionar servicios de gestión de la información y control de sus componentes a los agentes participantes en tiempo real o en diferido [29], [30]. Todos los elementos presente en una ciudad incluidas las infraestructuras de la información y comunicaciones están interconectados y la dependencia de energía y el consumo de recursos tienen un impacto directo con el ambiente tal como se muestra en la Figura 13. Este nuevo concepto de ciudad inteligente trae consigo la oportunidad de que los sistemas inteligente en dichas ciudades ayuden sus componentes a hacer un uso racional de sus recursos con el objetivo de hacerla sostenible [31].

En el año 2010, Telefónica clasifico los componentes tecnológicos de las Smart Cities: un conjunto de tecnologías de detección y recolección de datos, de comunicaciones de datos, de almacenamiento y análisis de datos acompañada además de una plataforma de prestación de servicios [29], [30].

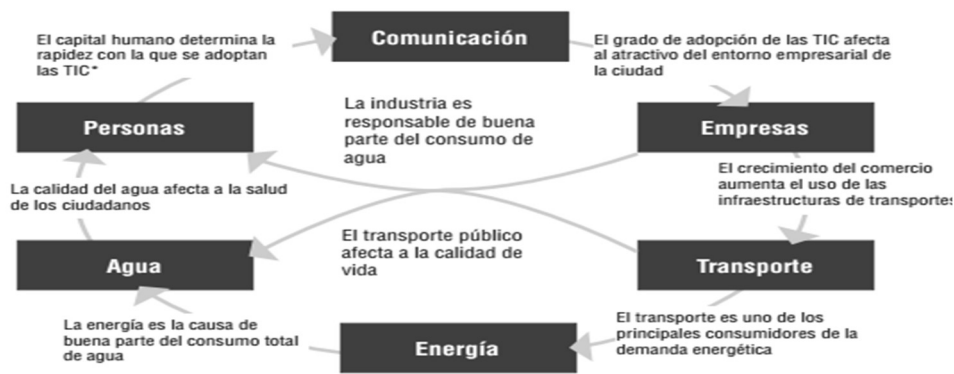


Figura 13. Interrelación entre los sistemas de la ciudad

#### 4.4.1 Tecnologías de detección y recolección de datos

Los sensores recolectan la información (por lo general variables físicas) del entorno de la ciudad, se pueden integrar a las infraestructuras urbanas ya sean la vía pública o en los sistemas de distribución de servicios que envuelven la ciudad, en todo tipo de vehículos, o anclarlos a animales o personas, o en general en cualquier objeto que este fijo o tenga movilidad y que esté conectado a la red de comunicaciones de la ciudad. La Figura 14 se muestra una serie de sensores de cómo ejemplos [29], [30].



Figura 14. Ejemplos de sensores

Podemos definir un sensor (también llamado un detector) como un dispositivo que responde a un estímulo físico, mide la cantidad estímulo físico, y la convierte en una

señal, generalmente eléctrica, que puede ser leída por un observador o por un instrumento [32]. En base a esta definición, un sensor es básicamente un dispositivo eléctrico. Podría ser un terminal M2M (Machine-to-Machine), un lector RFID (Radio Frequency IDentification, identificación por radiofrecuencia), o un medidor de SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition Supervisión,Control y Adquisición de Datos). En este último caso cabe indicar que los sistemas SCADA permiten la automatización de procesos industriales complejos en los que el control humano es poco práctico.

A continuación se listar algunos tipos de sensores [32] [33]:

- Acústica, Sonido, Vibración
- Automoción, Transportación
- Químico
- Corriente eléctrica, Potencial eléctrico, Magnético, Radio
- Medio ambiente, Clima, Humedad
- Flujo, Velocidad del fluido
- Fuerza, Densidad, Nivel de fluidos
- La radiación ionizante, Partículas subatómicas
- Instrumentos de navegación
- Óptico, Luz, Formación de Imágenes, Fotones
- Posición, ángulo, Desplazamiento, Distancia, Velocidad, Aceleración
- Presión
- Proximidad, Presencia

Además de los sensores tenemos a los actuadores y diferentes dispositivos, entre los que hay que incluir los móviles de las personas, diferentes aparatos del entorno del hogar, los existentes en los vehículos, así como los dispositivos de medida situados en infraestructuras fijas, como mobiliario urbano, edificios, sistemas de canalización y tuberías, estaciones meteorológicas, etcétera.

Los sensores y actuadores tienen las siguientes características [34]:

- Detección. Los sensores tienen la capacidad de ejecutar la detección de las cosas, y la recolección de datos recogidos suelen ser realizada por los actuadores para realizar acciones determinadas.
- Comunicación. Los sensores y actuadores pueden establecer comunicaciones alámbricas o inalámbricas, y pueden ser conectados en redes heterogéneas entre las cosas interconectadas.
- Identificación. Las cosas pueden ser identificados por los sensores a través identificadores o atributos (por ejemplo: tamaño, ubicación y temperatura). Por lo

tanto, las identidades físicas y atributos de los objetos físicos y sus correspondientes identidades y atributos del mundo cyber se pueden correlacionar con el mapeo mutuo de sus relaciones.

- Interacción. Las cosas pueden interactuar con el entorno que les rodea y los sistemas back-end a través de la detección y las capacidades de control.

Las redes de sensores actuales tienen multitud de usos y cada una con diferentes estándares, protocolos y formatos de datos, por lo que es necesaria una plataforma que gestione esas diferencias (Ver Figura 15).



**Figura 15. Medidores conectados a Internet**

Los sensores disponibles en los teléfonos inteligentes pueden generar grandes cantidades de datos útiles en tiempo real por lo que la red de comunicaciones de la ciudad debe actuar en consecuencia optimizando sus servicios. Los sensores adaptados a un objeto recuperan información del entorno y desencadenan una acción y son localizables en todo momento. Así, los teléfonos inteligentes se han convertido en el dispositivo número uno para la penetración de la IOT, lo cual exigirá que los sensores comiencen a tener cierto grado de capacidad de proceso o almacenamiento de datos y puedan así realizar ciertas tareas de manera autónoma.

Ya se ha indicado la posibilidad de tener como sensor a los lectores RFID dentro del grupo de tecnologías de detección y recolección de datos ya que la información contenida en las etiquetas RFID puede ayudar a generar acciones dentro de un sistema. En paralelo, hay otras tecnologías como: NFC (Near Field Communication) y los populares códigos BiDi y QR que pueden ser leídos por los teléfonos móviles y permite a hoy a los usuarios realizar determinadas acciones (ver Figura 16). A los sistemas interesados en adoptar esta tecnología dichos datos les permitirán crear servicios que exploten la información contenida en dichos códigos. La tecnología NFC tiene ya su uso con los teléfonos móviles (ver Figura 17).

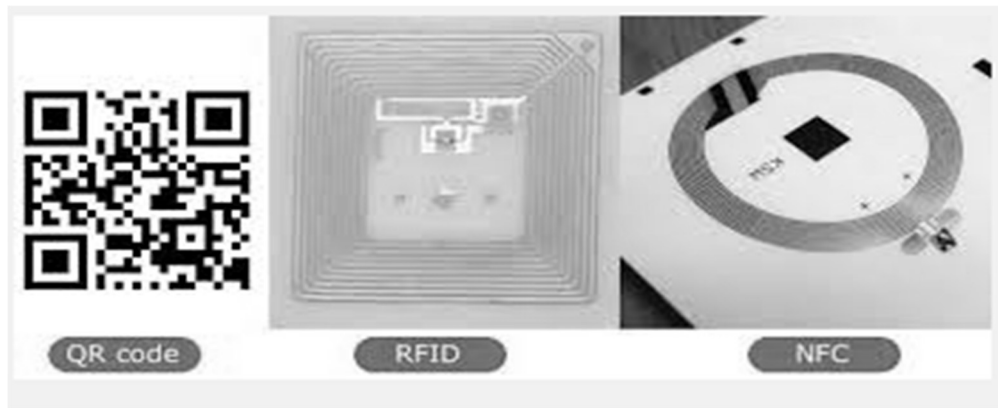


Figura 16. Tecnologías QR, RFID y NFC



Figura 17. Teléfonos Inteligentes incorporando tecnologías NFC

Por último hablaremos de la tecnologías de sistemas microelectromecánicos (MEMS) que es una tecnología de muy pequeños dispositivos mecánicos impulsados por electricidad (ver Figura 18). Fusiona a nanoescala los sistemas nanoelectromecánicos (NEMS) y la nanotecnología. Los MEMS también se conocen como micromáquinas en Japón, o Tecnología de Microsistemas en Europa. Los MEMS pueden actuar como un sensor o actuador, o un transductor [32] [35].

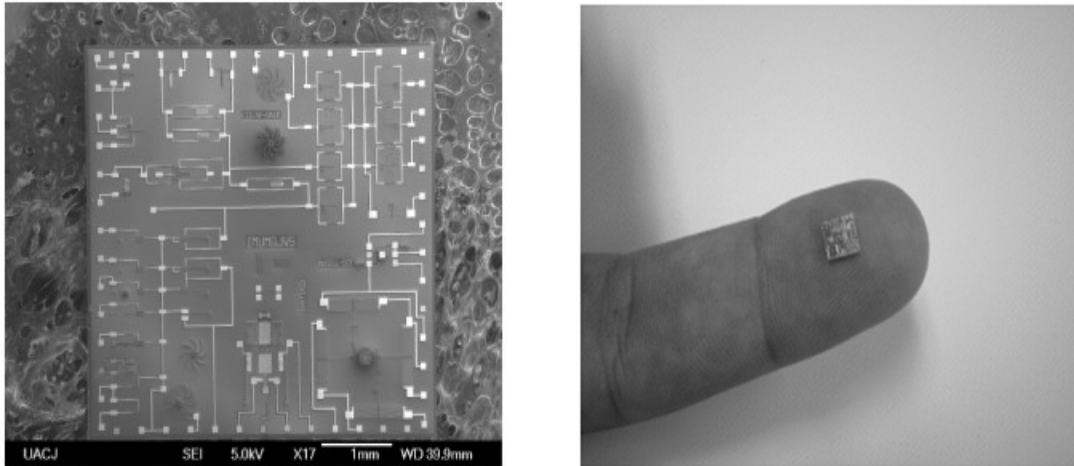


Figura 18. Imagen SEM del microchip fabricado que contiene un prototipo MEMS mas de 40 microdispositivos MEMS

#### 4.4.2 Tecnologías de comunicaciones de datos

La infraestructura de comunicaciones es fundamental en los sistemas pervasivos y se incluyen dentro de las ciudades ya sea como redes fijas y redes inalámbricas. Las redes inalámbricas permitir la conexión de todo tipo de vehículos, dispositivos móviles y personas como parte integrante del sistema (ver Tabla 2) [29], [30].

Con respecto a las tecnologías M2M están teniendo un gran impacto en las nuevas redes inalámbricas por lo que se están haciendo verdaderos esfuerzos en los procesos de estandarización que faciliten el uso de los servicios específicos de los sistemas M2M. No obstante en las Smart City será necesaria la existía de la conexión directa entre dispositivos M2M y será necesaria la interacción con otros sistemas como las redes inalámbricas a las cuales se podrán llegar por medio de pasarelas.

La tecnología inalámbrica permite ofrecer una gama de nuevos productos y servicios basados en la ubicuidad y en la innovación. De hecho el usuario actual asume que al lugar donde va, tiene acceso a su Red y le permita realizar sus actividades diarias y poder usar cualquier servicio que permita su movilidad. Si compran algo quieren saber si dicho producto tiene facilidades de conexión y control desde su Red.

	Nivel físico y MAC	Radio de acción	Tasa de bits	Consumo	Normas
<b>ZigBee</b>	802.15.4-2003 DSSS CSMA-CA	10-100m interior -1Km exterior	250Kbps (2.4GHz) 20Kbps (868MHz) 40Kbps (915MHz)	Consumo pico 50mW (2.4GHz) En suspensión: <1µW	Estándar de facto
<b>Wavenis</b>	Propietario	200m interior – 1km LOS	desde 10kb/s hasta 100kb/s	18 mA RX, 45 mA TX y 2µA en suspensión	Propietario
<b>Wireless MBus</b>	EN 13757-4:2005	60-80m interior, 500 m exterior sin obstáculos	desde 16 Kbps-66 Kbps, hasta 100 kbps	22 mA RX, 37 mA TX y 0,2 uA en suspensión	Estándar EN
<b>Z-Wave</b>	Propietario	30m interior 100m exterior	40-100Kbps	20mA suspensión: 1µA	Propietario
<b>WiFi low power</b> (GainSpan Wi-Fi low power optimized chip)	802.11b/g DSSS CSMA-CD	50-70m interior <300m exterior	1/2/5.5/11Mbps	60mW suspensión: 5 µW	Estándar
<b>WiMAX</b> (Altair's ALT2150 chipset lowpower)	Se basa en IEEE 802.16	Hasta 75 km	hasta 75 Mbps	230mW-49 mW	Estándar
<b>PLC Watteco</b>	Línea eléctrica	50m (objetivo: 150m)	10Kbps (objetivo: 40Kbps)	Inferior a ZigBee y Z-Wave	Propietario
<b>PLC NEC</b>	Línea eléctrica	-	100bps-30Kbps	25mW	Propietario
<b>GSM/GPRS</b> (Telit GM862 Quad module)			hasta 85,6 Kbps	Modo en reposo 2,6 mA, GPRS cl. 10(max): 370 mA	Estándar

Tabla 2. Características de redes inalámbricas

Entorno de las comunicaciones de hoy es una mezcla compleja de redes cableadas e inalámbricas. Se necesitamos una red de próxima generación (NGN), que cuenta con más capacidad de transición entre los diferentes tipos de redes. La idea general detrás de la NGN es que una red transporta toda la información y los servicios (voz, datos, y todo tipo de medios de comunicación tales como vídeo) mediante la encapsulación de estos en paquetes, similares a los utilizados en la Internet y el término todo-IP también a veces se utilizan para describir la transformación hacia las NGN. Por ejemplo, la evolución a largo plazo del 3GPP (LTE) es un estándar para la comunicación inalámbrica de datos de alta velocidad, una de las características más importantes de LTE es que va a ser una arquitectura de red plana todo IP incluyendo QoS extremo a extremo [32].

Después del cambio, de IPv4 a IPv6, cada conducto en el planeta, podría tener una dirección IP fija, lo que tendría un enorme impacto en el Internet de las cosas en todos



Un sistema industrial automatizado complejo, como una línea de montaje de fabricación, por lo general tiene una jerarquía organizada de sistemas de control para funcionar. En esta jerarquía, existe por lo general un SCADA / HMI (interfaz hombre-máquina) en la parte superior, donde un operador puede controlar o manejar el sistema. Esto suele estar vinculada a una capa intermedia de controladores lógicos programables (PLC) a través de un sistema de comunicación en tiempo no-crítico (por ejemplo, Ethernet).

En la parte inferior de la cadena de control es el bus que une los PLCs de los componentes de los dispositivo IOT que realmente hacen el trabajo, tales como sensores, actuadores, motores eléctricos, la consola luces, interruptores, válvulas, y contactores. El protocolo industrial común (CIP) es la base para una familia de tecnologías afines y tiene numerosos beneficios tanto para los fabricantes de dispositivos y los usuarios de los sistemas de automatización industrial. La primera de las tecnologías basadas en CIP, DeviceNet, surgió en 1994 y es una implementación del CIP sobre CAN (Controller Area Network), que proporciona la capa de enlace de datos para DeviceNet.

#### **4.4.2.2 Redes Inalámbricas**

Las redes inalámbricas para la IOT se pueden clasificar de la siguiente manera [32]:

- Redes de mallas de corto alcance (incluyendo la comunicación de campo cercano [NFC], por lo general de banda estrecha y PAN, LAN y MAN inalámbricas), RFID, WiFi, WiMax, etc.;
- Redes de larga alcance ( vía redes celulares, WAN inalámbrica) GSM, CDMA, WCDMA, y otras redes, así como la comunicación vía satélite.

Las redes de malla inalámbricas de corto alcance son las técnicas de comunicación fundamentales de WSN y RFID. Las redes celulares de largo alcance son redes fundaciones para M2M. Los estándares de comunicaciones inalámbricas también se pueden clasificar como estándares para redes de comunicaciones celulares (tales como GSM, CDMA, HSPA, LTE, etc) y las redes de conectividad inalámbrica (como Bluetooth, WiFi, WiMax). Se esperan que nuevos estándares aparezcan debido a los requerimientos de redes inalámbricas para las comunicaciones entre máquinas. El ETSI tiene ahora un comité técnico se centró exclusivamente en M2M.

La Figura 20 muestra el espectro de estándares de comunicaciones inalámbricas de corto alcance a largo plazo. RFID y NFC son partes de WPAN.

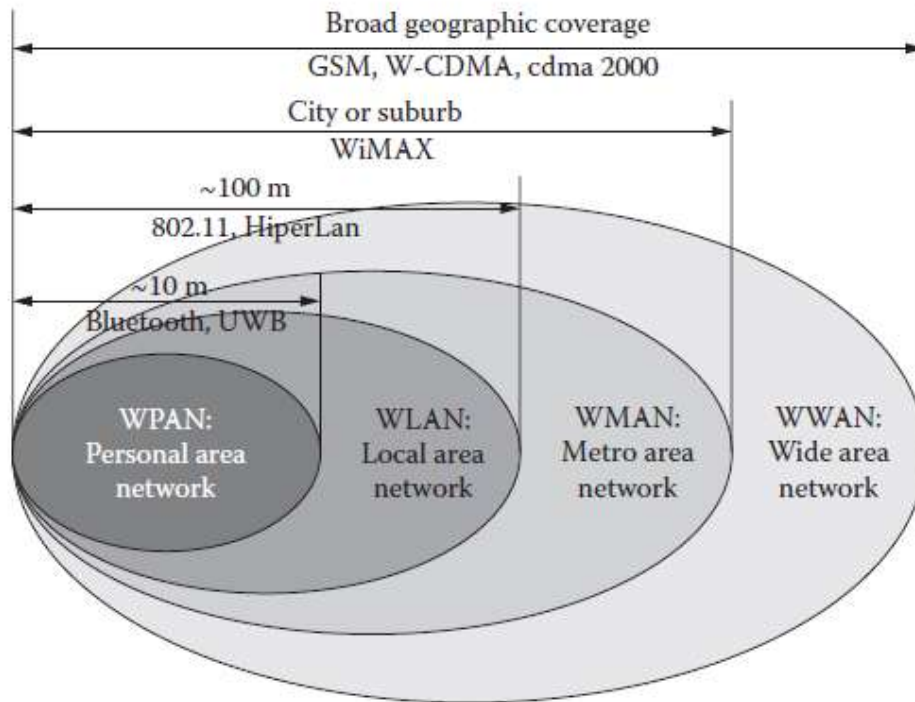


Figura 20. Redes inalámbricas de corto y largo alcance

Las comunicaciones inalámbricas pueden ser a través de RF, microondas (línea visual de largo alcance a través de antenas altamente direccionales, o de corto alcance), o infrarrojo (de corto alcance, dispositivos IR de consumo, tales como controles remotos infrarrojos). Algunos de los estándares son:

- BSN (body sensor network): IEEE 802.15.6
- Broadband fixed access: LMDS, AIDAAS, HiperMAN
- DASH7: active RFID standard
- DECT (digital enhanced cordless telecommunications): cordless telephony
- EnOcean: low-power, typically battery-less, proprietary wireless technology
- HomeIR: wireless IR home networking
- HomeRF: wireless RF home networking
- IEEE 1451: a set of smart transducer interface standards by the IEEE
- InfiNET: from home automation industry leader Crestron
- INSTEON: dual-mesh technology from SmartLabs
- IrDA: from Infrared Data Association
- ISA100.11a: an open wireless networking technology standard developed by the International Society of Automation (ISA)
- Land mobile radio or professional mobile radio: TETRA, P25, OpenSky, EDACS, DMR, dPMR, etc.
- ONE-NET: open-source standard for wireless networking
- OSIAN: open-source IPv6 automation network

#### **4.4.2.3 Satélite IoT**

Un satélite de comunicaciones (COMSAT) es un transpondedor inalámbrico especializado en el espacio, que recibe ondas de radio desde una localización determinada y las transmite a otra. Cientos de satélites comerciales están en funcionamiento alrededor de todo el mundo. Estos satélites se utilizan para propósitos tan diversos como las comunicaciones de red de área amplia (para los buques, vehículos, aviones, así como terminales y teléfonos de mano), la predicción del tiempo, la radiodifusión de televisión y radio, las comunicaciones de radios aficionados, acceso a Internet y la del sistema de posicionamiento global (GPS). Las comunicaciones por satélite son especialmente importantes para el transporte, la aviación, la navegación marítima, y el uso militar. Los satélites de comunicaciones modernos utilizan una variedad de órbitas [32].

La industria de los satélites es un subconjunto de las telecomunicaciones y la industria espacial. Es obvio que las tecnologías de satélite se pueden utilizar para las aplicaciones de IOT (como M2M, SCADA y telemetría) como redes celulares, con una mejor cobertura en las zonas remotas.

#### **4.4.3 Tecnologías de almacenamiento y análisis de datos**

Se requieren de repositorios para el almacenamiento de gran cantidad de datos con arquitecturas distribuidas de sistemas de gestión bases de datos, que permitan al mismo tiempo realizar un estudio de los patrones de datos y obtener subdivisiones y categorías. Los centros de datos deben proveer en tiempo real del poder computacional para el análisis así como la capacidad de almacenamiento [29], [30]. Además estos temas están relacionados con la Fusión de datos, el Data Mining y el Big Data.

##### **4.4.3.1 Fusión de Datos y Minería de Datos**

El propósito de la fusión de datos es la integración de múltiples datos y el conocimiento de los objetos con una representación consistente y precisa, y útil en un sistema de IOT. Se puede clasificar en tres tipos: fusión a nivel de datos, fusión a nivel de características, y de fusión a nivel de decisión [34].

- La fusión a nivel de datos se basa en los sensores que combinan varias fuentes de datos en bruto para obtener los datos refinados.
- La fusión a nivel de características expresa los datos como una serie de vectores de características, extrae los valores característicos, y representa los atributos de las cosas.
- La fusión a nivel de decisión provee las decisiones estratégicas avanzadas para diferentes necesidades.

En la fusión de datos, hay dos temas principales: el conflicto de los datos y la integración de datos. Los conflictos de los datos deben ser evitados a partir de fuentes de datos heterogéneas, y la integración de datos, se puede obtener tanto con las consideraciones de la redundancia de datos y la corrección de datos.

Por otro lado, la minería de datos se refiere al descubrimiento del conocimiento, en dónde se utiliza técnicas de entrelazado de la inteligencia artificial, aprendizaje automático, la estadística y las tecnologías de bases de datos. Se dirige principalmente a los aspectos de gestión de base de datos, el modelo de estructura de datos, pre-procesamiento de datos, análisis de la complejidad de los datos, métricas, la visualización y la interacción en línea.

El objetivo de la minería de datos es extraer el conocimiento disponible a partir de un conjunto de datos existente. Se pueden tener cuatro modelos básicos de minería de datos, incluyendo la minería de datos de múltiples capas, la minería de datos distribuida, la minería de datos grid y la minería de datos heterogéneos, que se pueden aplicar en un sistema IOT.

- La minería de datos jerárquica. Este modelo incluye cuatro capas:
  1. La capa de recogida de datos se refiere a la gestión de datos preliminar.
  2. La capa de gestión de datos utiliza principalmente la base de datos centralizada o distribuida para gestionar los datos recopilados.
  3. La capa de procesamiento de eventos se aplica para ejecutar el análisis de datos basado en eventos-múltiples.
  4. La capa de servicios de minería de datos se establece mediante la gestión de eventos y el procesamiento de eventos para soportar las aplicaciones.
- La minería de datos distribuida. El modelo de datos distribuido se basa en el almacenamiento distribuido. El sistema de minería de datos incluye un centro de datos superior y varios subcentros de datos. El centro de datos superior actúa como un gerente en su totalidad y no participa directamente en la minería de datos preliminar sobre los datos detectados, y controla principalmente los subcentros. Sobre la base de este modelo, la minería de datos se lleva a cabo principalmente por el mecanismo de colaboración múltiple.
- La minería de datos Grid. Una infraestructura de computación Grid se puede introducir en la minería de datos con el principio de descomponer el todo en partes. Las grids están en el sistema distribuidos independiente y son apropiadas en redes geográficamente dispersas, heterogéneas y débilmente acopladas. En un modelo de minería de datos grid, una grid es una unidad de minería de datos local, y se aplica un mecanismo de gestión de colaboración basado en múltiples agentes en la agregación de datos para soportar diferentes aplicaciones.

- La minería de datos heterogéneos. Los datos heterogéneos pueden ser recogidos por diferentes sensores y redes de comunicaciones de acuerdo con la sensibilidad del contexto de un entorno, las cosas y las personas. El modelo de minería de datos integrado debe establecerse mediante la combinación de las ventajas de los modelos jerárquicos, distribuidas y grid.

#### 4.4.3.2 *Big Data*

La cantidad de datos y los tipos de datos se han disparado debido al desarrollo de las tecnologías de información, como los datos detectados por los sensores y los datos de los diferentes multimedios de los dispositivos móviles. Esto indica que el llamado Big Data lo tenemos ya en nuestro alrededor y que seguirá creciendo en los próximos años [34].

Big Data es un conjunto mucho más allá de la capacidad de la mayoría de las herramientas a la mano para capturar, gestionar, y procesar datos y es interdependiente con la IOT. Por un lado, más cosas están conectadas a las redes. Por lo tanto, traerá una gran cantidad de datos que es una importante fuente del Big Data, y la IOT promueve así el desarrollo del Big Data. Por otro lado, haciendo un mejor uso del Big Data puede mejorar la eficiencia y uso de los datos que se capturan, almacenan, y se computan en la IOT.

Con la relación entre la detección de los datos de los sensores ubicuos desde el mundo físico y su envío al cyber, los datos pueden reflejar las interrelaciones de las redes ubicuas y puede representar las relaciones de los humanos dentro de la sociedad.

Se dispondrá de una cantidad suficiente de datos Big Data ya que existen muchos datos disponibles pero sin las herramientas adecuadas para obtener datos útiles esto será poco eficiente. Por ejemplo, los grandes datos se pueden aplicar en los negocios para los soportes de decisiones inteligentes, y las investigaciones biológicas para analizar enfermedades y sus avances terapéuticos.

Entre algunos ejemplos de sectores cuyas tendencias de crecimiento de datos es exponencial tenemos [36]:

- Los Web logs;
- RFID;
- Las redes de sensores;
- Las redes sociales;
- Los datos sociales (debido a la revolución de los datos sociales);
- Texto y documentos de Internet;
- Búsqueda de Internet indexada;

- Detalle de los registros de llamadas;
- Astronomía, la climatología, la genómica, la biogeoquímica, las ciencias biológicas, y otras complejas ciencias;
- Vigilancia Militar;
- Registros médicos;
- Archivos de fotografías;
- Archivos de vídeo;
- El comercio electrónico a gran escala.

En comparación con los datos tradicionales, las medidas de procesamiento para el Big Data tienen algunas características nuevas, como la capacidad de gran almacenamiento, capacidad de alta eficiencia de computación, y una fuerte capacidad de análisis de datos. Algunas nuevas tecnologías han surgido, incluyendo Hadoop (de Apache Software Foundation), MapReduce (de Google), Greenplum (de Greenplum Company), and ASTERIX (auspiciado por la NFC). Mientras tanto, algunas empresas han propuesto plataformas de Big Data debido al valor comercial y las oportunidades de negocio futuras. Por otra parte, con el Cloud Computing, el Big Data podría impulsar su desarrollo, ya que es un modo eficiente de computación que es dinámicamente escalable virtualizando recursos como un servicio en la red [34].

En general, ha habido empresas que se han centrado en el Big Data, como Google, Yahoo!, Facebook o algunas Start-ups que no han utilizado las herramientas de Oracle para procesar sus repositorios de Big Data, y optan en cambio por un enfoque basado en sistemas distribuidos, en la nube y de código abierto. Es el caso de Hadoop indicada anteriormente, el cual es un framework de código abierto que permite a las aplicaciones trabajar con ingentes repositorios de datos y miles de nodos. Estos han sido inspirado en herramientas de Google como el MapReduce y el Google File system, o sistemas de NoSQL, que en muchos casos no cumplen con el la propiedad ACID (atomicidad, coherencia, aislamiento, durabilidad) características de las bases de datos convencionales [36].

Entre los objetivos de investigación a corto plazo en este campo tenemos:

- Privacidad. Los sistemas de Big Data deben evitar que los usuarios perciban la invasión de sus privacidad.
- La integración de bases de sistemas relacionales y NoSQL.
- Más eficiente en la indexación, algoritmos de búsqueda y procesamiento en escenarios de tiempo real
- Optimizado del almacenamiento datos para evitar el crecimiento exponencialmente de costos.

#### 4.4.4 Plataforma y Servicios

Las Smart City deberá ofrecer una plataforma común para los servicios que se vayan ofrecer permitiendo que sea horizontal y escalable, facilitando las tareas comunes como es el caso de la autenticación y la seguridad o el almacenamiento seguro de los datos [29], [30].

Los servicios tienen que manejar algoritmos para la monitorización de los patrones de comportamiento de las personas u estados de los objetos a gran escala y a la vez mediante determinadas secuencias programadas disparar eventos para accionar actuadores del propio sistema para satisfacer dicho servicio. En general, los servicios, serán muy diversos y dependen del área de aplicación. El éxito de la IOT en las Smart Cities está en la explotación de la información que se ha recopilado, lo que posibilitara la mejora y optimización de los servicios públicos (o privados).

##### 4.4.4.1 Centros de Gestión pervasiva

Los centros de gestión y de datos consideran principalmente los aspectos de la fusión de datos, la minería de datos (temas tratados anteriormente) y la gestión pervasiva. La gestión pervasiva considera a los objeto/entidad, redes y servicios en la IOT, para lograr una gestión inteligente y auto-adaptativa [34].

La gestión de objeto/entidad en un sistema IOT se refiere principalmente a la gestión de los componentes que incluyen objetos distribuidos en zonas geográficas (sensores, actuadores, pasarelas/estaciones base, los terminales de usuario, bases de datos back-end, y otros elementos de la red) y las entidades correspondientes con diferentes abstracciones funcionales. La gestión de objeto/entidad tiene principalmente las siguientes funciones:

- Monitorea, controla, y supervisa a las entidades cyber, y los componentes de red en una red individual
- Controla y mantiene las infraestructuras físicas
- Establece los registros de la interacción de las cosas y otros parámetros de comunicación estadísticos
- Ejecuta una fuerte protección de la seguridad y una preservación de privacidad, el mantenimiento de la energía, y la gestión del espectro

La gestión de red se centra en las acciones relacionadas con la red en el mundo cyber. Los aspectos principales se refieren a las actividades de las entidades de la red, protocolos de red, y los procedimientos de acceso, los cuales trabajan en la operación, el mantenimiento y la provisión de la red. La gestión de redes tiene principalmente las siguientes funciones:

- Gestiona topología de la red y sus relaciones estructurales de red
- Mantiene la interconexión fiable dentro de la red y con las redes externas

- Diseños de protocolos/algoritmos de comunicación seguros, y adoptar mecanismos eficientes de salvaguarda
- Establece las interfaces de red heterogéneas para mejorar la compatibilidad de red
- Optimiza la asignación de recursos de la red, y coordina la distribución de recursos para lograr un rendimiento de red mejorado

La gestión de servicios sirve principalmente a los usuarios individuales o de grupo en un sistema de IOT. Su objetivo es mejorar la calidad de los servicios, y proporcionar los servicios adecuados para los usuarios o potenciales usuarios. Una arquitectura orientada a servicios permite conexión transparente de interfaces y plataformas heterogéneas presenta acoplamiento débil y flexibilidad dentro de la IOT, lo cual permite conexión transparente de interfaces y plataformas heterogéneas. Para la gestión de servicios, se ofrecen diferentes servicios para aplicaciones con estructuras de gestión híbrida, y se usan recursos de información compartidos para soportar las diferentes operaciones de servicio.

#### **4.4.5 Estándares para la Smart City**

Aunque ya ha venido trabajando en los impactos de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en nuestro entorno, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) creó febrero de 2013 un Focus Group sobre la sostenibilidad de las ciudades inteligentes para evaluar las necesidades de normalización de las ciudades con el objetivo de impulsar su sostenibilidad social, económica y ambiental a través de la integración de las TIC en sus infraestructuras y operaciones [29], [30], [37].

El Comité de Estandarización ISO (International Organization for Standardization) en su edición de ISO Focus+ de Enero de 2013 da una visión global de los beneficios de las normas ISO en las futuras ciudades inteligentes entre lo que se puede destacar las características básicas, tales como la terminología, la compatibilidad, la interoperabilidad y además la contribución que los gobiernos y los ciudadanos pueden realizar para optimizar el uso energético, incrementar la seguridad, la planificación del desarrollo urbano, medios de transporte entre otras ideas [38].

#### **4.4.6 Estándares M2M**

El ETSI (European Telecommunications Standards Institute) divide los estándares en: los de M2M y los de la red y el primero de ellos es que el tiene la mayor cantidad de soluciones en su mayoría patentadas. En el 2009 se constituyó un comité técnico del ETSI dedicado a la elaboración de estándares e informes técnicos sobre M2M y hasta el 2012 se publicaron entre otros informes especificaciones que cubren la arquitectura funcional M2M y la tecnología de acceso. Otra iniciativa que fue formada en julio de 2012 para atajar la falta de estándares M2M es el proyecto OneM2M entre sus miembros se encuentran ETSI, Telefónica y CISCO con el propósito y el objetivo de

desarrollar las especificaciones técnicas de la capa común de servicios M2M que se pueda integrar fácilmente [29], [30]. El entorno heterogéneo de estándares se representa en la Figura 21 [36].

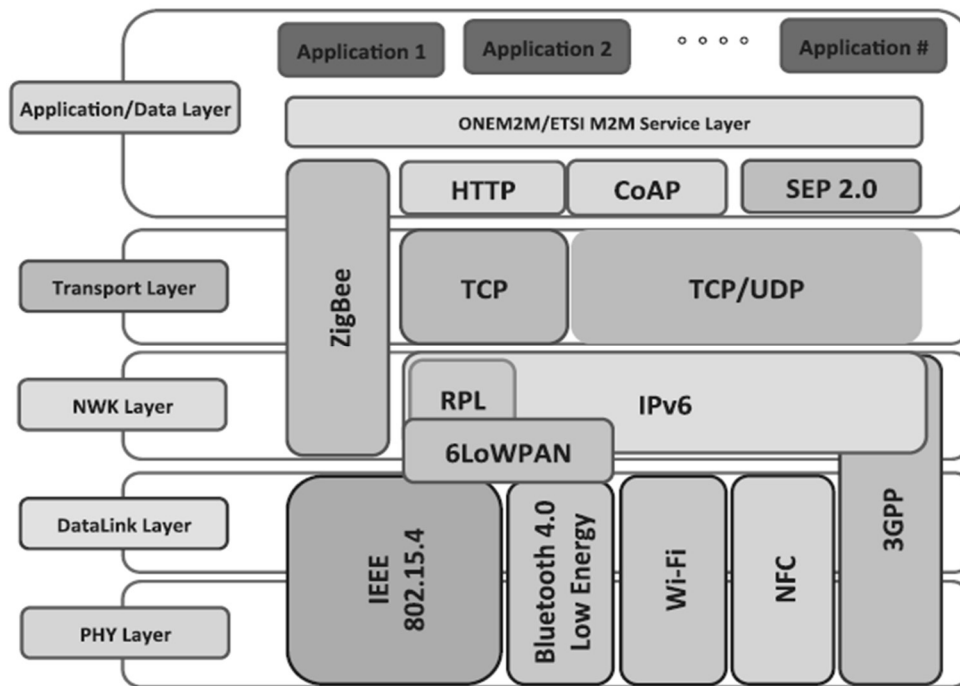


Figura 21. Entorno heterogéneo de estándares

El 3GPP dedicado a las comunicaciones móviles de banda ancha entre sus actualizaciones relacionadas con M2M se encuentran estudios sobre las comunicaciones entre máquinas en Sistemas 3GPP, aspectos de seguridad de aprovisionamiento remoto, el cambio en la suscripción por equipos M2M y los requisitos de servicio para la comunicación entre máquinas sin la intervención del ser humano.

El IETF (Internet Engineering Task Force) trabaja sobre los estándares para las tecnologías M2M tales como [29]:

- 6LoWPAN (IPv6 over Low power WPAN).
- ROLL (Routing Over Low power and Lossy networks).
- CORE (Constrained RESTful Environments).

Entre los principales estándares de comunicaciones a ser utilizados por los dispositivos M2M se tienen (ver Tabla 3) [29]:

- IEEE 802.15.1 (Bluetooth/WiBree)
- IEEE 802.15.4 (ZigBee y 6LowPan)
- IEEE 802.11 (WiFi)







## 5 Áreas, aplicaciones y proyectos de Computación Pervasiva

### 5.1 Áreas de aplicación

La computación pervasiva pretende impregnar e interconectar todos los ámbitos de la vida, permitiendo así un flujo ubicuo de datos, información e incluso en el futuro el conocimiento a través de la integración de capacidades cognitivas. La visión de la computación en cualquier momento y en cualquier lugar (every time/every where) ofrece una perspectiva fuertemente orientada hacia el futuro y sigue estando muy lejos de la realidad de hoy. Aunque el acceso inalámbrico a Internet, el correo electrónico a través de teléfono móvil, ordenadores portátiles y otros dispositivos de mano, pueden dar la impresión de un intercambio constante y flexible de la información, en el futuro, las características especiales de desempeño de la computación pervasiva permitirán una nueva calidad en el intercambio y la tratamiento de los datos, la información y el conocimiento. Muchos de los procesos se realizarán de forma automática pasando inadvertidos, pero esta nueva forma de computación pervasiva no se desarrollará de la misma forma en todos los ámbitos ni a la misma velocidad. A continuación se mencionan nueve campos de aplicación en los que la computación pervasiva es ya reconocible [39]:

**Comunicaciones:** como una aplicación transversal, el área de las comunicaciones afecta a todas las formas de intercambio y transmisión de datos, de información y de conocimiento. Por tanto, las comunicaciones suponen una condición previa para todos los dominios de tecnología de la información.

**Logística:** El seguimiento de las mercancías a lo largo de toda la cadena de transporte de materias primas, artículos semi-terminados o productos finales. Los sistemas de control de TI de existencias podrán tener la información de los estados físicos reales de las mercancías. Esto ofrece oportunidades para la optimización y automatización de la logística que ya son evidentes.

**Tráfico de vehículos:** los coches actualmente ya tienen varios sistemas de asistencia que ayudan al conductor de manera invisible. Se prevé para el futuro redes de vehículos interactuando con otros sistemas telemáticos a su alrededor.

**Militar:** el sector militar requiere el suministro de información con el fin de evitar o luchar contra amenazas externas, la cual debe ser tan estrecha entre sí, multidimensional e interrelacionada como sea posible. Esto comprende la recopilación y procesamiento de información. También incluye el desarrollo de nuevos sistemas de armas.

**Producción:** en la fábrica inteligente, los componentes encargados de los procesos de manufacturación y de los flujos de control de los procesos controlan las estaciones de transporte y procesado. La computación pervasiva facilitará un sistema de producción descentralizado que independientemente se configure, controle y se monitoree así mismo.

**Smart Homes:** en los hogares inteligentes un gran número de dispositivos de tecnología, tales como equipos de calefacción, iluminación, ventilación y de comunicación se transformaran en objetos inteligentes los cuales se podrán ajustar automáticamente a las necesidades de los residentes.

**E-commerce:** los objetos inteligentes de la computación pervasiva permiten nuevos modelos de negocio y existe una gran variedad de servicios digitales que se podrán implementar. Estos incluyen servicios basados en la localización y agentes de software que instruirán componentes de la computación pervasiva para iniciar y llevar a cabo servicios y las transacciones comerciales de forma independiente.

**Seguridad Interna:** Los sistemas de identificación, tales como el pasaporte electrónico y las ya muy utilizadas tarjetas inteligentes, son aplicaciones de la computación pervasiva de seguridad interior. En el futuro, los sistemas de seguimiento serán cada vez más importante. Por ejemplo, en la protección del medio ambiente o la vigilancia de las principales infraestructuras, como aeropuertos y la red de distribución eléctrica.

**Tecnología médica:** Las aplicaciones médicas de computación pervasiva ofrecen una amplia gama de posibilidades para el monitoreo de la salud de las personas mayores en sus propios hogares, así como también para llevar el control de implantes inteligentes.

Identificar el potencial de cada área de aplicación y la estimación de cuándo podemos esperar aplicaciones es esencial para un pronóstico del desarrollo de computación pervasiva. Ya que dicha evaluación depende de los varios conceptos que maneja la computación pervasiva y depende de contextos variables, se deben describir el rendimiento y las características de la computación pervasiva y luego relacionarlos con las áreas de aplicación seleccionada.

## 5.2 Aplicaciones y proyectos

En las dos últimas décadas la investigación en computación pervasiva ha crecido de forma espectacular y las tendencias actuales muestran incrementos tanto del sector académico e industrial. Desde la década pasada se han desarrollado algunas aplicaciones de computación pervasiva las cuales han sido explotadas pero limitadas por la tecnología de la época. Con el desarrollo de las TIC actualmente existen las

posibilidades de tener aplicaciones un tanto más maduras, sin embargo es necesario avances tecnológicos, técnicas, algoritmos que transformen a la computación pervasiva en una completa realidad aplicada en todos los campos de aplicación mencionados anteriormente. Adicionalmente, cabe indicar que numerosos proyectos de investigación alrededor del mundo han abordado de manera completa los beneficios y los impactos de la computación pervasiva en diversas líneas de investigación (ver las Tablas 4,5 y 6).

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
Motion Processor (Toshiba) [19][40]	Reconocimiento del movimiento de las manos que se muestra en tiempo real en el monitor del ordenador. Las aplicaciones propuestas incluyen el procesamiento de palabras usando entradas del lenguaje de signos con las manos, juegos y otros enfoques de entretenimiento o para educación en la cual el movimiento de las manos resulta en efectos multimedia.	Funciona mediante la emisión de una luz infrarroja transmitida cerca de la zona de la mano y leyendo la luz reflejada de retorno desde la mano. Las reflexiones desde áreas más allá de la mano no se producen porque la luz se disipa rápidamente con la distancia. La luz reflejada permite al ordenador construir continuamente una imagen en movimiento en 3-D de la mano, que se puede visualizar o no.	El potencial interactivo del procesador de movimiento se puede ver en dos aplicaciones de prueba con éxito: el juego japonés tradicional de piedra, papel, tijera contra un ordenador, y un juego de un conductor virtual, en el que los diferentes movimientos de la mano generan varios sonidos. Se espera que proporcione apoyo a los equipos que reconocen el lenguaje de signos y aplicaciones interactivas avanzadas de multimedia y de entretenimiento educativo.	1998
MavHome Smart Home (The University of Texas at Arlington) [41][42]	Esta aplicación domótica van más allá de un sistema domótico convencional, ya que incorporan inteligencia y autonomía en sus diseños.	Es un proyecto de investigación multidisciplinar de la Universidad del Estado de Washington y la Universidad de Texas en Arlington se centró en la creación de un ambiente en el hogar inteligente. El enfoque consiste en ver la casa inteligente como un agente inteligente que percibe su entorno a través del uso de sensores, y puede actuar sobre el medio ambiente a través del uso de actuadores. Los objetivos generales de la casa son minimizar el costo de mantenimiento del hogar y la maximización de la comodidad de sus habitantes, adaptándose a la información proporcionada.	Este sistema identifica patrones de comportamiento de los habitantes empleando un modelo Markov y toma decisiones para minimizar los costes de mantenimiento de la vivienda y maximizar el confort de los habitantes.	2000-2004

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
Gesture Wrist and Gesture Pad: Unobtrusive Wearable Interaction Devices (Sony) [19][43]	Este proyecto está desarrollado con dos dispositivos de entrada para ordenadores acoplados al cuerpo para el reconocimiento de movimientos del antebrazo..	El primer dispositivo, llamado Gesture Wrist, es una banda para la muñeca de la mano como dispositivo de entrada que reconoce gestos y movimientos del antebrazo. A diferencia de los Data Gloves u otros dispositivos de entrada de gestos, todos los elementos sensitivos están integrados en una pulsera normal. El segundo dispositivo, llamado Gesture Pad, es un módulo de detección que se puede conectar en el interior de la ropa, y los usuarios pueden interactuar con este módulo externamente.	Ambos dispositivos permiten a los usuarios interactuar con otros ordenadores acoplados al cuerpo cercanos por medio de comandos basados en gestos. Ambos están diseñados para ser lo más discreto posible, para que puedan ser utilizados bajo diferentes contextos sociales. Transforma la ropa convencional en un dispositivo interactivo sin necesidad de cambiar la apariencia de la ropa.	2001
Linux Watch Enhanced Shell with Bluetooth (IBM) [19][44]	Está diseñado para comunicarse de forma inalámbrica con ordenadores personales, teléfonos móviles y otros dispositivos inalámbricos a través de Bluetooth.	Tiene un panel táctil y una rueda de rodillo como interfaces de usuario. También tiene un pequeño micrófono y un altavoz en el mismo dispositivo. Tiene una pequeña potencia de CPU, pero con la combinación de sistemas de Host con gran potencia puede adquirir capacidades de procesamiento de voz por la simple recepción y envío de datos de voz digitalizados desde dichos sistemas usando comunicación Bluetooth. La carga de la batería interna y el intercambio de datos con el PC se puede hacer a través de un cable y soporte externo.	TRL (Tokyo Research Laboratory) ha demostrado algunas Watch applications utilizando Bluetooth con el Watch. Por ejemplo: controlando las presentaciones en PowerPoint del PC con la aplicación servidora como ocurre con una pizarra interactiva recibiendo las señales desde el Watch.	2001

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
Smart Clothes [19][45]	Es un proyecto que involucra a un diseñador industrial (Naoki Harasawa), un diseñador de ropa (Michie Sone) y a Pioneer Corp que permitirá a los consumidores llevar un ordenador en una chaqueta cuyo dispositivo electrónico japonés se caracteriza por un display electrónico luminiscente.	La pantalla conocida como YukiEL es un display electroluminiscente orgánico que puede ser operado con bajo voltaje y fácil de colocar en la ropa de vestir. Es de fácil producción pero con batería de poca duración.	La pantalla se ha empotrado en los abrigos del diseñador Michie Sone con memoria para mostrar un video que dura unos tres minutos. Se esperaba que se popularice el uso de ordenadores acopladas en las prendas de vestir y no tener que llevar ordenadores portátiles a todas partes para tener conectividad.	2001
Prototipo de ordenador portátil de 9 Onzas(IBM) [19][46]	Es parte de la investigación de IBM para explorar cómo los seres humanos interactúan con los ordenadores y definir las tecnologías necesarias para los futuros dispositivos pervasivos.	Es un prototipo de un dispositivo de computación portátil de 9 onzas. Para hacer al "Meta Pad" tan pequeño, los investigadores de IBM han sacado la fuente de alimentación, la pantalla y los conectores de E/S del núcleo del ordenador - dejando el procesador, la memoria, los datos y las aplicaciones. Los componentes extraídos de la máquina se convierten en accesorios, y los usuarios individualmente deciden cómo usar su dispositivo portátil. Puede utilizar varios sistemas operativos que comparten los datos por lo que el usuario puede usar cualquier aplicación que desee	Por ejemplo: adjuntarlo a una pequeña pantalla táctil y llevarlo como un asistente digital personal de mano, pero con todo el poder y la funcionalidad de un ordenador de escritorio, adjuntarlo a un arnés acoplado al cuerpo con una pequeña pantalla montada en la cabeza para usarlo en determinados entornos de trabajo computación de manos libre.	2002

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
Philips - No Kidding [19][47]	Seguimiento por parte de los padres de la ubicación o paradero de sus hijos con un toque de diversión.	La prenda "No Kidding" ofrece el posicionamiento del niño a los padres a través del teléfono móvil y la tecnología de cámara. Además, ofrece una pequeña diversión para los niños al aire libre ya que está equipada con antenas en la tela, etiquetas RFID y cámaras remotas en miniatura para permitir el juego al aire libre entre grupos.	Ubicación de los niños. Además, permite el juego al aire libre entre grupos, de niños. Las fichas de identidad pueden representar personajes creados que se pueden fijar a la ropa, lo que permite a los niños ver el carácter representado por otro niño en una pantalla integrada en la prenda. A medida que los niños se mueven, sus personajes se mueven en las pantallas.	2002

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
Telematics - Intelligent Filtering and Abstraction of Heterogeneous Pervasive Data [19][48]	Sistemas telemáticos para vehículos que se pueden utilizar para una serie de propósitos, incluyendo el cobro de peajes, la gestión de uso de las carreteras, el seguimiento de posición de los vehículos de una flota, la recuperación de vehículos robados, notificación automática de colisión, y la prestación de servicios de información para el conductor acerca de su localización. Los sistemas de telemáticos para vehículos son también cada vez más utilizados para proporcionar el diagnóstico a distancia.	Cada marca de coche puede estar asociada con un proveedor de servicios de telemática específica (TSP), que determina el conjunto de aplicaciones y servicios instalados en el equipo del vehículo y el tipo y el formato de los datos que pueden estar expuestos a las aplicaciones externas (basadas en Internet). El estudio se enfocó en el control del conjunto de aplicaciones y sus interfaces de usuario para evitar distracciones en situaciones de conducción, así como la privacidad y la confidencialidad para aplicaciones que comparten datos. La infraestructura de comunicación entre la plataforma de vehículos y la infraestructura de red troncal TSP utiliza tecnologías de paquetes de redes inalámbricas comerciales. Además, se propuso una plataforma de middleware para proteger las aplicaciones individuales de las variaciones dependientes como las de las fuentes de datos, los tipos de datos, etc. y de recoger y filtrar los datos en bruto para ajustarse la granularidad, la frecuencia y la calidad que necesita una aplicación específica.	Una aplicación de seguro que ofrece descuentos a los conductores que manejan menos de 500 millas a la semana, la cual recupera dichos datos desde el cuenta kilómetros sólo una vez a la semana. Una aplicación que usa las velocidades de vehículos para detectar la congestión de la carretera leyendo los velocímetros de los coches frecuentemente (por ejemplo, una vez cada 30 segundos). Aplicaciones telemáticas que recuperan datos de diagnóstico, como la presión de los neumáticos y la lectura de emisiones de gases	2002

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

<b>Aplicación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Uso</b>	<b>Año</b>
iDorm ( Intelligent Dormitory - iSpace ) [41][49]	El dormitorio inteligente (iSpace) es un dormitorio estudiantil para estudiar construido con el mismo diseño, muebles y accesorios como las que se encuentran en los pasillos de residencia en la Universidad de Essex.	El iSpace fue construido a través del re-ajuste de una habitación en el Departamento de Ciencias de la Computación. A diferencia de un alojamiento normal de estudiante en el campus, los muebles del iSpace están equipados con aparatos inteligentes, estos gadgets inteligentes se comunican entre sí permitiendo que grupos de agentes se coordinen sus acciones, y permitiendo el acceso remoto a sus servicios a través de redes (por ejemplo, Internet, GSM, etc.)	El espacio inteligente puede detectar y aprender el comportamiento del ocupante, con el objetivo de proporcionar servicios que podrían mejorar la calidad de vida mediante la generación de un entorno que se ajuste a sus necesidades.	2002-2010
Geology-Smart Space Suit Developed [19][50]	Es un dispositivo que analiza las características geológicas para astronautas que se mueven alrededor de cuerpos extraterrestres.	El prototipo consta de una cámara de vídeo conectada a un ordenador acoplado al cuerpo, pero las versiones posteriores pueden enlazar la cámara a un display en la parte superior de la cabeza dentro del casco del astronauta.	Permite a los astronautas estadounidenses identificar rocas antiguas que podrían revelar signos de agua o vida.	2004-2010

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
AWLA [51]	Del grupo de investigación CHICO (Computer- Human Interaction and Collaboration), de la Universidad de Castilla La Mancha.. Es un entorno en Web para el aprendizaje de la destreza de la escritura en un idioma extranjero, está basado en computación pervasiva y posibilita el trabajo colaborativo. Los alumnos pueden practicar la escritura en la Web, con las características de interacción síncrona y asíncrona. Este recurso posibilita la edición colaborativa de textos, proporciona acceso a contenidos y a información de referente y a herramientas para la comunicación.	Es un sistema desarrollado con DHTML (Lenguaje de Marcado de lliprtctxto Dinámico) y que incluye JavaScript y Hojas de Estilo para su ejecución totalmente integrada en el navegador del usuario, y el lenguaje de programación Perl, en CGI (interfaz de puerta de enlace común) para su ejecución y comunicación con el servidor Web. Los textos, su corrección y evaluación se graban en el servidor web desde donde son fácilmente recuperados y accesibles en cualquier momento desde cualquier lugar	El sistema ha sido adaptado a diversos entornos educativos: escuelas de idiomas, centros universitarios, etc.	2005

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
EMI2lets [41] [52]	Plataforma para transformar objetos físicos en inteligentes y controlarlos desde dispositivos móviles (mando remoto universal)	EMI2lets es una plataforma de desarrollo de software que está basada en .NET. El principal objetivo es proporcionar una búsqueda inteligente de dispositivos móviles y objetos, facilitando la cooperación entre estos. Para ello utiliza un mecanismo similar al utilizado por Jini. Además, ofrece facilidades para la comunicación entre los dispositivos siendo capaz de seleccionar de forma automática el mejor mecanismo de comunicación posible entre los dispositivos en cada instante cuando hay varios disponibles.	(1) En el ámbito de la accesibilidad se ha desarrollado para una parada de autobús ofreciendo notificación de llegada de autobuses sintetizada de voz para personas ciegas o proporcionan subtítulos en los teléfonos móviles de las personas que asisten a una conferencia. (2) En el dominio de la ofimática se han creado permitido controlar las luces, un sistema de música o una cámara de seguridad en una casa u oficina, desde el dispositivo móvil. (3) En industria se permite controlar desde el dispositivo móvil un robot equipado con un módulo de comunicaciones que soporta Bluetooth y GPRS. (4) En los espacios públicos, permite controlar una cabina de estacionamiento, pedir comida en un restaurante o una revisión de la hora de salida y la puerta de embarque de un avión en un aeropuerto.	2006

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
CarTel project [53]	El proyecto CarTel del Massachusetts Institute of Technology (MIT) combina la computación móvil y las redes inalámbricas de sensores con los algoritmos de uso intensivo de datos que se ejecutan en servidores en la nube para hacer frente a estos desafíos. CarTel es un sistema distribuido con detección de movimiento que dispositivos telemáticos a bordo del vehículo; se puede pensar en él como un "sistema de Cyber-Físicos vehicular".	CarTel es una red de sensores móviles distribuidos y sistemas telemáticos. Las aplicaciones construidas en la capa superior de este sistema pueden recopilar, procesar, entregar, analizar y visualizar los datos de los sensores ubicados en las unidades móviles como automóviles. Un pequeño ordenador incorporado en las interfaces del coche con una variedad de sensores en el coche, procesa los datos recogidos, y lo entrega a un servidor de Internet.	Las aplicaciones se ejecutan en un servidor que analiza estos datos y proporcionan características interesantes para los usuarios por ejemplo con los datos históricos se puede calcular las rutas más rápidas para un momento dado del día.	2006-Activo
PERKAM [11][54]	El objetivo de esta investigación es apoyar al alumno con un mapa conciencia del conocimiento, que se personaliza de acuerdo a su necesidad y ubicación actual.	Este sistema puede reconocer los objetos del entorno que rodea al alumno los que utiliza en su práctica de estudio. Se utilizan etiquetas RFID para detectar los objetos del espacio físico que rodea al alumno así se genera espacio digital para alumno donde cada objeto en el espacio físico tiene su correspondiente en el espacio digital.	El sistema realiza una relación entre los temas en estudio, los materiales del laboratorio, y la tarea actual del alumno, luego visualiza mediante una PDA los materiales del laboratorio en estudio mapeándolos e identificándolos (por ejemplo un disco duro), el alumno puede elegir desde dicha PDA el tópico de interés en base a las recomendaciones del sistema.	2007

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
Smart Vest [11][55]	El Smart Vest es un chaleco inteligente que consta de sensores integrados para el control de parámetros fisiológicos, el hardware de adquisición y procesamiento de datos portátil y estación de monitoreo remoto.	El sistema de adquisición de datos portátil se ha diseñado utilizando microcontroladores y una interfaz con módulos (GPS) de comunicación inalámbrica y el sistema de posicionamiento global. Las señales fisiológicas adquiridas se muestrean a 250 muestras/s, digitalizadas a una resolución de 12 bits y se transmiten inalámbricamente a una estación de monitoreo fisiológico remoto junto con la ubicación geográfica del usuario	Usado para el monitoreo de las señales fisiológicas de pacientes, entre las cuales tenemos ECG, PPG, la temperatura corporal, la presión sanguínea, la respuesta galvánica de la piel (GSR) y la frecuencia cardíaca.	2007
THERAPY TOP [56][57]	Es una aplicación implementada para el campo del deporte (entrenamientos) y de atención médica (fisioterapia). Se compone de varias piezas de equipamiento deportivo aumentado con sensores, comunicación y procesamiento de datos.	Es un sistema fácil de entender, operable por el propio usuario, que da información instantánea sobre el ejercicio pudiendo mejorar en gran medida el aprendizaje y la calidad de ejecución de los ejercicios. Los sensores capturan la respectiva dimensión de entrada y este dato pueden ser utilizados en una aplicación de visualización. Un aspecto adicional para los fisioterapeutas es la disponibilidad de datos de los sensores para monitorear los avances del paciente. También, los límites como, por ejemplo, pueden ser monitoreado y asegurar el ángulo máximo de inclinación del tobillo a través de una apropiada retroalimentación con la aplicación.	La THERAPY TOP es usada en escuelas de deporte y en fisioterapia, así como en el sector del hogar. Se utiliza para una amplia gama de aplicaciones, empezando desde el aumento de la sensación de equilibrio, mejorar el balance muscular en las piernas y los tobillos y la maniobrabilidad en las partes bajas del cuerpo.	2007

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
OASIS [11][58]	Optimized Autonomous Space In-situ Sensorweb (Del Georgia State University): Los objetivos principales de OASIS son integrar en un espacio sensores de tierra in situ en un sistema pervasivo autónomo de tiempo real, para optimizar la administración de energía y de recursos de comunicación, y para proporcionar mecanismos para la fusión transparente y escalable a futuro in situ de componentes. La interoperabilidad entre los componentes que conforman el sistema de monitoreo es un requisito fundamental de la aplicación.	El desarrollo de este sistema de monitoreo de los peligro de la tierra demuestra la capacidad de mitigar los peligros del volcán a través de una red inteligente in-situ. La clave de este enfoque es la creación de un circuito de retroalimentación continua entre dos componentes principales: los componentes terrestres in situ y un componente espacial. La red de sensor de suelo in-situ se compone de un conjunto de pequeñas "motes" sensores inalámbricos, cada uno de los cuales está conectado a una matriz de sensores de monitoreo de deformación. Estos conjuntos de sensores de monitoreo de deformación consisten de GPS (Global Positioning System), de sensores de infrasonidos, sensores RSAM (Real-time Seismic-Amplitude Measurement) y sensores sísmicos y de luz.	La aplicación OASIS está diseñado para monitorizar el Monte Santa Elena, un volcán activo en el estado de Washington, y proporcionar información y apoyo a las decisiones para la Tierra los científicos que participan en actividades tales como el plan de evacuación y el enrutamiento del tráfico aéreo.	2007-2010

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
PALLAS [11][59]	PALLAS es un sistema de aprendizaje de idiomas móvil que está diseñado para usarse en escenarios de aprendizaje de idiomas de la vida real, por medio del acceso personalizado y contextualizado a los recursos de aprendizaje a través de un dispositivo móvil.	Los profesores son capaces de proporcionar ejercicios, tareas y actividades que están contextualizados así como otros son disparadas a los estudiantes dependientes del contexto. Ellos proporcionan su entrada al sistema a través de un ordenador personal (PC). Los alumnos tienen una variedad de maneras de utilizar PALLAS. Pueden utilizar un PC para iniciar sesión en un sitio web del portal alumno en el servidor PALLAS o pueden utilizar los dispositivos móviles tales como teléfonos móviles y PDAs. El perfil del estudiante se actualiza cada vez que el dispositivo del alumno accede al sistema PALLAS. Los dispositivos móviles pueden utilizar PALLAS en un número de maneras: pueden ejecutar una aplicación de cliente personalizado que proporciona toda la funcionalidad, pueden utilizar un navegador web móvil como un cliente ligero o pueden consultar el sistema a través de SMS. Si el alumno está usando un dispositivo móvil con la aplicación cliente móvil PALLAS instalado, podrían utilizar una unidad de GPS para obtener automáticamente la información de ubicación.	Está diseñado para apoyar la mejora del aprendizaje desde las aulas al mundo exterior y proporcionar el acceso móvil a una variedad de recursos de aprendizaje. Proporciona la capacidad a los maestros para agregar recursos de aprendizaje para que los alumnos puedan experimentar una serie de actividades de aprendizaje en función de su contexto de aprendizaje. En PALLAS, los alumnos pueden elegir entre un tipo exploratorio del aprendizaje, utilizando su propia iniciativa, o seguir las tareas y actividades que son fijados por el maestro de aprendizaje.	2008

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
SMART [11][60]	Monitorea los signos y la ubicación de ciertas clases de pacientes ambulatorios para prevenir que servicios de urgencias se saturen o en situaciones de desastres mantener un mayor control de dichos pacientes ya sea en los hospitales o en los momentos de traslado.	El sistema SMART (Scalable Medical Alert Response Technology) integra monitorización inalámbrica del paciente (ECG, SpO2), geoposicionamiento, procesamiento de señales, alertas y una interfaz inalámbrica para sus cuidadores. La supervisión es portátil y de bajo costo.	Salas de espera de los servicios de emergencia	2008
MyHealthService [11][61]	MyHealthService, es un sistema integrado para la salud personal y la gestión de enfermedades crónicas, basado en el software libre de código abierto y de bajo costo de electrónica de consumo. La atención se centra en los servicios basados en el hogar para la autogestión y el auto-seguimiento. MyHealthService servicio está siendo desarrollado en el Laboratorio de Telemedicina Tromsø.	Soporta la interacción entre el paciente y el personal de atención médica y está disponible para el paciente usar su TV y el control remoto. El grupo de investigación produjo videos educativos, y diseño e implemento servicios de salud, sensores de soporte médico, desarrollo y examino el sistema en un ensayo de campo con grupos de pacientes, y se evalúa la tecnología y los servicios respecto a las experiencias de usuario. Los resultados de MyHealthStation fueron muy prometedores y han dado lugar a varios nuevos proyectos de seguimiento.	Los servicios en el entorno de MyHealthService se pueden agrupar en cuatro categorías; educación para la salud, diario de salud, ejercitación, y comunitario. Cada una de estas categorías se compone de uno o más componentes de servicio, y se implementa en varios dispositivos de los pacientes. Para orquestar servicios más complejos (como un programa de rehabilitación en el hogar para una Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica) los componentes de los servicios requeridos se seleccionan de una categoría de servicio, y se integrarán en el sistema general.	2008

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
PICTOGRAM ROOM [62]	Pictogram Room supone una forma lúdica y entretenida de avanzar en áreas clave del desarrollo, aprovechando los puntos fuertes de cada persona.	Mediante un sistema de cámara-proyector y a través del reconocimiento del movimiento se consigue reproducir la imagen de la persona junto con una serie de elementos gráficos y musicales que guiarán su aprendizaje. Con esta nueva versión se ofrecen cuatro conjuntos de videojuegos (ochenta actividades en total) destinados a trabajar diferentes aspectos del desarrollo de la persona: El Cuerpo, Las Posturas, Señalar e Imitar. La aplicación es una de las primeras incursiones en el uso de tecnologías de realidad aumentada para la intervención educativa en autismo, y es, asimismo, el primer videojuego para niños con autismo desarrollado utilizando la tecnología del sensor Kinect para Xbox de Microsoft, desempeñando este dispositivo un papel esencial en estos videojuegos.	Mediante videojuegos personalizables en términos de capacidades, ritmo de aprendizaje, colores y canciones preferidas, el jugador o jugadores pueden interactuar adecuadamente sin necesidad de vestir o portar ningún tipo de dispositivo, lo que supone otra bondad más de este tipo de sistemas. La Habitación de los Pictogramas permite jugar con un jugador (alumno) o dos jugadores (dos alumnos o alumno y educador). Con el fin de tener una estructura predecible, todos los juegos siguen un mismo formato y en todos ellos el educador ha de asistir al participante, además de poder actuar también como jugador.	2012

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
GeoCENS [63][64]	GeoCENS (Geospatial Cyberinfrastructure For Environmental Sensing )es una infraestructura para la detección ambiental con una plataforma que permitirá a los científicos almacenar y compartir datos de sensores geocientíficos y biológicos desde cualquier parte del mundo.	GeoCENS hace uso de la red CANARIE (Canada's Advanced Research and Innovation Network) y varias redes de investigación internacionales para permitir a los usuarios acceso de forma remota y transparente, el intercambio, comprender y utilizar redes de sensores heterogéneos y sus datos. Esto se hace de forma independiente de los protocolos subyacentes de red, hardware, modelos de datos y formatos. GeoCENS sigue modelos de información estándar del Open Geospatial Consortium para de lograr la interoperabilidad de sensor y datos.	Los científicos se basan en información de los sensores terrestres con el fin de analizar y monitorear los cambios en todas las formas de medio ambiente, incluyendo el clima, el agua y las especies biológicas. Los investigadores pueden acceder de forma remota, intercambiar, visualizar, analizar y descargar los conjuntos de datos provenientes de sensores internacionales y de las imágenes por satélite.	2013

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Aplicación	Descripción	Funcionalidad	Uso	Año
Google Glass [65]	Las Google Glass es un dispositivo de visualización tipo visualizar acoplado a la cabeza ( Head-mounted display - HMD ) desarrollado lanzada por Google en el año 2013.	El propósito de Google Glass sería mostrar información disponible para los usuarios de teléfonos inteligentes sin utilizar las manos, permitiendo también el acceso a Internet mediante órdenes de voz, de manera comparable a lo que Google Now ofrece en dispositivos Android. Usa sistema operativo es Android, tienen cámara de 5 megapíxeles, conexión Wi-fi 802.11b/g y Bluetooth, almacenamiento de 16 GB sincronizados con la nube, giroscopio, acelerómetro, sensor geomagnético (brújula), sensores de luz ambiente y sensor de proximidad interno, sistema para la transmisión del sonido.	Además de las típicas uso como tomar fotos, grabar videos, tener aplicaciones Google Glass (Mapas Google, Google Now, Google +, Gmail y otros servicios Google), navegar en Internet, uso de comandos de voz para comunicarte con tu teléfono mediante comandos de voz y ver los resultados en tus lentes Google, el uso práctico de estas gafas se pudo observar el 21 de junio de 2013, cuando el doctor Pedro Guillén en Madrid fue el primer médico en retransmitir usando Google Glass una intervención quirúrgica a la Escuela de Medicina de la Universidad de Stanford. Los médicos ya avizoran aplicaciones en donde el visor permita al cirujano ver, por ejemplo, las constantes vitales sin desviar la vista del campo quirúrgico.	2013

Tabla 4. Algunos ejemplos de aplicaciones de Computación Pervasiva (Continuación)

Proyecto	Descripción	Año
Disappearing Computer Initiative Projects [19][66]	<p>Fue un proyecto cuyo objetivo fue estudiar como las tecnologías de la información pueden ser difundidas en los objetos cotidianos y ajustarlos para que esas nuevas formas puedan apoyar y mejorar la vida de las personas. En concreto, la iniciativa se centra en tres objetivos interrelacionados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear dispositivos de información basados en el nuevo software y arquitecturas de hardware que se integran en los objetos cotidianos.</li> <li>• Mirar como las colecciones de dispositivos pueden actuar juntos, a fin de producir nuevos comportamientos y nuevas funcionalidades.</li> <li>• Investigar los nuevos enfoques para el diseño de una colección de dispositivos de uso diario, y cómo asegurarse que la experiencia de las personas sea coherente y atractivo en estos nuevos entornos.</li> </ul> <p>Fue dividido en una serie de proyectos de investigación independientes que se detallan más adelante: 2WEAR, TELIER, Inter living, MIME, ORESTEIA, SHAPE, Smart-its Artifacts, Accord, Grocer - Grocery Store, SOB, WORKSPACE entre otros.</p>	2001-2004
2WEAR [19][67]	El proyecto desarrollo y experimento con los sistemas portátiles, centrándose en la extensibilidad y los problemas de adaptación	2001-2003
ATELIER [19][68]	El objetivo del proyecto ATELIER es contribuir a un ambiente de aprendizaje de inspiración, que se basan en una comprensión de las prácticas creativas en el diseño, la arquitectura y el arte. Diseño, monto y probó una arquitectura y componentes técnicos para estos entornos de medios mixtos, basados en el trabajo etnográfico de cómo los estudiantes interactúan con el espacio, dispositivos (tangibles y digitales, presentes y distantes) y materiales de origen mixto en tipo de medios y con personas co-presentes y distantes.	2001-2004
Inter living [19][69]	<p>El proyecto tiene como objetivo estudiar y desarrollar tecnologías junto con los miembros de toda la familia que faciliten la convivencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Entendiendo las necesidades de las familias</li> <li>* Desarrollando dispositivos innovadores que apoyan las necesidades de las familias co-ubicados y distribuidos.</li> <li>* Entendiendo el impacto de estas tecnologías pueden tener en las familias.</li> </ul>	2001-2003

Tabla 5. Algunos ejemplos sobre proyectos de Computación Pervasiva

Proyecto	Descripción	Año
MIME [19][70]	Mime explotará una serie de estudios etnográficos para entender las necesidades, comportamientos y rituales de la gente con respecto a los "medios de comunicación íntimos" actuales y futuros dentro de los ambientes domésticos o de camino a casa o al trabajo. El término "medios íntimos" se utiliza para describir todo lo que contribuye a la composición real del entorno de las personas. Esto hace referencia concretamente a los objetos que satisfacen las necesidades de uno y los requisitos creados por las perspectivas mentales, físicas, emocionales y tecnológicas. El objetivo es diseñar y desarrollar interacciones, interfaces y objetos que permitirán a las personas acceder, editar, compilar, almacenar y compartir medios íntimos en diferentes contextos y lugares.	2001-2002
ORESTEIA -MODULAR HYBRID ARTIFACTS WITH ADAPTIVE FUNCTIONALITY [19][71]	Los objetivos de este proyecto fueron: * Crear una representación general del mundo mediante la integración de datos de múltiples sensores * Crear una arquitectura para la toma de decisiones orientada a objetivos distribuida, jerárquica y basada en el control de la atención (Agentes atencionales); * Apoyo al comportamiento emergente en una colección de objetos (emergencia); * Crear un sistema, que puede adaptarse a las necesidades cambiantes en el tiempo del usuario y aprende con el uso de múltiples paradigmas basado en la información de contexto y el perfil de usuario (Adaptabilidad); * La investigación sobre tecnologías de apoyo al DC (Disappearing Computer) en forma de micro-generación de energía y las comunicaciones de radio de baja potencia (generación de energía).	2001-2003
SHAPE - Situating Hybrid Assemblies in Public Environments [19][72]	Los objetivos fueron: * Explorar artefactos híbridos y las diversas relaciones posibles entre las manifestaciones físicas y digitales, y crear prototipos demostrables; * Examinar y construir ensamblajes organizados de dispositivos híbridos en entornos del tamaño de una habitación como un medio para entregar una experiencia social e integrada * Utilizando métodos científicos sociales, estudiar y desarrollar una comprensión detallada de las actividades de los miembros del público cuando participan con los dispositivos exhibidos en lugares públicos como museos.	2001-2004
Smart-its Artifacts [19][73]	Sus objetivos fueron: * Desarrollo de una plataforma de dispositivo integrado para el aumento de los objetos cotidianos con sensibilidad al contexto y comunicación; * Diseño de métodos de computación perceptual para percepción colectiva de contexto basado en sensores y dispositivos en redes ad-hoc ; * Investigación del subsistema de comunicación, infraestructura de servicios, y la plataforma de software para dispositivos integrados interconectados; * Explorar las aplicaciones a través del desarrollo de escenarios y el despliegue de Smart-Its en objetos cotidianos.	2001-2003

Tabla 5. Algunos ejemplos sobre proyectos de Computación Pervasiva (Continuación)

Proyecto	Descripción	Año
Grocer - Grocery Store [19][74]	<p>El proyecto tubo como objetivo construir dos prototipos técnicos: dispositivos basados en localización integrados en objetos del mundo real, tales como cajas de cereales en las tiendas de comestibles y un sistema servidor aplicaciones y una arquitectura inalámbricas que integran estos dispositivos con dispositivos de mano y agentes de software distribuidos. Los objetivos técnicos específicos de GROCER fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Desarrollar tecnología RDIF para soportar una arquitectura inalámbrica y sistema servidor de aplicaciones;</li> <li>* Desarrollar la tecnología Bluetooth para soportar el sistema;</li> <li>* Crear los agentes de software para gestionar la comunicación dentro del sistema;</li> <li>* Desarrollar las capacidades WAP y m-commerce ( Mobile Commerce ) en el sistema;</li> <li>* Utilizar los protocolos de privacidad (XML, P3P) para gestionar la información dentro del sistema;</li> <li>* Integrar los avances técnicos de interactuar y producir nuevas funcionalidades dentro de la arquitectura y el servidor de aplicaciones TENDERO. Mientras que los objetivos técnicos son el punto focal del proyecto TENDERO, las metas legales y comerciales también reciben cierta consideración.</li> </ul>	2001-2004
WORKSPACE [19][75]	<p>El objetivo principal fue aumentar el ambiente de trabajo a través de componentes de computación espaciales, inicialmente por miembros profesiones del diseño, pero con aplicabilidad a una amplia gama de dominios de trabajo. Los principales objetivos específicos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Permitir que documentos y materiales de trabajo para ser representados, visualizados, organizados y elaborados en un entorno informático espacial en colaboración;</li> <li>* Ir más allá de la pantalla WIMP ("ventanas, iconos, menús y puntero) y el teclado para hacer realidad este entorno informático espacial en una gama de formas y medios de comunicación;</li> <li>* Permitir a las personas y sus materiales de trabajo combinarse en formas más fluidas y transparentes que a través de las redes e interfaces electrónicas convencionales;</li> <li>* Hacer más medidas significativas en la reducción entre los objetos físicos y digitales y en la provisión de un entorno común para ellos;</li> <li>* Dar los primeros pasos, el uso de las tecnologías de posicionamiento espacial, hacia la conexión de los espacios físicos en el mundo exterior, como por ejemplo sitios de arquitectura (paisajes) , y sus representaciones digitales, permitiendo a los usuarios que actúe uno a través del otro.</li> </ul>	2001-2003
DAIDALOS [76][77]	<p>DAIDALOS diseño, desarrollo y valido un Framework Blueprint B3G. Soporta servicios de seguridad, personalización y servicios pervasivos construidos sobre redes heterogéneas e infraestructuras de servicios para el usuario móvil y se espera que contribuya a los foros de de normalización e industriales. El proyecto aborda el hecho de que la movilidad se ha convertido en un aspecto central de nuestra vida en los negocios, la educación y el ocio.</p>	2003-2008

Tabla 5. Algunos ejemplos sobre proyectos de Computación Pervasiva (Continuación)

Proyecto	Descripción	Año
Claytronics [11][78]	Claytronics es un proyecto dirigido por la Universidad Carnegie Mellon (USA) e Intel. Este proyecto combina la robótica modular, nanotecnología sistemas y ciencias de la computación para crear una visualización dinámica 3D de la información electrónica. El objetivo es dar a la información formas tangibles e interactivas de manera que los sentidos del usuario experimentará entornos digitales como si fueran indistinguibles de la realidad. Explora cómo una colección de dispositivos a escala milimétrica se puede utilizar como un sistema programable de modo que reproduzca objetos físicos 3D en movimiento.	2004-Activo
Chronius [11][79]	CHRONIOUS tuvo como objetivo definir un framework europeo como una plataforma para la vigilancia genérica del estado de salud de personas con condiciones de salud crónicas. Se desarrollo una plataforma inteligente, ubicua y adaptable para ser usado por los pacientes y los profesionales sanitarios relacionados con las enfermedades crónicas como la obstrucción pulmonar crónica y la insuficiencia renal crónica.	2008-2012
METABO [11][80]	METABO estuvo dedicado al estudio y el apoyo de la gestión metabólico en diabetes para pacientes y especialistas. Se centra en la mejora de la gestión de la enfermedad de la diabetes proporcionando a los pacientes y médicos una plataforma tecnológica para ayudar a manejar y analizar toda la información relacionada con el tratamiento de la diabetes y su integración con los datos de la forma de vida de los pacientes. El proyecto responde a la necesidad de profesionales de la salud para desarrollar e implementar procesos más eficaces y adaptables de monitoreo y modelación de enfermedades crónicas para mejorar la prestación de atención, mejorar la calidad de vida de los pacientes y reducir los costos para los sistemas nacionales de salud y de los individuos.	2008-2012

Tabla 5. Algunos ejemplos sobre proyectos de Computación Pervasiva (Continuación)

Proyecto	Descripción	Año
ARTEMIS [76][81]	<p>Los sistemas de computación empotrados, aunque invisibles, contribuyen en gran medida a mejorar nuestra vida cotidiana. Asimismo, ofrecen aplicaciones industriales avanzadas con efectos positivos para la economía europea. Para favorecer las economías de escala, reducir los costes y estimular la comercialización de productos basados en esas tecnologías, la Unión Europea (UE) pone en marcha una asociación público-privada en el ámbito de la investigación sobre la computación empotrada en forma de una iniciativa tecnológica conjunta, aplicada por la Empresa Común Artemis.</p> <p>La plataforma europea de sistemas de computación incrustada, ARTEMIS (ETP) convoca ayudas para abordar el diseño, desarrollo y despliegue de sistemas de electrónica y software ubicuos, interoperables y rentables, potentes y seguros. ARTEMIS tiene como objetivo general reducir la brecha de productividad del diseño entre potencial y capacidad, como un requisito previo necesario para avanzar en la posición competitiva de Europa en el mercado mundial.</p> <p>Artemis Joint Undertaking consta de ocho subprogramas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Métodos y procedimientos de seguridad para los sistemas integrados</li> <li>2) Gestión de la salud centrada en la persona</li> <li>3) Entornos inteligentes y servicios digitales escalables</li> <li>4) Fabricación y logística eficiente</li> <li>5) Entornos informáticos para sistemas integrados</li> <li>6) Seguridad, privacidad y fiabilidad en sistemas integrados para aplicaciones, redes y servicios</li> <li>7) Tecnología integrada para la vida urbana sostenible</li> <li>8) Diseño de diseños integrados centrados en la persona</li> </ol>	2008-Activo
4WARD [76][82]	<p>4WARD tuvo como objetivo aumentar la competitividad de la industria de las redes europeas y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos europeos mediante la creación de una familia de redes fiables e interoperables que proporcionan acceso directo y ubicuo a la información. Estas futuras redes inalámbricas y cableadas serán diseñadas para ser fácilmente adaptables a las necesidades actuales y futuras, a un costo aceptable. El objetivo de 4WARD es hacer que el desarrollo de redes y las aplicaciones de redes más rápidas y fáciles, lo que lleva a servicios de comunicación más avanzados y más asequibles.</p>	2008-2010

Tabla 5. Algunos ejemplos sobre proyectos de Computación Pervasiva (Continuación)

Proyecto	Descripción	Año
IBM Smart Surveillance System [76][83]	La investigación de Vigilancia Inteligente incluye a miembros del grupo dedicado a la exploración de la Visión por Ordenador de IBM Watson Research quienes participan en la investigación y el desarrollo del análisis de vídeo para la vigilancia. Este equipo creó el prototipo "PeopleVision", que se ha convertido en un producto y en una solución llamado "Smart Vision Suite", recientemente denominado "Intelligent Video Analytics". IBM Intelligent Video Analytics identifica sucesos, atributos o patrones de comportamiento mediante el análisis de vídeos de entornos supervisados. Este software de análisis de vídeos supervisa las corrientes de vídeo casi en tiempo real y crea automáticamente alertas de seguridad o analiza datos históricos para identificar incidentes y patrones específicos. Las organizaciones pueden aprovechar las funcionalidades de análisis de vídeos del producto para procesar, almacenar y responder a los datos de los vídeos de forma más rápida y eficiente.	2009-Activo
MONARCA [11][84]	MONARCA se desarrollo para monitoreo multiparamétrico a largo plazo de la información conductual y fisiológica relevante para pacientes con trastornos bipolares. Mediante una plataforma adecuada y un conjunto de servicios se gestiona, el tratamiento y el auto-tratamiento de la enfermedad. El sistema MONARCA se diseño para cumplir con la seguridad e intimidad y las normas médicas del paciente, se presta especial atención a la interoperabilidad con los sistemas de información médicos existentes y se integra a los flujos de trabajo médicos pertinentes para la obtención de datos estadísticos. Consta de 5 componentes: un sensor de teléfono móvil, un monitor de actividad de muñeca de la mano, un sensor fisiológico, un sistema de mediciones periódicas, y una novedosa pasarela doméstica.	2010-2013
INTERStress [11][85]	El proyecto INTERSTRESS tiene como objetivo diseñar, desarrollar y probar una avanzada solución basada en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para el asesoramiento y el tratamiento del stress psicológico. Sus objetivos son: asesoramiento cuantitativo y objetivo de los síntomas usando biosensores y análisis del comportamiento, soporte a las decisiones para la planificación del tratamiento por medio de la fusión de datos y algoritmos de detección, provisión de avisos feedback de motivación para mejorar la COMPLIANCE y el resultado a largo plazo. Para alcanzar estos objetivos, INTERSTRESS va a usar un nuevo concepto del e-Health: la Interrealidad la cual se trata de la integración del asesoramiento y del tratamiento dentro de una poderosa experiencia híbrida, uniendo el mundo físico y virtual dentro de una realidad única. El comportamiento en el mundo físico influenciará las experiencias del mundo virtual. El comportamiento en el mundo virtual influenciará las experiencias del mundo real.	2010-2013

Tabla 5. Algunos ejemplos sobre proyectos de Computación Pervasiva (Continuación)

Proyecto	Descripción	Año
Programa nacional de Finlandia de Internet de las Cosas (IoT) [86][87][88]	El programa nacional de internet de las cosas ayuda a la industria finlandesa al desarrollo de nuevos productos, servicios y estándares para la IoT que persigue tener una ventaja competitiva global debido a su experiencia existente y a las actividades de cooperación con la industria en el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Tecnología (TIC). Con el fin de crecer a nivel global, la IoT debe ser compatible con una multitud de diversos objetos "inteligentes", a los que se espera integrarles sensores, actuadores, dispositivos RFID o procesadores. Se persigue que los objetos sean identificables y puedan ser monitoreados o manipulado a través de varias redes; que de forma autónoma pueden transmitir datos y comunicarse con otros objetos o máquinas. Algunos de los retos clave de sus actividades de investigación y desarrollo son la elaboración de bases sólidas de seguridad y privacidad, el desarrollo de plataformas de IoT comunes, y actividades internacionales de normalización y los esfuerzos para reducir el consumo energético de los dispositivos que están conectados a los objetos. Además de eso, el Programa de la IoT investiga el potencial de nuevos modelos de negocios lucrativos, productos y de servicios.	2012-Activo

Tabla 5. Algunos ejemplos sobre proyectos de Computación Pervasiva (Continuación)

Proyecto	Descripción	Fechas de Publicaciones
Media Cup [89]	El MediaCup es una taza de café ordinario aumentado con capacidades de detección, procesamiento y la comunicación (integrados en la parte inferior de la copa), para recopilar y comunicar información de contexto general en un entorno determinado. Es un ejemplo de cómo dotar a los objetos cotidianos con capacidades de computación y comunicación. Con la configuración MediaCup (que consta de varias tazas y otros equipos) se explora el valor añadido de los objetos cotidianos computarizados. El demostrador MediaCup se utiliza desde septiembre de 1999 en una configuración de todos los días (utilizado por los no expertos también). Para recibir una impresión de nuestro entorno ver MediaCups movimiento y reunión en nuestro laboratorio. El MediaCup es original diseñado un artefacto de investigación, pero hoy en día resulta ser un buen ejemplo de demostración para explicar los principios y el uso del campo de investigación "computación ubicua" en general.	1999-2001
Oxygen [90]	El proyecto de Oxygen fue una iniciativa del MIT para tener una visión de un futuro en el que el cálculo estará disponible gratuitamente en todas partes, como el oxígeno del aire que respiramos. El proyecto se basó en una infraestructura de dispositivos móviles y fijos conectados por una red autoconfigurable. Esta infraestructura suministra abundante computación y la comunicación, permitiendo la computación pervasiva centrada en el usuario, afrontando las necesidades humanas por medio del uso de tecnologías y de sistemas específicos. Las tecnologías del habla y de la visión permiten comunicarnos con Oxygen como si estuviéramos interactuando con otra persona, ahorrando mucho tiempo y esfuerzo.	1999-2005
University of Florida [91]	University of Florida ( Programmable Pervasive Spaces , SmartWave: Meal Preparation System For The Elders Elder Cognitive Assistant ): La computación móvil y pervasiva en la Universidad de Florida son investigación de vanguardia tecnología e innovación con un sólido entrenamiento educativo. La mayoría de los proyectos están centrados en el ser humano afrontando la calidad de vida en beneficio de grupos de usuario e incluyendo las personas con necesidades especiales y la creciente población de personas mayores en todo el mundo.	1999-2013
Sentient Computing [92]	Los Laboratorios AT&T en Cambridge en Reino Unido, colaboraron con el Departamento de Ingeniería de la Universidad de Cambridge en el proyecto Sentient Computing. El proyecto exploró las interfaces de usuario que emplean sensores y datos de los estados de los recursos para mantener un modelo de mundo que es compartido por los usuarios y las aplicaciones. El modelo mundial para el proyecto Sentient Computación cubre un edificio entero. Las Interfaces para programas se extienden sutilmente en todo el edificio. Este proyecto ha dado lugar a algunos de los nuevos tipos de aplicaciones, como sistemas de archivo sensibles al contexto y carteles inteligentes	2001 -- 2002

Tabla 6. Algunos ejemplos sobre proyectos académicos de Computación Pervasiva

Proyecto	Descripción	Fechas de Publicaciones
Aura [93]	<p>Proyecto Aura fundamentalmente volvió a plantear el diseño del sistema para hacer frente al problema que tiene el usuario respecto de las distracciones que puede recibir de los sistemas de computación. El objetivo de Aura es proporcionar a cada usuario con una aureola invisible de los servicios de computación independientemente de la ubicación. Para alcanzar este objetivo será necesario un esfuerzo a todos los niveles: desde las capas de hardware y de red, a través del sistema operativo y middleware, a la interfaz de usuario y aplicaciones.</p> <p>Proyecto Aura diseño, ejecuto, implemento y evaluo un sistema a gran escala que demuestra el concepto de un "aura de información personal" que se extiende por los ordenadores de escritorio, los ordenadores portátiles, los handhelds, los ordenadores acoplados al cuerpo y otras infraestructura de computación.</p>	2003-2004
Pervasive Computing and Communications [94]	<p>Pervasively Secure Infrastructures (PSI), se refiere a la aplicación de la computación pervasiva para seguridad nacional. Exploro tecnologías de las comunicaciones móviles, inalámbricas y redes de sensores, computación pervasiva, los dispositivos portátiles más sofisticados del momento, vídeo y procesamiento de imágenes, middleware y software basado en agentes nos ha motivado que explora el potencial para crear infraestructuras de seguridad pervasivas (PSI). El objetivo es monitorear y recuperar datos sobre desastres naturales para su prevención.</p>	2003-2007
AMADEUS - The University of York [95]	<p>El objetivo principal de AMADEUS es el desarrollo de tecnologías de componentes para los futuros entornos de computación pervasiva. Estos componentes serán típicamente hardware IP (intellectual property) cores, pero en ocasiones se incluyen tecnologías de software modular. AMADEUS desarrollo determinadas tecnologías de componentes en las siguientes áreas: -</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Subsistemas de procesamiento de video y audio</li> <li>• Arquitecturas 'inteligente' de procesamiento de datos</li> <li>• Interactividad integrada Humano-Máquina</li> <li>• Componentes sensibles al contexto biométricos</li> <li>• Elementos de redes del hogar</li> </ul>	2003-2005

Tabla 6. Algunos ejemplos sobre proyectos académicos de Computación Pervasiva (Continuación)

### 5.3 Un aproximación de los dominios aplicativos de la IoT

En el libro del CERP-IoT (Cluster of European Research Projects on the Internet of Things), “Vision and Challenges for Realising the Internet of Things” de 2010, se presenta una aproximación de los dominios de las aplicaciones de IoT [96]. El concepto de Internet de las cosas al tener que conectar todas las cosas existentes en muchos entornos, la interpretación de lo que es “una cosa” se percibe de manera diferente y en función del ámbito en el que se utilice. Agregando valor y ampliando capacidades tanto de localización y de identificación con ayuda de tecnologías de vanguardia su penetración en el mundo se extiende a cualquier ámbito. Con el fin de pensar en las posibles aplicaciones de la Internet de las cosas, en principio es necesario identificar los principales dominios de aplicación que podemos ver en la Figura 22. Las características de cada dominio y algunos determinados ejemplos se presentan en la Tabla 7.

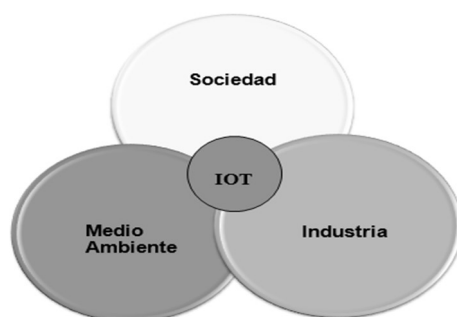


Figura 22. Dominio de Aplicaciones de IoT

Dominio	Descripción	Ejemplos indicativos
Industria	Las actividades que involucran las transacciones financieras o comerciales entre empresas, organizaciones y otras entidades	Fabricación, logística, sector de los servicios, la banca, las autoridades gubernamentales financieras, intermediarios, etc.
Medio ambiente	Las actividades relacionadas a la protección, la supervisión y el desarrollo de todos los recursos naturales	Agricultura y la cría de animales, el reciclaje, los servicios de gestión ambiental, gestión de la energía, etc.
Sociedad	Actividades o iniciativas relacionadas con el desarrollo y la inclusión de las sociedades, ciudades y personas	Los servicios gubernamentales hacia los ciudadanos y otras estructuras de la sociedad (e-participación), e-inclusión (por ejemplo, las personas mayores, las personas con discapacidad), etc.

Tabla 7. Dominios, Características y Ejemplos varios

Los dominios de IoT están relacionados ya que las aplicaciones de cada dominio no están completamente aisladas, de esta manera las aplicaciones se tienen que ver desde un punto de vista intra y extra dominio y sus implicaciones con sus dominios vecinos. Por ejemplo, el control de la cadena alimentaria, o mercancías en peligrosas, no sólo tiene que ver con la propia industria, sino que también tiene implicaciones sociales que necesitan ser tomados en consideración. Aunque los dominios de aplicaciones tienen diferentes objetivos o metas, no tienen significativamente diferentes requisitos con respecto a la IoT y a las aplicaciones que serían desplegadas en una plataforma en un sistema completo.

Por otro lado los dominios de aplicación de la IoT identificados por IERC se basan en las aportaciones de expertos, encuestas e informes. La aplicación IoT abarca entornos o espacios "inteligentes" en dominios tales como: transporte, construcción, ciudad, estilo de vida, las ventas al por menor, la agricultura, las fábricas, cadenas de suministros, servicios de emergencia, cuidado de la salud, cultura y turismo, interacción con el usuario, medio ambiente y energía. A continuación se presenta una lista extendida de entornos inteligentes en donde se aplica o se aplicara la IoT [36]:

**Smart Cities:** Smart Parking, Structural health, Noise Urban Maps, Traffic Congestion, Smart Lightning, Waste Management, Intelligent Transportation Systems.

**Smart Environment:** Forest Fire Detection, Air Pollution, Landslide and Avalanche Prevention, Earthquake Early Detection

**Smart Water:** Water Quality, Water Leakages, River Floods

**Smart Metering:** Smart Grid, Tank level, Photovoltaic Installations, Water Flow, Silos Stock Calculation

**Security & Emergencies:** Perimeter Access Control, Liquid Presence, Radiation Levels, Explosive and Hazardous Gases

**Retail:** Supply Chain Control, NFC Payment, Intelligent Shopping Applications, Smart Product Management.

**Logistics:** Quality of Shipment Conditions, Item Location, Storage Incompatibility Detection, Fleet Tracking

**Industrial Control:** M2M Applications, Indoor Air Quality, Temperature Monitoring, Ozone Presence, Indoor Location, Vehicle Auto-diagnosis

**Smart Agriculture:** Wine Quality Enhancing, Green Houses, Golf Courses, Meteorological Station Network, Compost

**Smart Animal Farming:** Offspring Care, Animal Tracking, Toxic Gas Levels

**Domotic & Home Automation:** Energy and Water Use, Remote Control Appliances, Intrusion Detection Systems, Art and Goods Preservation

**eHealth:** Fall Detection, Medical Fridges, Sportsmen Care, Patients Surveillance, Ultraviolet

Algunos de estos entornos inteligentes se han desarrollado en los últimos años de los cuales existen ya algunos proyectos con aplicaciones desarrolladas, otras en pruebas y otros proyectos más previstos en los próximos años. Los entornos inteligentes incluyen subsistemas como se muestra en la Tabla 8 y las características desde un punto de vista tecnológico se enumeran brevemente [97].

	Oficina/ casa Inteligente	Minorista Inteligente	Ciudad Inteligente	Agricultura/Bosque Inteligente	Agua Inteligente	Transporte Inteligente
<i>Tamaño de Red</i>	Pequeño	Pequeño	Medio	Medio / Amplia	Amplia	Amplia
<i>Usuarios</i>	Muy pocos, miembros de familia	Pocos, nivel de comunidad	Muchos, marcadores de política, público en general	Pocos, terratenientes,	Pocos, gobernadores	Abundante, público en general
<i>Energía</i>	Batería recargable	Batería recargable	Batería recargable, Captación de energía	Captación de energía	Captación de energía	Batería recargable, Captación de energía
<i>Conectividad de Internet</i>	Wifi, 3G, 4G LTE backbone	Wifi, 3G, 4G LTE backbone	Wifi, 3G, 4G LTE backbone	Wifi, comunicación de satélite	comunicación de satélite, enlace de microondas	Wifi, comunicación de satélite
<i>Administración de datos</i>	Servidor local	Servidor local	Servidor compartido	Servidor local, Servidor compartido	Servidor compartido	Servidor compartido
<i>IoT Dispositivos</i>	RFID, WSN	RFID, WSN	RFID, WSN	WSN	Sensores Únicos	RFID, WSN, Sensores Únicos
<i>Requerimiento de Ancho de banda</i>	Pequeño	Pequeño	Amplio	Medio	Medio	Medio/Amplio
<i>Ejemplo Banco de Pruebas</i>	Aware home	SAP future retail center	Smart Santander citySense	SisViA	GBROOS, MAT	Pocas implementaciones de ensayo

Tabla 8. Algunos ejemplos de entorno inteligentes

## 6 Escenarios de computación Pervasiva

### 6.1 Panorámica general de los escenarios de la computación pervasiva

Los escenarios de computación pervasiva han ido incorporando nuevos elementos a los entornos del mundo real, es así que conjugando la visión inicial de Weiser, y la de la IST Advisory Group, en 2001 dan un alcance bastante bueno para su comprensión y para la consecución de las investigaciones. Con la presencia de aplicaciones emergentes en IoT en nuevos entornos y los avances tecnológicos (Web, objetos inteligentes integrados, etc.) así como la gestión de la información hacen pensar en el modelado de nuevos escenarios [98]. Se realizará una revisión general de los diversos escenarios propuestos para la computación pervasiva.

Además, cabe indicar que la mayoría de los proyectos relacionados con computación pervasiva han desarrollado aplicaciones pervasivas con interfaces inteligentes para la captura de datos y su interacción con los usuarios, es decir centrada en el usuario. Pero, el problema de la gestión de información es también importante y en la mayoría de los casos se relaciona con el diseño y la arquitectura interna del sistema.

#### 6.1.1 La visión de Weiser

Weiser nos presento el primer escenario de los entornos pervasivos con “Sal” en el centro del escenario [1]. En su casa por la mañana Sal despierta y su reloj alarma (aparato eléctrico) le pregunta suavemente por “Café”, y ella responde entre dientes “Sí”. “Si” o “No” son las únicas respuesta que conoce el reloj alarma, es decir lo estrictamente relevante para su función. La casa de Sal tiene ventanas inteligentes que pueden mostrar los rastros de sus vecinos que van y vienen durante el día, además de mantener la privacidad y un mapa de su vecindario que la hace sentir un poco más acogedora. Sal también marca las noticias de su interés desde un periódico impreso a través de un bolígrafo inteligente, para enviarlo a su oficina. Otros servicios son los de localización e información sobre puntos particulares de interés Hacia el final, Sal busca con éxito a una persona en el escenario llamada María, a la cual no conoce, pero que coincidieron en una reunión tiempo atrás. Por medio de asociaciones entre los datos de contexto relacionados con la hora de la reunión, el lugar, el número de personas, logra localizarla alcanzando a ver su biografía y enviarle una nota.

#### 6.1.2 Los escenarios propuestas por el ISTAG

Los escenarios propuestos por el grupo ISTAG para entornos inteligentes, han servido para que muchos investigadores continúen con las investigaciones dentro del

campo de la computación pervasiva. Aunque fueron propuestos en el 2001 con un visión para el 2010, se introducen en este capítulo con el objeto de esbozar diferentes casos que enfatizan en el diseño [99], [98].

Las principales diferencias entre la estructuración de los escenarios son (ver Figura 23):

- Eficiencia económica y personal versus sociabilidad/humanístico (objetivos)
- Comunitario versus individual (actores).

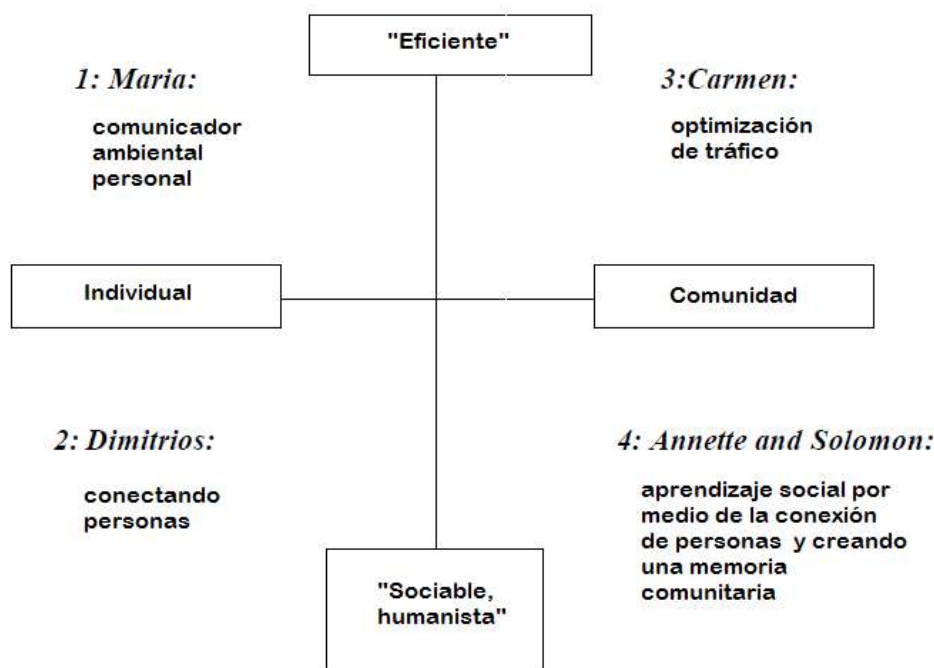


Figura 23. Escenarios creados por el grupo ISTAG para entornos inteligentes para el 2010

Los escenarios están centrados en la interface del usuario, en la cual las tecnologías deberían estar adaptadas a las necesidades humanas y cognitivas más allá de las simples interfaces amigables:

1. El escenario "María", resalta los mecanismos de la identidad electrónica del usuario, credenciales, preferencias y datos sobre ella, sin inconvenientes, así como la capacidad de utilizar fácilmente los recursos locales (vehículos, utilidades, capacidades informáticas y de comunicación).

2. El escenario "Dimitrios" se basa en avatares digitales muy avanzados (D-Me, Digita-Me) que pueden interactuar naturalmente con otras personas y tomar decisiones sensibles al contexto. Dimitrios es un empleado de 32 años y un D-Me es tanto un dispositivo de aprendizaje que aprende sobre Dimitrios de sus interacciones con el

medio ambiente, y es un dispositivo de actuación que ofrece funcionalidades de comunicación, procesamiento y de toma de decisiones. El D-Me de Dimitrio ayuda a relacionarse con otras personas cercanas a él que tienen sus mismas condiciones de salud y ayuda a relacionar a su hijo con otros chicos con propósitos de socialización y educación gracias al contexto común.

3. El escenario "Carmen" incluye una amplia gama de servicios como compartición de automóvil, compras por Internet, refrigeradores inteligentes, información sobre el tráfico, la comunicación de vehículo a vehículo.

4. Por último, el escenario "Annette and Solomon", cuenta con un ambiente inteligente para el aprendizaje social, caracterizado por capacidades de comunicación natural y de procesamiento semántico avanzado.

Se han encontrado los escenarios ISTAG interesantes ya que proveen aparte de las perspectivas de las interfaces avanzadas humano-máquinas, además de las interfaces avanzadas hombre-máquina, es que hoy en día ya existen la mayoría de los servicios, solamente que en dichos escenarios el sistema es capaz de proporcionar información y servicios en tiempo real y son más fáciles para acceder y mucho sensibles al contexto que en el presente.

Sin embargo, los servicios presentados parecen estar centralizado y no tener mucho en común. Una alternativa de agregación de información desde diferentes servicios podría conducir a más y mejores capacidades.

Entre otros escenarios de entornos inteligentes que se han sugerido tenemos:

- Sistemas que envían sugerencias sensibles al contexto y ficheros que se mueven entre dispositivos para dar seguimiento al usuario
- Transferencias transparentes de conexiones de red, espacios de trabajo en donde la video conferencia es usada con dispositivos locales, usan una pizarra compartida, editan documentos remotamente y explotando los datos a su disposición.
- Objetos presentes en la Web y activación de sugerencias sensibles al contexto, eligiendo la manera de notificación en base al contexto del usuario.

## 6.2 Nuevos Escenarios centrados en la gestión de la información

A continuación se verán dos escenarios relacionados en como la capa de aplicación de un sistema pervasivo trabaja internamente gestionando la información basados en el contexto. Los escenarios se manejan centrándose en agentes de software montados en los dispositivos de los usuarios con plena conectividad.

Un agente de software es un programa de computación con capacidad para decidir cómo debe actuar para alcanzar sus objetivos [100].

### 6.2.1 Vigilancia médica en el hogar

Una persona mayor camina en la calle hacia su casa. En el bolsillo dicha persona tiene un teléfono móvil con un agente de software, con conectividad Bluetooth y GSM en comunicación con un sensor de multipropósito que monitorea sus signos vitales. El agente de software se ha configurado para comunicarse lo menos posible, por lo que normalmente no inicia conexiones. La persona vive en un pequeño apartamento en el sótano. A medida que sube por las escaleras, ella cae y pierde el conocimiento por unos momentos.

En este corto tiempo, el sensor detecta signos vitales y que la situación no está amenazando la vida de la persona y no se ha producido ninguna lesión grave, pero puede ser necesaria atención médica. Se debe llamar al personal médico que cuida de este usuario de inmediato. Este razonamiento se realiza mediante un módulo del agente, el cual está especialmente diseñado para personas mayores o discapacitadas. Como no hay señal GSM en esta ubicación, el agente busca otro recurso que puede ofrecer servicios de comunicación. Se activa la conectividad vía Bluetooth y encuentra un dispositivo que también ejecuta este agente. Proporciona al otro agente alguna información sobre el contexto: hay alguien que necesita comunicación urgente por teléfono. Ningún dato de carácter personal se proporciona. El otro agente detecta que este contexto se ajusta a su historial de actividades: ha ayudado con este tipo de acciones antes y acepta la tarea sin la necesidad de la confirmación del propietario. El agente de la persona mayor entonces da a otro agente de software un número y un mensaje para que sea enviado. Mientras el adulto está consciente, el agente recibe, a través de otro teléfono vía Bluetooth en el área, la confirmación por parte de la enfermera la cual llegará en pocos minutos.

### 6.2.2 Seguimiento y vigilancia en un Concierto

Se va a celebrar un gran concierto de rock en uno de los estadios más grandes de Europa. Cientos de miles de personas están participando. La mayoría de ellos tienen teléfonos móviles o smartphones que ejecutan agentes de IAM. La mayoría de jóvenes no tienen reparos en tener a sus agentes de software configurados para comunicarse con otros agentes de software que comparten el mismo contexto, pero manteniendo privacidad de los datos personales. Todos los participantes comparten el contexto espacio, el tiempo y la actividad. Todos los agentes de software forman una red social temporal, anónima, la comunicación no se lleva a cabo por medio de Internet o por GSM, sino vía redes ad-hoc Bluetooth o WiFi. Ellos intercambian casi inconscientemente, de forma anónima, noticias o enlaces interesantes que están relacionados con el evento y la banda de rock que luego consultarán para revivir esos momentos.

A través de los accesos a la red WiFi los organizadores envían a los agentes de software la información sobre el retraso de la banda y por ende una hora de retraso del inicio del concierto. Al ser una información de relevancia dicha información es enviada a los dispositivos de las personas dentro del estadio inmediatamente, si alguien que no participa del evento la recibe su agente de software la descartara al no ser relevante para dicha persona.

Por último, se inicia el concierto. Hacia el final se inicia un incendio debido a un fuego pirotécnico. Se anuncia la evacuación del estadio e inmediatamente el pánico se apodera del público. Debido a esto las redes WiFi y GSM se saturan. Los dispositivos cercanos de seguridad a las salidas de emergencia envían señales vía Bluetooth a los teléfonos las direcciones que señalan las salidas de emergencias y luego dicha información es enviada de dispositivo a dispositivo alcanzando a todos los participantes. Con el número de enlaces realizado los agentes de software tienen la capacidad de calcular e indicar las salidas más cercanas.

Unos días después algunos espectadores quieren contactar con las personas que han compartido imágenes en el concierto, pero la información personal sobre los emisores no está disponible. Después de ir al sitio web del concierto y compartir sus intereses con otras personas que asistieron al concierto, a través de los agentes de software y mediante las redes sociales dichas personas se ponen en contacto.

### **6.3 Ejemplos adicionales de escenarios y contextos pervasivos en entornos inteligentes.**

La cantidad de escenarios de computación pervasiva son innumerables los cuales son soportados por una gran variedad de tecnologías. Un sistema pervasivo con un soporte para acciones basadas en cierta inteligencia se puede implementar en muchos posibles entornos. A continuación se describen algunos de estos entornos [101].

#### **6.3.1 Smart Home**

El entorno pervasivo central es la casa, incluyendo el patio, la puerta principal, los objetos como las plantas, los muebles del hogar, etc., todos equipados con sensores. Podemos tener tres elementos centrales: una persona en su habitación, un gato, y un robot limpiando el piso de la sala de estar. Hay sensores de movimientos, detectores de humo, detector del timbre de la puerta, sensores de encendido de TVs, de los fogones de la cocina y de aperturas de los grifos de agua. Además, hay un grupo de actuadores que operan sobre los grifos, TVs o los fogones de la cocina sin la intervención del humano.

Los contextos de interés pueden ser: "los fogones de la cocina se han dejado encendidos sin que exista presencia humana en la cocina por más de 10 minutos", "un ocupante

sigue durmiendo después de las 9 AM". Ciertas reglas de interés específicas podrían considerar que "Si el ocupante está en la cama y es más de las 9 AM y se ha intentado contactar, sin éxito, entonces su asistente personal debe ser notificado"

### **6.3.2 Habitación de hospital en donde un paciente es monitoreado por razones de salud y seguridad**

Los objetos en este entorno son los muebles, equipos médicos, los elementos específicos de la habitación como un baño y una ventana. Los interactores en este entorno son el paciente, sus familiares y el personal médico. Los sensores pueden ser sensores de movimiento y detectores de banda colocados en la muñeca para identificar quién entra o sale de la habitación y que se acerca a áreas específicas como la ventana o al baño. Los actuadores pueden ser micrófonos/altavoces dentro del baño para interactuar con el paciente en caso de emergencia.

Los contextos de interés pueden ser: "el paciente ha entrado en el baño y no ha regresado después de 20 minutos" o "un paciente bastante delicado de salud ha salido de la habitación". Ciertas reglas específicas de interacción pueden considerarse, por ejemplo, que "si el paciente abandona la habitación y su estado indica que este paciente no puede hacerlo, entonces las enfermeras deben ser notificadas"

### **6.3.3 Una estación de metro equipado con sensores de localización para rastrear la ubicación de cada unidad de trenes en tiempo real**

Sobre la base de conexiones en tiempo real es necesario que dos localizaciones de estaciones se comuniquen para que el sistema pueda predecir la velocidad de las unidades de trenes. Ejemplos de objetos en este entorno son vías y las estaciones. Los interactores son los trenes, los conductores y agentes de la central de control. Los sensores se utilizan con fines de identificación basados en señales de ID enviados desde el tren. Se pueden enviar también otras señales como por ejemplo algún estado de emergencia. Los actuadores serán las señales que coordinan el flujo de los trenes y los mensajes que se pueden entregar a cada unidad con el fin de regular su velocidad y el tiempo que tienen para utilizar en una parada.

Los contextos de interés pueden ser: los "retrasos" o "tren detenido". Una regla de interacción puede ser "si un unidad recibe notificación de bloquea de alguna estación por delante y existen paradas intermedias describir la situación a los pasajeros"

### **6.3.4 La Escuela, donde los estudiantes son supervisados sobre el equilibrio de su experiencia de aprendizaje**

Los objetos dentro de un aula o el patio de recreo son mesas y otros elementos disponibles. Los interactores son estudiantes y profesores. Los sensores identificarán quién está utilizando un determinado kit científico lo que permitirá el seguimiento de cuánto tiempo los estudiantes están involucrados con una experiencia particular. Los

actuadores pueden ser recomendaciones entregadas a las pantallas personalizadas de relojes de pulsera.

Los contextos de interés pueden ser: "el estudiante ha estado con un solo kit de experimentación durante demasiado tiempo" o "estudiante no se ha involucrado en la experimentación activamente". Una regla de interés puede ser "si el estudiante ha estado interactuando con un solo kit para más de 20 minutos asesorar al estudiante para que trate con el siguiente experimento disponible".

#### **6.3.5 El Cuerpo de Bomberos ayudados por un entorno pervasivo**

Las calles pueden ser equipadas con sensores para medir el paso del tráfico dentro de las zonas por las que el camión de bomberos podría pasar con el fin de llegar al lugar donde se encuentra la emergencia. Los objetos aquí serán calles y cruces de calles. Los interactores serán los automóviles. Los actuadores pueden ser los semáforos, ya que pueden ayudar a acelerar la llegada del cuerpo de bomberos al lugar de la incidencia.

Un posible contexto será que ocurra un incendio en una hora pico en la que una ruta determinada pueda ser usada. Una regla de interacción puede ser "si todas las calles están ocupadas, utilizar los semáforos para mantener el tráfico a lo largo de la ruta que se usara"

#### **6.3.6 Línea de producción**

Los sensores pueden realizar el seguimiento del flujo de la producción de artículos que se producen en una fábrica y compararlos con un patrón de producción para ajustar los cuellos de botellas. De esta manera se puede programar la llegada de materia prima y además las diferentes partes de la planta se pueden activar y desactivar dependiendo de las demandas externas. Adicionalmente, los sensores pueden proporcionar información útil sobre los lugares donde se ha producido una incidencia y detener la producción o tomar determinadas alternativas de flujos de producción. Los objetos aquí son las correas de transporte y los elementos en fabrican, mientras que los actuadores son los diferentes mecanismos que permiten el flujo de los elementos a lugares concretos.

Un contexto puede ser "una pieza del sistema que requiera mantenimiento" y una regla de interacción relacionada puede ser "si la sección A deja de estar disponible entonces redirigir el flujo de objetos a través de vías alternativas"

#### **6.3.7 Vigilancia Pública**

Los sensores con cámaras de TV en calles y transportes públicos son monitorizados por guardias de seguridad. Los interactores son los ciudadanos respetuosos de la ley y los potenciales atracadores.

Un contexto puede ser que una persona está caminando por las calles de la ciudad y una regla de interacción puede ser "si la persona es atacada, proporcionan una alarma, emitir una advertencia verbal in-situ para disuadir al atacante y activar un acción de rescate para el policía más cercana".

#### 6.4 Caso de Estudio: OASIS

*OASIS (Optimized Autonomous Space In-situ Sensor-Web)* es un sistema pervasivo de tiempo real para el monitoreo volcánico. Los objetivos principales de OASIS son [11], [102], [103]:

- Integrar de manera complementario sensores web en tierra in situ en un sistema pervasivo autónomo, para optimizar la administración de los recursos de energía y comunicación del sistema.
- Proporcionar mecanismos transparente para escalar espacios y componentes in-situ.
- Interoperabilidad de los componentes del sistema

La aplicación OASIS está diseñada para monitorizar el volcán activo Santa Helena del estado de Washington, y proporcionar información y apoyo a las decisiones para los geólogos que participan en actividades tales como el plan de evacuación y el enrutamiento del tráfico aéreo. El desarrollo de este sistema demuestra la capacidad de mitigar los peligros del volcán a través de una red inteligente in-situ a través de la continua retroalimentación entre los elementos in-situ en tierra y los componentes espaciales.

Los componentes de OASIS son:

**OASIS Ground Segment (GS):** son los componentes en tierra. Es básicamente una red de sensores inalámbrica (WSN- Wireless Sensor Network).

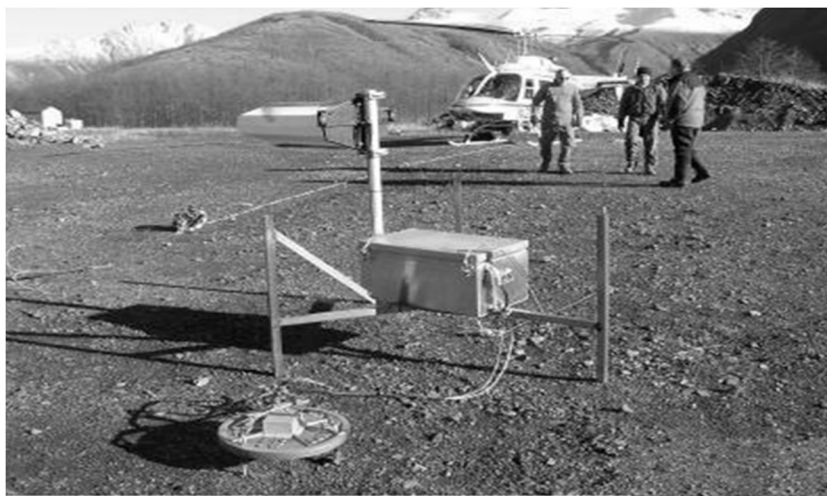
**OASIS Space Segment (SS):** son los componentes espaciales.

**OASIS Command & Control:** conecta los dos componentes indicados, el de tierra y el espacial para proveer servicios web de sensores a los componentes y usuarios externos.

La red de sensores en tierra in-situ se compone de un conjunto de pequeños sensores inalámbricos (Imote2), cada uno de los cuales está conectado a una matriz de sensores de monitoreo de deformación. Estos conjuntos de sensores de monitoreo de deformación consisten de GPS, sensores de infrasonidos, sensores sísmicos, RSAM (Real-time Seismic-Amplitude Measurement) y sensores de relámpagos, todos dentro de cajas protectoras sobre el cráter, como se muestra en la Figura 24. Estas cajas son

colocadas mediante helicópteros mediante un mecanismo especial denominado spider diseñado por los científicos del CVO (Cascades Volcano Observatory) [104].

Los nodos sensores tienen una ligera arquitectura de software la cual está formada por: una capa en la parte superior de la pila de comunicación compuesta de un módulo de detección de los datos, un módulo de gestión de red y un módulo sensible a la situación. El módulo de detección permite la fiabilidad general de la red, controla la sincronización del reloj y marcado temporal de paquetes, permitiendo asegurar la sincronización de la red. Los geólogos monitorizan el estado actual de la red, así como, pueden realizar ajustes a los parámetros de la red.



**Figura 24. El spider es un instrumental que ayuda a la colocación de las cajas con los sensores mediante helicópteros**

En los periodos de actividad volcánica se reserva ancho de banda y se prioriza en envío de los datos de alta prioridad. Existen ciertos coordinadores de grupo de sensores con la capacidad de minimizar y seleccionar el grupo mínimo de sensores de interés programados mediante técnicas de redes bayesianas.

Para optimizar aún más la utilización de ancho de banda se manejan la reducción de datos in situ, la compresión, y la agregación a través de requerimientos científicos. Por ejemplo: Se pueden detectar los datos sísmicos a menor velocidad y reportar la media de los parámetros RSAM, lo cual se establece como medidas de los terremotos y temblores. Adicionalmente, si un evento sísmico se produce los datos que se mantienen en los buffers de los nodos provisionalmente (con los datos más precisos) son comprimidos y entregados al control central para tener datos de mayor calidad.

La funcionalidad del módulo sensible a la situación es permitir que la red conozca el entorno y pueda responder a los cambios que se produzcan. Si se producen fenómenos

sísmicos en determinadas áreas estas se clasifican de interés. La categorización de áreas de interés se puede realizar de manera automática o manual por los mismos geólogos. La categorización automática se basa en situaciones predefinidas por los geólogos y por los cambios detectados por los grupos de sensores y por fuentes externas como los satélites.

Los nodos son también clasificados como de alta prioridad dentro de un área determinada de interés, con el fin de garantizar que los datos se envíen de inmediato los datos al centro de control, incluso cuando la red se encuentre en congestión o saturada. Por ejemplo: si hay lava en una porción del volcán, el área de la red de dicha zona es clasificada de alta prioridad.

El componente espacial del sistema de monitorización volcánica consiste de un software en tierra relacionado con los sensores web y el satélite EO-1 (Earth Observing One) el cual se gestiona desde el centro de vuelo espacial Goddard en Estados Unidos. Lleva tres instrumentos:

**ALI (Advanced Land Imager):** combina óptica de amplio ángulo con un espectrómetro multiespectral y pancromático altaintegrado.

**Hiper-espectral Hyperion Imager:** es un reproductor de imágenes de alta resolución capaz de resolver 220 bandas espectrales (0,4 a 2,5 micras) con una resolución espacial de 30 metros.

**Corrector de Atmosférica (AC):** Proporciona el primer test basado en el espacio de un corrector atmosférica que está diseñado para compensar la absorción atmosférica y la dispersión, lo que permite una mayor precisión de las estimaciones de la reflectancia de la superficie.

En la Figura 25 se representa el sistema de supervisión volcán OASIS a largo de las etapas de recogida de datos y de comunicación que conducen a la priorización de uno o más nodos.

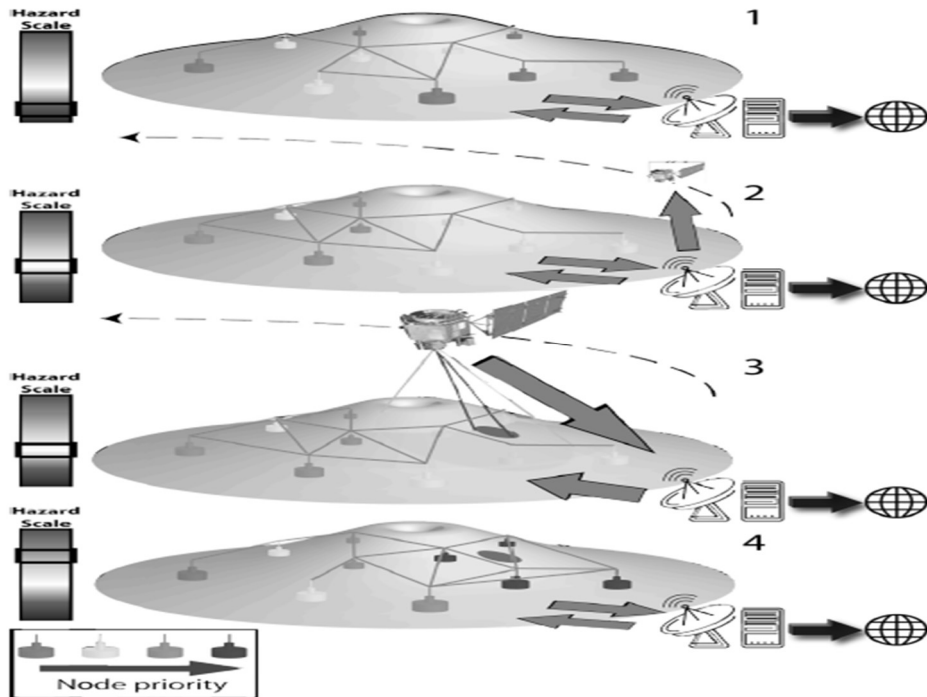


Figura 25. Interacción entre los componentes en tierra y espaciales de OASIS

Los requisitos del componente espacial de OASIS son dos. En primer lugar, es responsable de responder a las consultas sobre las capacidades de sensores genéricos, tales como la procedencia de los datos y la relación señal ruido de los datos. En segundo lugar, es responsable de todas las tareas requeridas por los geólogos ya sea para adquisición de datos, procesamiento de los datos, y la generación de las alertas derivadas de los datos.

El componente espacial recibe las alertas de los sensores in-situ, de tal manera que el EO-1 adquiera datos desde zonas de interés. Una vez que los datos están a bordo del satélite, se llevan a cabo la búsqueda de características específicas como la actividad termal. Los resultados son enviados al centro de control en forma de tramas de telemetría, mientras el satélite sigue con las siguientes observaciones.

Con el objeto de mantener interoperabilidad con otros sistemas las interfaces orientadas a servicio se han diseñado en base a la iniciativa "Sensor Web Enablement" (del OGC - Open Geospatial Consortium Inc), que incluye los siguientes servicios:

**Servicio de Planificación del Sensor (SPS):** usado para determinar si el sensor está disponible para capturar los datos solicitados.

**Servicio de Observación del Sensor (SOS):** usado para recuperar datos de ingeniería o científicos. Esto incluye el acceso a los datos históricos, así como a los datos solicitados y capturados por el SPS.

**Servicio de procesamiento Web (WPS):** usado para realizar cálculos sobre los datos detectados y capturados remotamente. Esto incluye el procesamiento de datos brutos para obtener productos derivados tales como los índices de vegetación, humedad del suelo, zonas quemadas, flujos y tasas de efusiones de lava.

**Servicio de Alerta del Sensor (SAS):** usado para publicar y suscribir alertas desde los sensores. Los usuarios registrados para este servicio reciben condiciones de alerta automáticas desde los sensores los cuales reportan la localización y la hora en la que ha ocurrido el evento.

**Una descripción del sensor y sus productos y servicios asociados utilizando el Sensor Markup Language (SensorML):** El SensorML proporciona una descripción de alto nivel de sensores y los procesos de observación utilizando una metodología de esquema XML. También proporciona funcionalidad para los usuarios con el objeto de descubrir los instrumentos en la web, junto con los servicios para asignar y capturar datos detectados (como el SPS, SOS, SAS y WPS).

La Figura 26, ilustra la configuración extremo a extremo de OASIS.

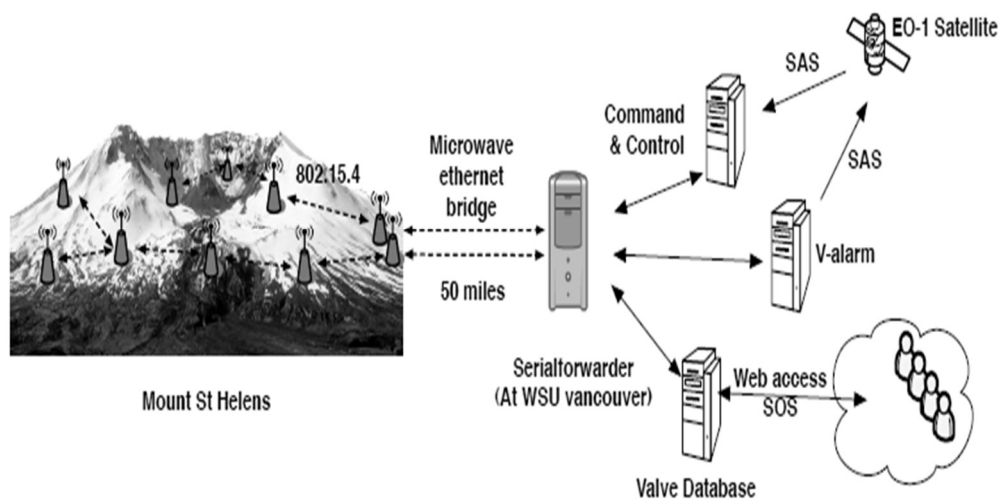


Figura 26. La configuración In-Situ Sensor-Web en OASIS

## 7 Arquitecturas de servicios basadas en REST para aplicaciones pervasivas

### 7.1 La Web de las Cosas frente a Internet de las Cosas

La Web ha tenido su desarrollo partiendo de una historia en donde los avances tecnológicos como TCP/IP dieron una expansión a ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network) la cual luego se convertiría en Internet. Tim Berners-Lee fue el actor principal del desarrollo de la World Wide Web, la definición de HTML (hypertext markup language), HTTP (hypertext transfer protocol), y URL (universal resource locator) que usamos en la creación de páginas web. La World Wide Web es el nombre general para el acceso a Internet a través de HTTP, es sólo uno de los protocolos de conexión que está disponible en Internet, y no el único. La World Wide Web es el método más popular de acceso a Internet (ver Figura 27) [32].

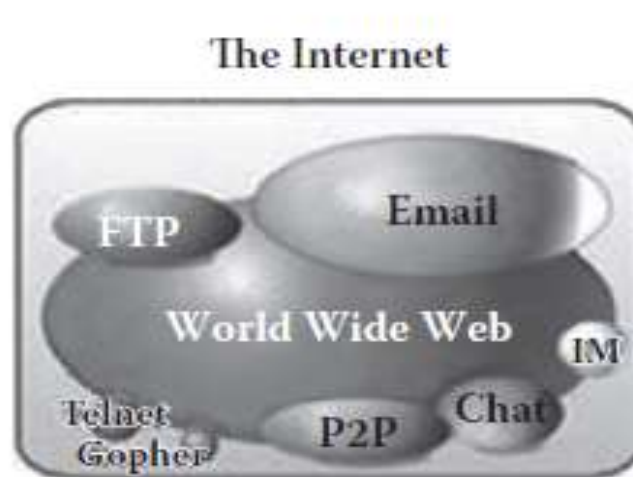


Figura 27. Las mayores aplicaciones de Internet

Por la misma razón, la clave para hacer por ejemplo que el Internet de las Cosas (IoT) despegue es la Web de las Cosas (WoT). La Web de las Cosas es el siguiente paso lógico en esta evolución de la IoT (la implementación emergente de los sistemas pervasivos) hacia redes globales de sensores y actuadores, lo que permitirá nuevas aplicaciones y oportunidades. La Web de las Cosas explora la capa en la parte superior de la conectividad con las cosas y se ocupa de cuestiones tales como la creación de prototipos rápidos, integración de datos y la interacción con los objetos. Debido a que la Web es omnipresente y lo suficientemente flexible, se ha convertido en un protocolo excelente para la interacción con dispositivos integrados, a través de interfaces de usuario basadas en Web de aplicaciones personalizadas o mediante la reutilización de los principios de la Arquitectura de la Web para interactuar con el ecosistema de expansión rápida de dispositivos o dispositivos integrados que están incorporados en

nuevos objetos inteligentes. Hay estándares (tales como identificador de recursos uniforme URI-Uniform Resource Identifier, HTTP, REST API, Atom Sindicación Format) que están bien aceptados y son usados para acceder a la funcionalidad de objetos inteligentes.

La IoT es por definición global y debe ser considerada en el contexto mundial, y ha habido mucho trabajo en esta área. Sin embargo, es importante hacer la distinción entre IoT y WoT. Uno de los primeros prototipos que mencionan el concepto WoT es el proyecto Visible Energy en la ETH Zurich en el que los sensores son capaces de monitorizar y controlar el consumo de energía de los aparatos domésticos ofreciendo una API REST para sus funcionalidades.

Nimbits [105] es un servidor historiador de datos de código abierto basado en la arquitectura de computación en la Nube (la cloud) que proporciona conectividad entre los dispositivos que utilizan los puntos de datos. También hay muchas otras aplicaciones WoT de todo el mundo. Los portales WoT también han comenzaron a aparecer como ocurrió con los Portales de Internet tales como Yahoo, Sina, y así sucesivamente en los primeros días de la revolución de Internet.

A continuación se listan algunas aplicaciones de WoT:

- Arduino: Arduino puede detectar el medio ambiente mediante la entrada de datos desde una variedad de sensores y puede afectar a su entorno a través del control de luces, motores y otros actuadores [106].
- Japón Geiger Mapa: este mapa visualiza lecturas de radiación de contadores Geiger desde una gran multitud de fuentes de todo Japón [107].
- Nanode: Nanode es una placa Arduino de código abierto a la que se le ha incorporado conectividad web. Es una plataforma de bajo costo para el desarrollo creativo de ideas conectadas a la Web [108].
- The National Weather Study Project: NWSP es un proyecto de estudio del medio ambiente a gran escala que despliegue cientos de mini estaciones meteorológicas en las escuelas de todo Singapur [109].
- AgSphere: una nueva plataforma que elimina la complejidad y hace más fácil la conexión de productos de tecnología agrícola a la Web de forma rápida y a bajo costo. Los fabricantes de equipos agrícolas pueden crear soluciones conectadas a la Web que incrementan los márgenes, reducir el riesgo y mejorar la eficiencia de los agricultores a través de la recolección de información de la granja [110].

## 7.2 La Web como plataforma de aplicaciones

Aunque la Web comenzó como una plataforma de publicación, ha emergido como un medio para conectar aplicaciones distribuidas, y se ha convertido en una plataforma

global para la entrega y consume de servicios. La pervasividad de la Web es el producto de la manera en que ella combina la simplicidad de su arquitectura con un conjunto de tecnologías ampliamente aceptadas y formatos de representación comunes. La Web provee escalabilidad, seguridad y fiabilidad para aquellos sistemas que adoptan sus principios simples [111].

### **7.2.1 Soporte de tecnología**

Hoy día tenemos el soporte tecnológico para el desarrollo, los sistemas operativos y plataformas de desarrollo proporcionan algún tipo de apoyo a las tecnologías web (por ejemplo, .NET, Java, Perl, PHP, Python y Ruby). Por otro lado, las capacidades para procesar los mensajes HTTP, se tratan con los URI, así como el manejo de lenguajes como XML o JSON están implementados en los frameworks web como Ruby on Rails, Java Servlets, PHP Symfony y ASP.NET MVC. Además, los servidores web, como Apache e Internet Information Server proporcionan servidores de ejecución para los servicios.

### **7.2.2 Escalabilidad y Rendimiento**

La escalabilidad de la Web se debe a la forma en que la Web y HTTP restringen las soluciones a un puñado de patrones y prácticas escalables. Se suele pensar que si la latencia y ancho de banda son los factores críticos de éxito para una aplicación usar HTTP no es una buena opción, debido a sus características de modo texto, sincrónico, e interacción petición-respuesta. Pero, HTTP no es un protocolo de mensajería e implementa algunas semánticas de aplicación muy específicos. Los verbos HTTP ( y GET, en particular) soporta almacenamiento en caché, lo que se traduce en una menor latencia, lo que permite el escalado horizontal masivo y un incremento en el rendimiento. Y de esto tenemos pruebas en la Web cuando se usa de manera adecuada el protocolo HTTP.

### **7.2.3 Bajo Acoplamiento**

La Web está débilmente acoplada. La Web no trata de incorporar en su arquitectura y a la pila de tecnologías ninguna de las garantías tradicionales de calidad de servicio, como la consistencia de datos, la transaccionalidad, la integridad referencial, etc. Esta deliberada falta de garantías significa que los navegadores a veces tratan de recuperar páginas inexistentes, los mashups no siempre pueden acceder a la información y las aplicaciones de negocio no siempre pueden hacer un progreso inmediato. La Web lo que tiene que saber es cómo hacer frente a los resultados no deseados o inesperados. Se puede necesitar algún recurso pero no se garantiza que sea un éxito. A diferencia de otras arquitecturas contemporáneas de sistemas distribuidos, la Web no tienen los mecanismos explícitos para soportar la integridad de la información. Pero, HTTP define códigos de respuesta que pueden ser utilizados por los proveedores de servicios para indicar lo que ha sucedido en una determinada acción fallida, tratando de

ayudarnos para tener una conclusión exitosa, pero sin introducir estrecho acoplamiento.

#### **7.2.4 Procesos de Negocio**

Es posible modelar y exponer procesos de negocio a través de los recursos de la Web, pero HTTP no proporciona apoyo directo a este tipo de procesos, pero proporciona una gran plataforma para modelar las interacciones de negocio a negocio. En lugar de llegar a amplios dialectos XML, la Web permite modelar máquinas de estado a través de HTTP y formatos hipermedia amigable como XHTML y Atom. Una vez que entendemos que los estados de un proceso se pueden modelar como recursos, es luego simplemente una cuestión de la descripción de las transiciones entre esos recursos y permitiendo a los clientes elegir entre ellos en tiempo de ejecución. Esto no es exactamente una nueva forma de pensar, ya que HTML usa la etiqueta `<a href="...">` para permitir a los humanos tener al alcance los recurso de la Web; aunque, la implementación de soluciones basadas en hipermedios para los sistemas de ordenador a ordenador es un nuevo paso para la mayoría de los desarrolladores.

#### **7.2.5 Consistencia y la uniformidad**

En la Web todos los recursos son solo representaciones independientemente del formato. Aunque poco sorprendente este principio de uniformidad es un aspecto fundamental de la Web. Esto lo vemos en la forma en el que un número de operaciones permisible se limita a un pequeño conjunto, las cuales tienen una semántica bien entendida. De esta manera la comunidad Web ha desarrollado miles de aplicaciones e infraestructura que apoyan el intercambio de información a través de Internet. Cachés y servidores proxy funcionan precisamente por la semántica de almacenamiento en caché ampliamente entendido de algunos de los verbos HTTP y en particular de GET.

#### **7.2.6 Simplicidad, Arquitectura pervasiva y Alcance**

Este enfoque en el que los recursos, los identificadores, HTTP y los formatos son los bloques de construcción del sistema de información distribuida más grande del mundo puede sonar algo extraño para aquellas personas que suelen construir aplicaciones distribuidas basadas en: invocaciones de métodos remotos, plataformas middleware orientado a mensajes, lenguajes de descripción de interfaces y sistemas de tipo compartido. Se ha insistido que la construcción de sistemas distribuidos es difícil y que se necesita software y ciertas habilidades basados en un desarrollo tradicional de interfaces de aplicación y protocolos de interacción. Por el contrario, la Web se centra en un par de acciones conocidas de la red (los verbos HTTP ahora familiares) y la interpretación específica de las representaciones de los recursos de la aplicación. Las URIs, HTTP, y los formatos de representación comunes dan conectividad directa y soporte ubicuo desde los teléfonos móviles y dispositivos integrados los cuales pueden

dar alcance a una granja completa de servidores, todos compartidos por una infraestructura de aplicaciones común.

### 7.3 REST

REST (Representational State Transfer), Transferencia de Estado Representacional, es una arquitectura de software para sistemas hipermedias distribuidos. No se considera un protocolo ni una tecnología. El término REST fue definido por Roy T. Fielding en su tesis doctoral en el 2000 [112]. Roy T. Fielding fue uno de los principales desarrolladores de muchos de los principales protocolos Web, incluyendo las definiciones preliminares del protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Roy T. Fielding define un estilo arquitectónico de alto nivel con patrones de abstracción que expresan las principales ideas detrás de un enfoque arquitectónico acompañado de un conjunto de normas que lo define. La base de este estilo de arquitectura son los conceptos que desde el principio acompañaron a la Web basándose en los siguientes principios [113]:

- Escalabilidad de la interacción con los componentes. La Web ha crecido exponencialmente sin degradar su rendimiento. Una prueba de ellos es la variedad de clientes que pueden acceder a través de la Web: estaciones de trabajo, sistemas industriales, dispositivos móviles.
- Generalidad de interfaces. Gracias al protocolo HTTP, cualquier cliente puede interactuar con cualquier servidor HTTP sin ninguna configuración especial. Aunque esto no es del todo cierto para otras alternativas, como SOAP (Simple Object Access Protocol) para los Servicios Web.
- Puesta en funcionamiento independiente. Los clientes y servidores pueden ser puestos en funcionamiento durante años. Por tanto, los servidores antiguos deben ser capaces de entenderse con clientes actuales y viceversa. Diseñar un protocolo que permita este tipo de características resulta muy complicado. HTTP permite la extensibilidad mediante el uso de las cabeceras, a través de las URIs (Uniform Resource Identifier), a través de la habilidad para crear nuevos métodos y tipos de contenido.
- Compatibilidad con componentes intermedios. Los más populares intermediarios son varios tipos de proxies para Web. Algunos de ellos, las caches, se utilizan para mejorar el rendimiento. Otros permiten reforzar las políticas de seguridad: firewalls. Y por último, otro tipo importante de intermediarios, Gateway, permiten encapsular sistemas no propiamente Web. Por tanto, la compatibilidad con intermediarios nos permite reducir la latencia de interacción, reforzar la seguridad y encapsular otros sistemas.

Pero REST desde su concepción se definió con una serie de restricciones las cuales limitan pero al mismo tiempo da ciertas ventajas al diseño de Web Service basados en este estilo. Los Servicios Web basados en REST han adoptado el propio funcionamiento de la Web definiendo una serie de elementos arquitectónicos básicos, basándose en la simple transferencia de la información y disponen unas funciones básicas, para poder interactuar, y así evitar introducir demasiada información extra en los mensajes. Existen diferencias visibles entre los ya conocidos Servicios Web SOAP, los cuales establecen unas pautas muy marcadas para que el cliente y el servidor se puedan entender, lo que hace que en ocasiones ralenticen la interacción. Hoy contamos con mucho trabajo hecho con este estilo de arquitectura REST y grandes empresas como Google o Facebook han escogido REST para la construcción de sus Servicios Web por su facilidad y sencillez.

### **7.3.1 REST: Un estilo de Arquitectura de Software**

Se refiere estrictamente a una colección de principios que resumen como los recursos son definidos y diseccionados, REST no es una tecnología ni un protocolo, pero se basa en ellos para proporcionar la arquitectura. El término frecuentemente es utilizado en el sentido de describir a cualquier interfaz que transmite datos específicos de un domino sobre HTTP sin una capa adicional.

Esta premisa supone que todo lo que existe en la web (o Intranet) en realidad son recursos (URL) y por lo tanto podemos aplicar distintas acciones sobre ellos (verbos de HTTP). En un nivel mayor de abstracción entonces nos encontramos que quienes pensaron el protocolo HTTP pensaron que si los recursos son sustantivos, las acciones serían verbos que se aplican sobre estos sustantivos. Por eso la propuesta de REST es muy natural a la forma en que los humanos interactuamos con las cosas. Los verbos DELETE, PUT, GET, POST, en esta perspectiva cobran sentido si pienso que al utilizarlos le estoy diciendo al servidor (borrar NNN, obtener NNN, etc.). Sin embargo no debemos perder de vista la premisa fundamental de REST: lo que hay remoto son recursos (sustantivos), no operaciones, como se muestra en la figura 28 [113] [114].

Si pensamos un poco en este éxito, nos daremos cuenta que la Web ha sido la única aplicación distribuida que ha conseguido ser escalable al tamaño de Internet. El éxito lo debe al uso de formatos de mensaje extensibles y estándares, pero además cabe destacar que posee un esquema de direccionamiento global (estándar y extensible a su vez).

En particular, el concepto central de la Web es un espacio de URIs unificado. Las URIs permiten la densa red de enlaces que permiten a la Web que sea tan utilizada. Por tanto, ellos consiguen tejer una mega-aplicación. Las URIs identifican recursos, los

cuales son objetos conceptuales. La representación de tales objetos se distribuye por medio de mensajes a través de la Web. Este sistema es extremadamente desacoplado.

Estas características son las que han motivado para ser utilizadas como guía para la evolución de la Web.

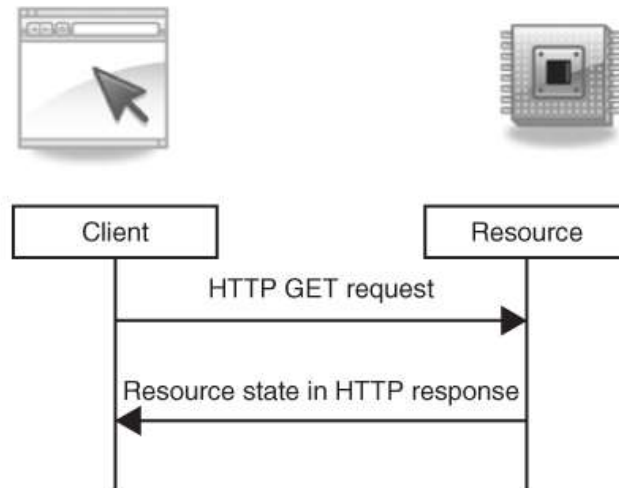


Figura 28. Direccionamiento de un recurso REST

### 7.3.2 Restricciones de REST

Roy T. Fielding en su propuesta REST definió ciertas restricciones que a continuación se indican [112]:

**Cliente/Servidor:** Las primeras restricciones del estilo de REST son los de la arquitectura cliente-servidor. La separación entre la interface del usuario y el almacenamiento de los datos mejora la portabilidad de las interfaces a múltiples plataformas y mejora la escalabilidad a través de la simplificación de los componentes servidores que no implementan las funcionalidades asociadas a las interfaces. Esa independencia les permite evolucionar independientemente y soportando los requerimientos de escalabilidad de Internet de los múltiples dominios organizacionales.

**Sin estado:** La comunicación debe ser sin estado por naturaleza, cada solicitud del cliente al servidor debe contener toda la información necesaria para comprender la solicitud, y no puede apoyarse del contexto almacenado en el servidor. Por lo tanto, el estado de sesión se mantiene completamente en el cliente. Esta restricción induce las propiedades de visibilidad, fiabilidad y escalabilidad. Visibilidad se mejora porque un sistema de monitoreo no tienen que ver más allá que con el requerimiento de datos simples a fin de determinar la naturaleza exacta de la solicitud, se mejora la confiabilidad ya que se facilita la tarea de recuperación de fallos parciales y se mejora

la escalabilidad debido a que no se tiene que guardar el estado entre las solicitudes lo que permite al componente servidor liberar los recursos de forma rápida simplificando su implementación al no tener que gestionar el uso de recursos entre peticiones. La desventaja de esta restricción es que puede empeorar el funcionamiento de la red porque incrementa el tráfico de datos repetidos al enviar una serie de peticiones ya que estos datos no pueden quedarse almacenados en el servidor de manera compartida. Además, poniendo el estado de la aplicación en el lado del cliente, se reduce el control del servidor del comportamiento consistente en la aplicación ya que la aplicación se hace dependiente de una correcta implementación de la semántica en las distintas versiones del cliente.

**Cacheable:** Con el fin de mejorar la eficiencia de la red, añadimos las limitaciones de caché para formar el estilo servidor-sin-estado-y-cliente-con-cache. Las limitaciones de caché requieren que los datos dentro de una respuesta a una petición sean etiquetados implícita o explícitamente como cacheable o no-cacheable. Si una respuesta es cacheable entonces el cliente puede reutilizar esos mismos datos para las posteriores solicitudes equivalentes. La ventaja adicional de las limitaciones de caché es que tienen el potencial de eliminar parcial o completamente algunas interacciones, mejorando la eficiencia, la escalabilidad, y el rendimiento percibida por el usuario mediante la reducción de la latencia media de una serie de interacciones. El problema, sin embargo, es que una caché puede disminuir la fiabilidad si los datos son obsoletos y difieren de los existentes en el servidor.

**Interfaz uniforme:** La principal característica que distingue a REST del resto de estilos de arquitecturas de red es el énfasis de usar una interfaz uniforme entre los componentes. Aplicando los principios de generalidad de la ingeniería del software a los componentes de la interfaz, se simplifica la arquitectura del sistema global y la visibilidad de interacciones se mejora. Las implementaciones se separan de los servicios que proporcionan, lo que anima a una evolución independiente. La desventaja de usar una interfaz uniforme es que degrada la eficiencia porque la información transferida está en una forma estandarizada y en vez de las necesidades que pueda tener la aplicación. El interfaz de REST está diseñado para ser eficiente con transferencias de datos de hipermédios, optimizado para el caso común de la Web pero no siendo así para otras formas de arquitectura de interacción. Para obtener una interfaz uniforme, REST define cuatro restricciones de interfaz:

- Identificación de recursos
- Manipulación de recursos a través de sus representaciones
- Mensajes auto-descriptivos
- Hipermédios como el motor del estado de la aplicación

**Sistema en capas:** Con el fin de mejorar aún más el comportamiento por los requisitos de escalabilidad de Internet se añade las limitaciones sobre el sistema en capas. Un estilo de sistema en capas permite a una arquitectura que se compone de capas jerárquicas que se comportan de tal manera que cada componente no puede ver más allá de la capa inmediata con la cual ella interactúa.

Usando el sistema de capas se pueden encapsular los servicios de sistemas heredados y proteger los nuevos servicios de dichos sistemas, a través de la simplificación de los componentes moviendo las funcionalidades de uso infrecuente hacia sistemas intermedios compartidos. Estos sistemas pueden usarse para mejorar la escalabilidad permitiendo un balance de la carga de los servicios a través de múltiples redes y procesadores.

La principal desventaja de los sistemas de capas es que añaden cabeceras y retrasos al procesamiento de datos, reduciendo el rendimiento percibido por el usuario. Para un sistema basado en red que soporta la restricción de caché, este efecto puede verse reducido por los beneficios de usar un caché compartido en los sistemas intermedios. Colocando caches compartidos en los límites de un dominio organizativo, puede conseguirse una mejora significativa. Las capas además permiten directivas de seguridad para los datos que cruzan los límites organizativos, algo que necesitan los firewalls.

**Código bajo demanda:** La última restricción es opcional, consiste en permitir a los clientes tener la funcionalidad de descargar y ejecutar código en forma de Applets y Scripts. Esto simplifica el lado del cliente porque reduce el número de características que tienen que tener pre-implementaciones. Las características se pueden descargar posteriormente mejorando así la extensibilidad del sistema. La principal desventaja de esta restricción es que reduce la visibilidad y puede influir en la seguridad del sistema. Al ver esta restricción como opcional, tiene un propósito en el diseño arquitectónico de un sistema que abarque los múltiples límites organizacionales. Con esta restricción, la arquitectura gana solamente una ventaja y sufre el resto de desventajas, por ello al ser una restricción opcional, en los contextos en los que el código bajo demanda no sea útil ni necesario, lo mejor será no incluirlo porque puede acarrear más problemas que beneficios.

### 7.3.3 Características y elementos básicos de REST

Las restricciones anotadas anteriormente nos proporcionan las características de REST que fundamentalmente se basan en cuatro [113]:

**Identificación de recursos:** Identificación de recursos y manipulación de ellos a través de representaciones. Esto se consigue mediante el uso de URIs. HTTP es un protocolo centrado en URIs. Los recursos son los objetos lógicos a los que se le envían mensajes.

**Manipulación de recursos:** Los recursos no pueden ser directamente accedidos o modificados. Más bien se trabaja con representaciones de ellos. Cuando se utiliza un método PUT para enviar información, se coge como una representación de lo que nos gustaría que el estado del recurso fuera. Internamente el estado del recurso puede ser cualquier cosa desde una base de datos relacional a un fichero de texto.

**Mensajes auto-descriptivos:** REST dicta que los mensajes HTTP deberían ser tan descriptivos como sea posible. Esto hace posible que los intermediarios interpreten los mensajes y ejecuten servicios en nombre del usuario. Uno de los modos que HTTP logra esto es por medio del uso de varios métodos estándares, muchos encabezamientos y un mecanismo de direccionamiento. Por ejemplo, las cachés Web saben que por defecto el comando GET es cacheable (ya que es side-effect-free) en cambio POST no lo es. Además saben cómo consultar las cabeceras para controlar la caducidad de la información. HTTP es un protocolo sin estado y cuando se utiliza adecuadamente, es posible interpretar cada mensaje sin ningún conocimiento de los mensajes precedentes. Por ejemplo, en vez de logarse del modo que lo hace el protocolo FTP, HTTP envía esta información en cada mensaje.

**Hipermedia como un mecanismo del estado de la aplicación:** El estado actual de una aplicación Web debería ser capturado en uno o más documentos de hipertexto, residiendo tanto en el cliente como en el servidor. El servidor conoce sobre el estado de sus recursos, aunque no intenta seguirle la pista a las sesiones individuales de los clientes. Esta es la misión del navegador, el sabe como navegar de recurso a recurso, recogiendo información que el necesita o cambiar el estado que el necesita cambiar.

En la actualidad existen millones de aplicaciones Web que implícitamente heredan estas restricciones de HTTP. Hay una disciplina detrás del diseño de sitios Web escalables que puede ser aprendida de los documentos de arquitectura Web o de varios estándares. Por otra parte, también es verdad que muchos sitios Web comprometen uno más de estos principios, como por ejemplo, seguir la pista de los usuarios moviéndose a través de un sitio. Esto es posible dentro de la infraestructura de la Web, pero daña la escalabilidad, volviendo un medio sin conexión en todo lo contrario.

Los defensores de REST han creído que estas ideas son tan aplicables a los problemas de integración de aplicaciones como los problemas de integración de hipertexto. Fielding es bastante claro diciendo que REST no es la cura para todo.

Algunas de estas características de diseño no serán apropiadas para otras aplicaciones. Sin embargo, aquellos que han decidido adoptar REST como un modelo de Servicio Web sienten que al menos articula una filosofía de diseño con fortaleza, debilidades y áreas de aplicabilidad documentada.

### 7.3.4 Diseño de aplicaciones REST

Los servicios se ofrecen a través de interfaces de servicios comunes a las aplicaciones externas, para que varias aplicaciones puedan interoperar sin programar manualmente de manera explícita enlaces a los socios. La Figura 29 muestra que básicamente habrá que considerar URI, las representaciones de recursos y los métodos.

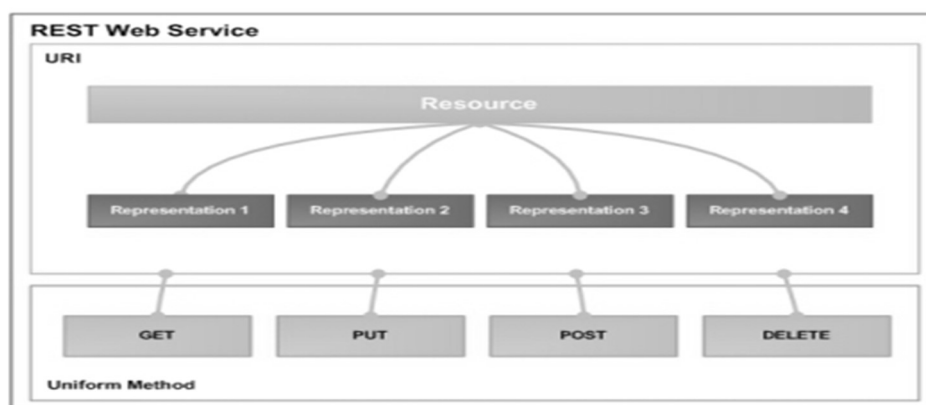


Figura 29. Operaciones CRUD

Para lograr como objetivo este diseño general se tendrá que proceder a realizar una serie de acciones que en principio se deben enmarcar a:

**Identificar Recursos:** Será necesario establecer cuáles serán las entidades del sistema (recursos) e identificarlas con su correspondiente URI

**Seleccionar Representaciones:** Lista las representaciones que van a tener cada uno de mis recursos y determinar los enlaces que otros recursos relacionados.

**Definir Interfaz:** Definir las operaciones que van a soportar todos los recursos y los códigos de estado correspondientes que se devolverán.

Hoy son muchas las organizaciones que han adoptado a REST como estilo arquitectónico para el diseño Servicios Web y ofrecen una serie de APIs para los desarrolladores, dichas APIs se encuentran disponibles en la Web. Entre estas organizaciones se encuentran: Amazon, Facebook, eBay, Google entre otros. En la Figura 30 se muestra la web proporcionada por Google para los desarrolladores [116]:

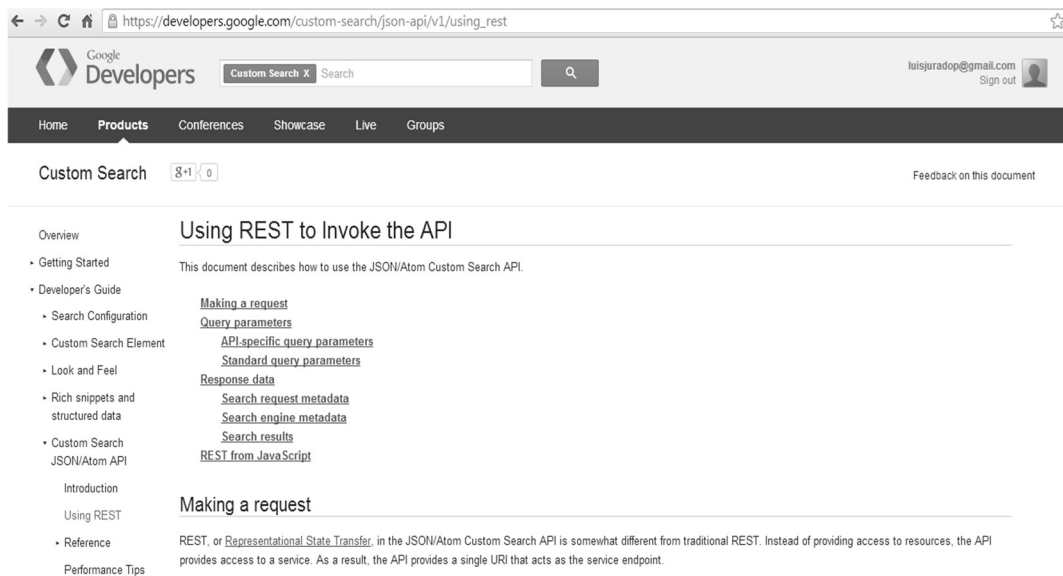


Figura 30. Rest Web Service

Adicionalmente, hay que recalcar que desde la popularización de REST han aparecido en el mercado una serie de framework que permiten realizar las APIs de servicios entre los cuales podemos nombrar: Restlet [117], Slim [118], Epiphany [119], Frapi [120], Lavarel [121] entre otros.

### 7.3.5 REST vs servicios web SOAP para entornos ubicuos

Los servicios web de SOAP han sido ampliamente utilizados en una variedad de entornos de TI para integrar aplicaciones heterogéneas. SOAP es un estándar para los servicios de construcción de la web. Sin embargo, no es el único patrón de diseño de Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) que los desarrolladores de aplicaciones ubicuas pueden elegir. Se suele argumentar que ni siquiera es la más adecuada, en comparación con los servicios web de estilo REST, para un entorno ubicuo abierto [122].

REST ahora se utiliza a menudo para describir cualquier interfaz simple que transmite los datos de dominio específico a través de HTTP sin ningún tipo de capa de mensajes adicionales como SOAP. Con el estilo de arquitectónico REST, se accede a todos los recursos a través de una interfaz genérica, lo que resulta en una dramática disminución en la complejidad de la semántica de la interfaz de servicio durante la interacción de servicios.

Entre algunas ventajas más relevantes de REST frente a SOAP, tenemos [113]:

- REST es más simple y más ligero ya que las solicitudes y respuestas de RESTful no están envueltas por XML extra como en los mensajes SOAP.

- Los servicios REST pueden ser fácilmente consumidos por el código del lado del cliente, mientras que en el caso de SOAP esto es muy difícil.
- Los servicios REST son más fáciles de construir, mientras que la construcción de los servicios SOAP por lo general requiere un kit de herramientas adicional para facilitar el desarrollo.

#### 7.4 Evaluación de las características relevantes de la Arquitectura REST

En la Tabla 9, se listan las características relevantes de la arquitectura REST como soporte para el desarrollo de sistemas pervasivos, específicamente con de las aplicaciones relacionadas con la IoT. Dicha evaluación fue realizada por el Proyecto la IoT-A en su informe D1.1. El Proyecto IoT-A proporciona un modelo de referencia de arquitectura IoT que desde el punto de vista funcional trata de cubrir todos los escenarios aplicativos de la IoT y su integración a otros proyectos Europeos de la Internet del Futuro. Este trabajo de fin de máster, está centrado en la Arquitectura REST y es relevante mostrar la evaluación realizada por el proyecto IoT-A en lo concerniente a la Arquitectura REST. Cabe señalar que los puntajes son altos y casi todas las características son de interés en una arquitectura de IoT [123].

A continuación se presentan las características que se toman a consideración para la evaluación de la Arquitectura REST:

- **Descripción de la Arquitectura:** aborda como la visión de la arquitectura está provista en relación al proyecto/ producto/estándar.
- **Estilo de Arquitectura:** aborda sobre el estilo que gobierna la estructura de la arquitectura.
- **Modelo y distribución de la información:** aborda el problema de cómo la información es tratada por el proyecto/producto/estándar y cómo se distribuye en el sistema y la forma en la que se hace accesible.
- **Horizontalidad:** se refiere a la capacidad del sistema de la reutilización de los mismos bloques de construcción para proporcionar diferentes funcionalidades de la capa superior. Por ejemplo, la horizontalidad se aplica a un framework de prestación de servicios virtuales para la construcción de aplicaciones.
- **Sensible al contexto y capacidades semánticas:** Se refiere a la posibilidad de mejorar la información intercambiada a través de sistemas con descriptores, que permiten a los datos ser categorizados y se puedan responder preguntas complejas.
- **Especificación Tecnológica e Interoperabilidad:** Cuanto de los proyectos / productos / estándares dependen de una tecnología en particular y como concentrarlos en la interoperabilidad

- **Adaptación y Autoadaptación:** Capacidades ofrecidas por el proyecto / producto / estándar en términos de reactividad a los cambios ambientales

Los niveles de puntuación de inclusión como características relevantes dentro de los sistemas de IoT son:

- : la característica se debe evitar
- : la característica se recomienda
- 0 : un sistema que utiliza esta característica puede ser parte del universo de la IoT, pero en términos generales no es recomendable
- + : la característica se debe tener para los sistemas de IoT y se propone como una guía para una arquitectura de referencia
- ++ : la característica ofrece una buena contribución al universo IoT

Característica	Descripción	Grado de Relevancia IoT-A
<b>Descripción de la Arquitectura</b>	La arquitectura se describe con diferentes modelos y está diseñado para ser muy simple y escalable. El estilo de la arquitectura REST se deriva del siguiente estilo base: el repositorio replicado, caché, cliente-servidor, sistema de capas, sin estado, máquina virtual, código bajo demanda, y la interfaz uniforme.	<b>Puntuación relevante: +</b>  La arquitectura es simple y escalable y conseguido federar muchos conceptos diferentes.
<b>Estilo de Arquitectura</b>	El estilo de arquitectura es REST (Transferencia de Estado Representacional).	<b>Puntuación relevante: +</b>  REST se puede usar para “virtualizar” objetos en la Web (Web de las Cosas).
<b>Modelo y distribución de la información</b>	La información se almacena principalmente en el servidor. El cliente no debe mantener ningún tipo de información distinta de la que actualmente está consumiendo. Una excepción es la cookie que almacena la información en el lado del cliente, pero no respetan EL modelo de la arquitectura REST.	<b>Puntuación relevante: 0</b>  El modelo de información REST no puede ser adecuado para la IO-A; la información está centralizada en servidores, terminal del extremo sólo acceder a ella.
<b>Horizontalidad</b>	La semántica simple de REST y su amplia adopción ayudó a proporcionar servicios que han sido reutilizados en otro dominio como el de aplicaciones para SmartPhone. Debido a que REST es fácil de acceder y provee APIs en la cima de la plataforma.	<b>Puntuación relevante: ++</b>  Muchas plataformas / servicio (por ejemplo: Facebook, Google) se han diseñado con el estilo de la arquitectura Restfull. Restfull expone a menudo las API Web que pueden ser utilizados por otros servicios/aplicaciones de otras organizaciones.

<b>Conocimiento del contexto y capacidades semánticas</b>	REST no proporcionan sensibilidad al contexto. Las capacidades semánticas básicas de REST son limitados con sólo 4 acciones que se pueden utilizar (GET, PUT, POST, DELETE). Con el fin de proporcionar características semánticas avanzadas, la web utiliza un framework de descripción de servicios. Ya que REST es sin estado, no hay sensibilidad de contexto.	Puntuación relevante: +  Actualmente la arquitectura no propone funcionalidades basadas en semántica pero la “ Web Semántica” extiende la arquitectura para proveer tal soporte.
<b>Especificación Tecnológica e Interoperabilidad</b>	La interoperabilidad con diferentes tecnologías se gestiona a través de la pila de protocolos TCP/IP que está ampliamente adoptado y se puede desplegado en la cima de la mayoría de las tecnologías.	Puntuación relevante: 0  La interoperabilidad con las capas inferiores no se gestión por la propia arquitectura, sino mayormente por el soporte adoptado (TCP/IP).
<b>Adaptación y Autoadaptación</b>	El principio más cercano a la auto adaptación es la escalabilidad anárquica que permiten que el sistema estará trabajando incluso cuando parte de la arquitectura esta fuera de servicio. Los servidores son independientes y deben ser capaces de funcionar correctamente, incluso si algunos de ellos están con anomalías de funcionamiento. La adaptación se soporta a través del principio del “despliegue Independiente” que establece que los elementos arquitectónicos deben ser diseñadas con la expectativa de que se añadirán más tarde elementos arquitectónicos.	Puntuación relevante: +  Escalabilidad anárquica y el despliegue independiente son principios relevantes, pero podría no cumplir con todos los requisitos de la IoT. Especialmente, no hay capacidad de auto-reparación.

Tabla 9. Relevancia de las características de la Arquitectura REST para IoT

## 7.5 Utilización de REST en soluciones Arquitectónicas

Existen algunas arquitecturas provenientes de soluciones de proyectos públicos y esfuerzos de estandarización que en parte o en su totalidad han utilizado REST para sus especificaciones. Entre algunas de estas arquitecturas tenemos:

### 7.5.1 SENSEI

Crea una arquitectura abierta, impulsado por el negocio que se ocupa fundamentalmente de los problemas de escalabilidad para un gran número de dispositivos WS&AN distribuidos globalmente. Al mismo tiempo, proporciona

servicios de red y gestiona la información necesaria para permitir una recuperación fiable y precisa de contexto e interacción con el medio físico. Mediante la adición de mecanismos de contabilidad, seguridad, privacidad y confianza que permite un espacio de mercado abierto y seguro para sensibilidad al contexto y la interacción del mundo real.

La Arquitectura SENSEI tuvo que tener la esencia de algunos diferentes proyectos, lo cual exigió combinación de las soluciones más importantes. Por ejemplo, la arquitectura SENSEI puede definir con RESTful algunas islas de WS&AN en partes del sistema, mientras que los servicios/aplicaciones del sistema se convierten más orientadas a servicios

### **7.5.2 CUBIQ**

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una plataforma común que facilita el desarrollo de aplicaciones sensibles al contexto. La idea es ofrecer una plataforma integrada que ofrece un acceso unificado de datos, procesamiento y servicio de federación.

El estilo de la arquitectura predominante de IoT es REST y Peer-to-Peer(P2P). REST se utiliza en la capa inferior (capa de recursos de datos) y los agentes Peer-to-Peer son desplegados en las fuentes de datos.

### **7.5.3 ETSI TC M2M**

Es una arquitectura que fue el resultado de los estudios un comité técnico de la ETSI creado en 2009 con el objeto de estudiar las comunicaciones máquina a máquina (M2M) entre sus funciones están las de recopilar y especificar los requisitos de M2M de los sectores interesados, proporcionar especificaciones y normas, coordinación con otros grupos de normalización y desarrollar y mantener una arquitectura de extremo a extremo en general de alto nivel para M2M.

Se define siguiendo un enfoque RESTful centralizado, donde las aplicaciones pueden definir recursos (bloques de memoria que se encuentran en los componentes de la plataforma desplegados en los dispositivos, las puertas de enlace o infraestructuras centrales), los cuales se pueden utilizar para intercambiar información entre aplicaciones.

La comunicación entre las aplicaciones de red y el servidor central se proveen usando HTTP REST. La comunicación entre los dispositivos y la plataforma central se da utilizando entre otros mecanismos principalmente HTTP REST.

#### **7.5.4 ITU-T- USN (Ubiquitous Sensor Networks)**

La UIT-T, USN es una red conceptual construida sobre redes físicas existentes que hacen uso de datos detectados y proporcionan servicios de conocimiento cuya estandarización se lleva a cabo por la Next-Generation Network Global Standards Initiative (NGN-GSI). Sus principales componentes son: una plataforma de aplicaciones y Servicios en redes de sensores ubicuas USN, USN Middleware con funcionalidades para la gestión de redes de sensores y conectividad, procesamiento de eventos, la minería de datos de los sensores, etc., una infraestructura de red basada e redes de próxima generación (NGN) y una red de Sensores con nodos de sensores interconectados IP o No IP – con puerta de enlace USN.

CoRE (Constrained RESTful Environments) es un grupo de trabajo en el área de aplicaciones de la IETF que usa una arquitectura RESTful, basado en la idea de que el estado y función de una aplicación pueden ser abstraídos en recursos direccionables. Se basa fundamentalmente entre otros protocolos en CoAP, el cual se desarrolló para funcionar en ambientes especiales que tienen una restricción estrecha como la energía, pérdida de paquetes, la capacidad limitada de hardware, etc.

#### **7.5.5 Arquitectura de red EPCglobal (ElectronicProductCode-global)**

La rápida difusión y la escalada de la EPC fue especialmente impulsado por el Auto-ID Center, un proyecto para desarrollar estándares RFID fundado en 1999 en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) con la colaboración de numerosos patrocinadores industriales para la creación de un código inequívoco en todo el mundo para la designación de los bienes físicos basados en la interoperabilidad RFID en una cadena de suministro. Además, de la integración de esquemas de numeración globales como el GTIN (Global TradeItemNumber) que se utiliza en el comercio minorista, también incluyen protocolos de interfaz aérea, interfaces de software y servicios de directorio. En el 2003, el Auto-ID Center se transformó en una red de investigación internacional denominado Auto-ID Labs, que se concentra en la tecnología, así como la investigación orientada a la aplicación y EPCglobal responsable de la comercialización, estandarización y gestión de EPC normas.

En particular, el EPCIS, como un componente de la red EPCglobal, tiene una estructura distribuida y es propiedad y está operado por diferentes empresas con diferentes modelos de negocio para ser capaz de leer y escribir datos desde y hacia el EPCIS con un método estandarizado. Sin embargo, existe también un enfoque REST donde una nueva API se diseña en base a REST y complementar a las interfaces WS-\*

## 7.6 Estudios de casos del uso de REST en soluciones arquitectónicas

### 7.6.1 ETSI TC M2M

En la Figura 31, se muestra una arquitectura de alto nivel para M2M del estándar ETSI TC M2M [114] [124].

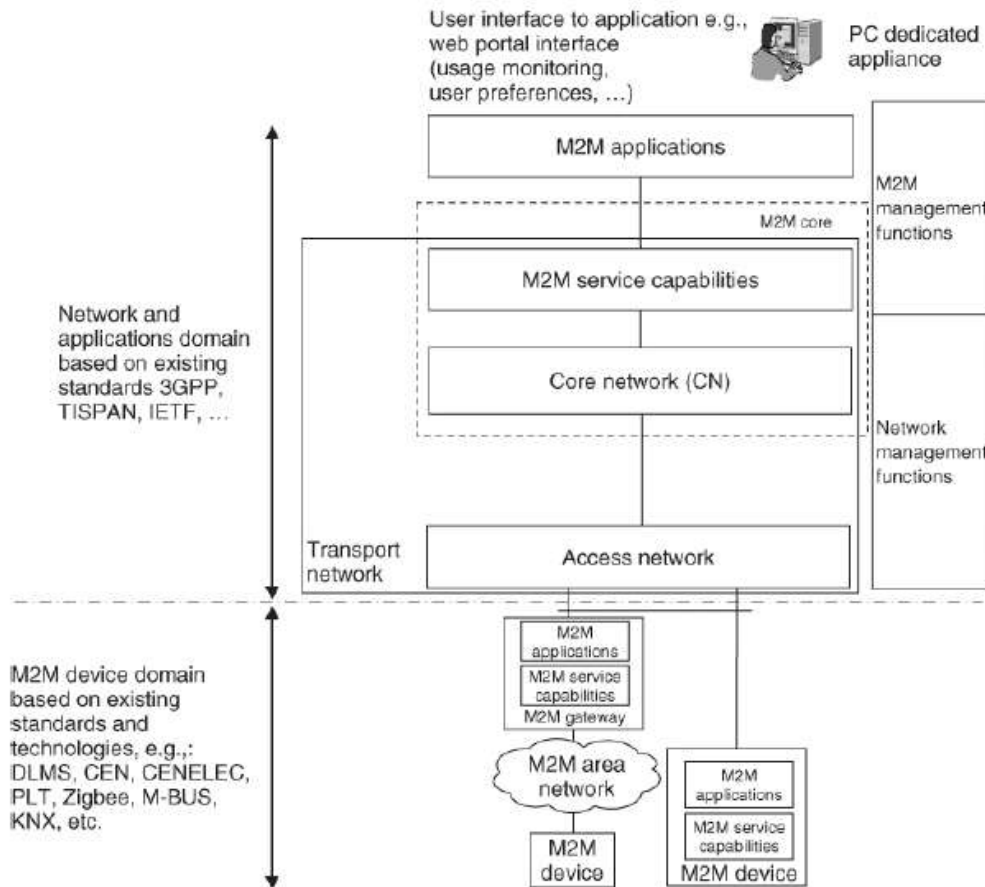


Figura 31. Arquitectura de alto nivel para M2M

El dominio de dispositivos se compone de:

**M2M Device:** un dispositivo que ejecuta aplicaciones M2M, usando capacidades de servicio M2M (M2M SC) y funciones de dominio de la red. Los M2M Devices se conectan al núcleo M2M de la siguiente manera:

**Escenario 1 "Conectividad directa":** El M2M Device está equipado con un módulo de comunicaciones WAN y accede directamente a la red de acceso del operador. Ejemplos: un medidor inteligente que está conectado directamente a una infraestructura de GSM/GPRS. En este caso, el M2M Device ejecuta procedimientos como el registro, autenticación, autorización, gestión y aprovisionamiento con la red y el dominio de aplicaciones.

**Escenario 2 "Puerta de enlace como un proxy de red":** el M2M Device se conecta a la red y al dominio de las aplicaciones a través de un M2M Gateway. Los dispositivos M2M conectan al M2M Gateway utilizando la red de área de M2M (M2M area network). Este caso es aplicable para los dispositivos de "bajo costo" que sólo se ejecutan las aplicaciones y hacen uso de M2M SC disponible en el M2M Gateway para llevar a cabo los mismos procedimientos que en el escenario 1.

**M2M area network:** es la tecnología de red que proporciona conectividad a la capa física y a la MAC entre diferentes M2M Devices conectados a la misma red de área de M2M o permitiendo que un M2M Device logre acceso a una red pública a través de un enrutador o un Gateway. Ejemplos de M2M area network incluyen redes inalámbricas IEEE 802.15.x, Zigbee, Bluetooth, y redes de área local PLC (Power line communication) o WiFi.

**M2M Gateway:** de un equipo que implemente M2M SC para asegurar el interfuncionamiento e interconexión de dispositivos M2M a la red y al dominio de aplicación. El M2M Gateway también puede ejecutar aplicaciones M2M. Es típicamente una pieza de equipo que tiene al menos un módulo de comunicación WAN (por ejemplo, GSM/ GPRS), además de uno o varios módulos de comunicación que permiten el acceso al M2M área network (por ejemplo, Zigbee, PLC, etc). Un M2M Gateway puede implementar inteligencia local con el fin, por ejemplo, para activar los procesos de automatización que resultan de la recogida y tratamiento de diversas fuentes de información, como los de los sensores y los parámetros de contexto).

El dominio de la red y las aplicaciones se compone de los siguientes elementos:

**Access network** es una red que permite al dominio de los M2M Device para comunicarse con el Core Network. Ejemplos de redes de acceso incluyen xDSL, HFC, satélite, GERAN, UTRAN, eUTRAN, W-LAN y WiMAX.

**Transport network** es una red que permite el transporte de datos dentro del dominio de red y de las aplicaciones.

**M2M core** reagrupa los diversos M2M SC que están expuestos hacia aplicaciones de red (network applications-NAs), así como las redes del núcleo del operador.

**Core network** proporciona funciones relativas a la conectividad (incluyendo IP), servicios, y funciones de control de red (tales como 3GPP PCRF, SMC-SC, etc.) y funciones de interconexión con otras redes.

**M2M service capabilities (SCs)** proporcionan funciones M2M que están expuestos a NAs a través de un conjunto de interfaces abiertas. M2M SCs típicamente utiliza funcionalidades del núcleo de la red central a través de interfaces conocidos y

normalizadas, tales como 3GPP Gi (utilizado para el intercambio de tráfico de datos IP) o 3GPP Rx (utilizado para las funciones de control de acceso de QoS). Las Interfaces M2M SCs en el nivel de servicio con los pares M2M SCs que residen en los M2M Devices o M2M Gateway.

**M2M applications** ejecutan la lógica de servicio y utilizar las M2M SCs accesible a través de una interfaz abierta. Ejemplos de las M2M applications en la red y dominio de aplicación incluyen utilidades de aplicaciones back-end responsables de la recolección y análisis de datos de los contadores inteligentes.

**Network managment functions** son todas las funciones necesarias para gestionar el acceso, el transporte y las redes del núcleo. Estas incluyen (pero no se limitan a) el aprovisionamiento, la supervisión, y la gestión de fallos (fault management-FM).

**M2M management functions** son todas las funciones necesarias para gestionar las M2M applications y las M2M SCs en el dominio de la red y las aplicaciones. La gestión de los M2M Devices y puertas de enlace (Gaetways) puede utilizar M2M SCs.

La figura 32, muestra la arquitectura desde el punto de la pila de protocolos.

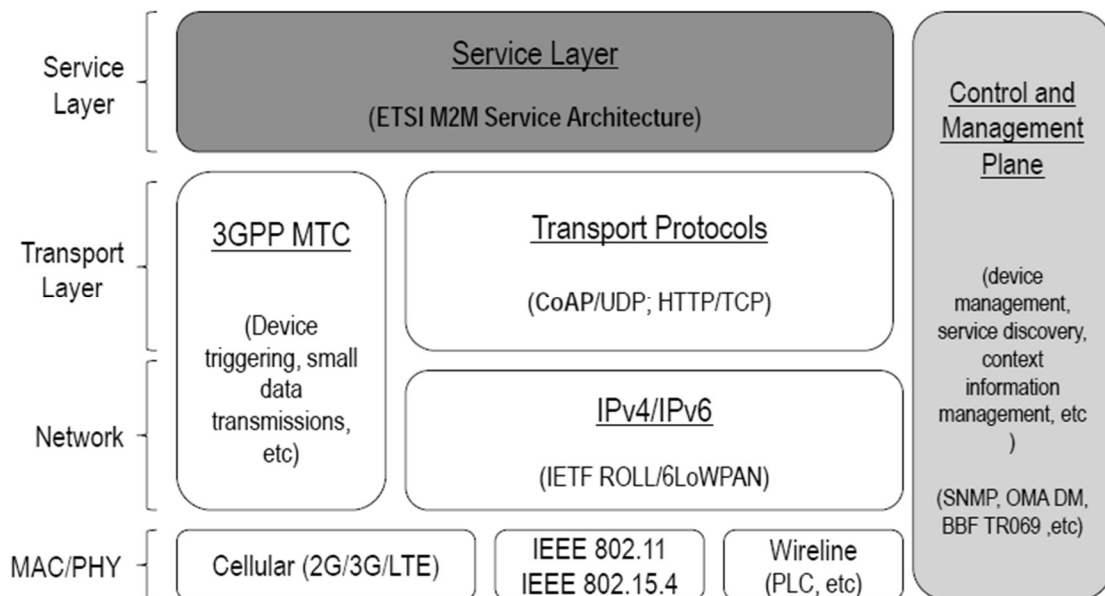


Figura 32. Pila de protocolos M2M

### 7.6.1.1 Beneficios de las REST para las aplicaciones M2M

Los sensores y actuadores están muy a menudo ambos acoplados, por lo general usando alguna forma de dispositivo de computación para transformar la salida del

sensor en la entrada del actuador. Esto implica que contienen muy poca potencia de cálculo y están especializados para mediciones específicas. Actualmente, están emergiendo los microcontroladores equipados con capacidad de computación e interfaces de comunicación basados en estándares como WiFi, USB o ZigBee. Además, podrían tener módulos adicionales tales como GPS y acelerómetros, incorporan algo de inteligencia para ejecutar mediciones y controlar actuadores. Todo esto exigirá que la CPU sea comunicada del desgaste de la batería. Ejemplo de estos microcontroladores tenemos: Sun SPOTn, Sentilla JCreate, Crossbow TelosB.

Las aplicaciones que usan este tipo de dispositivos están muy centradas en los aspectos de bajo nivel de las comunicaciones de los sensores, como la interacción en tiempo real, el consumo de energía, corrección de errores, y la gestión de fallos de hardware.

Por otro lado, el enfoque típico en el desarrollo de sistemas distribuidos es crear una abstracción consistente en la definición de modelos de interacción en la parte superior de una pila de protocolos de comunicación basados en por ejemplo TCP/IP. Con esta idea han aparecido algunas arquitecturas como Java RMI, CORBA, DCOM, or SOAP basados en llamadas a procedimientos remotos (RPC). Este enfoque no siempre es útil para aplicaciones de tipo M2M. De hecho, M2M está más próximo a estados concretos, y a una tecnología que modele estados sería más apropiada que el enfoque de procedimiento habitual utilizado cuando se trata de estados reales. REST es el método ideal para el modelado de M2M. El concepto detrás de REST es que cada entidad física y/o lógica es un recurso que tiene un estado particular que puede ser "manipulado". Este concepto en general, mapea de forma natural con el mundo de sensores y dispositivos M2M, un sensor puede ser leído o configurado, y puede incluso transmitir datos con el mundo exterior.

Por supuesto, que los enfoque de modelado de un sensor o dispositivo M2M como un servicio web y el uso de los estándares WS-\* en toda su extensión, podrían realizar pero son soluciones muy compleja que afectan a la escalabilidad de las soluciones.

Arquitectura basada en REST ofrece varias ventajas que pueden ser útiles al sensor y los desarrolladores tales como la posibilidad de visualizar y manipular los datos de los sensores y los parámetros de calibración a través de un navegador web y de crear web mashups utilizando uno o más sensores de aplicaciones M2M o dispositivo M2M como fuentes de datos.

Una consecuencia beneficiosa de esto es que el estado transferido al cliente puede tener cachéado por navegadores y proxies HTTP, lo que permite una gran

escalabilidad superior a cualquier enfoque basado en RPC, donde cada solicitud debe fluir de extremo a extremo.

La escalabilidad también se incrementa por el hecho de que cada comunicación es sin estado, y cada solicitud puede ser manejado independientemente.

Los sensores y los dispositivos M2M en general y las aplicaciones M2M pueden beneficiarse mucho de esto, ya que significa que un sencillo proxy HTTP con el almacenamiento en caché puede proteger los dispositivos M2M (incluidos sensores) de la mayoría de la carga de la red. Esto es importante, ya que la mayoría de los sensores son entidades transitorias que tienen procesamiento muy limitada.

Por último, el esfuerzo necesario para desarrollar aplicaciones se reduce considerablemente, ya que REST adopta herramientas mucho más ligero que la mayoría de las tecnologías de arquitectura orientada a servicios (SOA). HTML Simple y Javascript es todo lo que se necesita para crear aplicaciones M2M.

Otro efecto lateral de la adopción de HTTP es que los sensores pueden ser abordados como enlaces de web, que se puede publicar en Internet, en el interior de los ficheros RSS (Really Simple Syndication) o enviarse por correo electrónico.

#### **7.6.1.2 Usando REST para el M2M**

Se puede realizar desde varios enfoques considerando que los dispositivos físicos son los recursos que se direccionan mediante una URI y cuyas muestras son leídas por medio de un GET o el dispositivo puede calibrarse usando un PUT, como se muestra en la Figura 33.

POST y DELETE no se usan para crear o destruir, pero se pueden usar en configuraciones complejas de entidades. Por ejemplo: POST se puede usar para adicionar filtros adicionales a dispositivos de computación que procesen datos.

En la prevención del alto volumen de tráfico un proxy con cache se puede utilizar entre los clientes y los sensores, y además si los sensores no siempre están activos los últimos datos muestreados pueden estar disponibles en forma de un documento en el servidor [114].

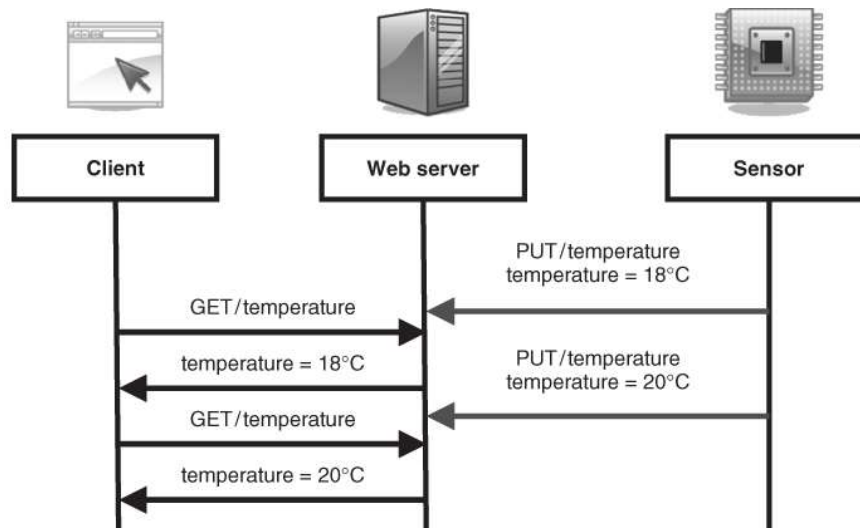


Figura 33. Un sensor actualización sus muestras utilizando HTTP PUT

Si esto no es posible, por ejemplo en el caso de que un sensor no tenga una interfaz IP, puede ser necesario tener una entidad intermedia que sea capaz de comunicarse con el sensor usando su interfaz nativa, así como la comunicación con el servidor web. Esta entidad puede estar contenida en el propio servidor web, ya que muchos servidores pueden alojar aplicaciones de terceros, el cual podría implementar los protocolos nativos del servidor (ver Figura 34).

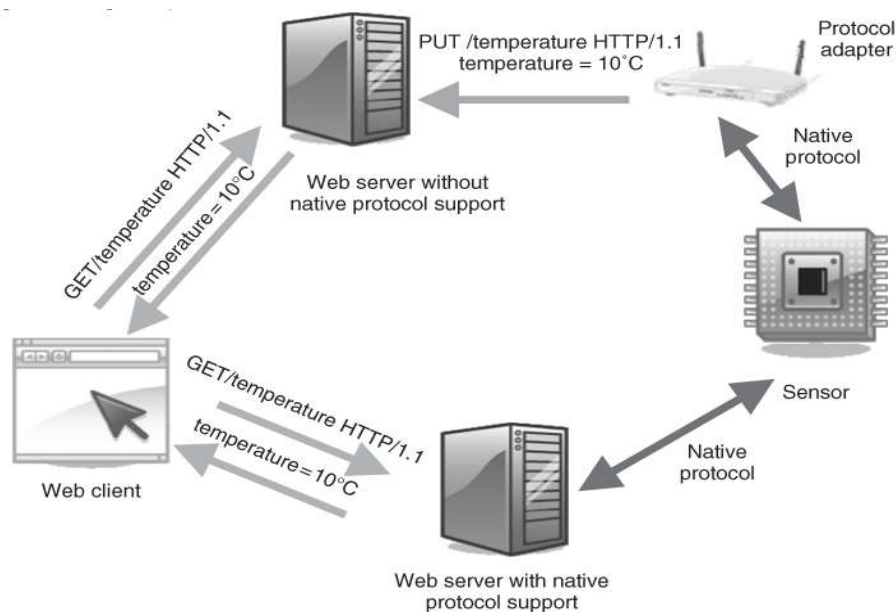


Figura 34. Conexión de sensores usando protocolos nativos

Entre otras funcionalidades adicionales tenemos:

**Manejo de eventos:** Se pueden producir eventos asíncronos que permitan dar a los clientes muestras de datos mediante un modelo streaming para la actualización de las

muestras, mitigando la necesidad de una conexión TCP permanente abierta con proxies HTTP.

**Mejoramiento de la eficiencia a través del uso de los proxies cacheables:** El almacenamiento en caché de los datos de muestreo del sensor puede aumentar la escalabilidad del sistema global de una manera transparente. El control de cache es similar al de los navegadores web. Si no hay cambios en los datos muestreados por el sensor se retorna el código 304 (Not Modified) a los proxies HTTP que lo soliciten, estos últimos pueden enviar a los clientes los datos cacheados en ellos. De una manera más sofisticada, es posible, por ejemplo, para un sensor que informe a los receptores de una respuesta (ya sea clientes o servidores proxy) de la validez de la muestra que está siendo devuelto y si es necesario una revalidación antes de la expiración de la muestra. Esto reduce la cantidad de tráfico en el sensor, ya que sólo una solicitud será enviada a él después de la muestra actual expirada, y no se enviaran más solicitudes hasta el vencimiento de una nueva.

### 7.6.2 IETF (constrained devices)

Como una extensión al concepto de 6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks), la IETF creó CoAP para caracterizar una arquitectura basada en REST para una red de sensores inalámbricos, en especial para el soporte de redes 6LoWPAN, ver la Figura 35 [86].

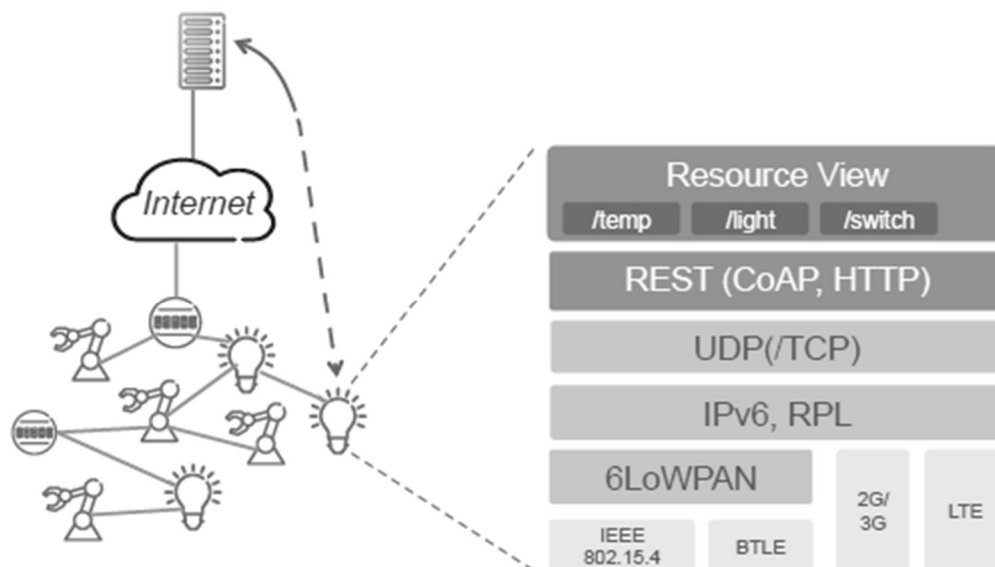


Figura 35. REST, CoAP y 6LoWPAN

El uso 6LoWPAN es ideal en aplicaciones en las que [125]:

- Los dispositivos embebidos necesitan comunicarse con los servicios basados en Internet
- Redes heterogéneas de bajo consumo de energía necesitan estar trabajando juntas
- La red necesita estar abierta, ser reutilizable y evolucione a nuevos usos y servicios
- La escalabilidad sea necesaria a través de grandes infraestructuras con movilidad

En la Arquitectura 6LoWPAN se puede definir tres tipos de LoWPANs como se muestra en la Figura 36: Simple, Extendida y Específica. Considere en estos casos que una LoWPAN es una colección de conjunto de 6LoWPAN, una LoWPAN específica no se conecta a Internet, una LoWPAN simple se conecta a través de un enrutadores de frontera LoWPAN a otra red IP y una LoWPAN extendido abarca las LoWPANs con múltiples enrutadores de frontera que se interconectan a través del enlace backbone de una red central. Son los enrutadores de frontera los que dan conexión a Internet.

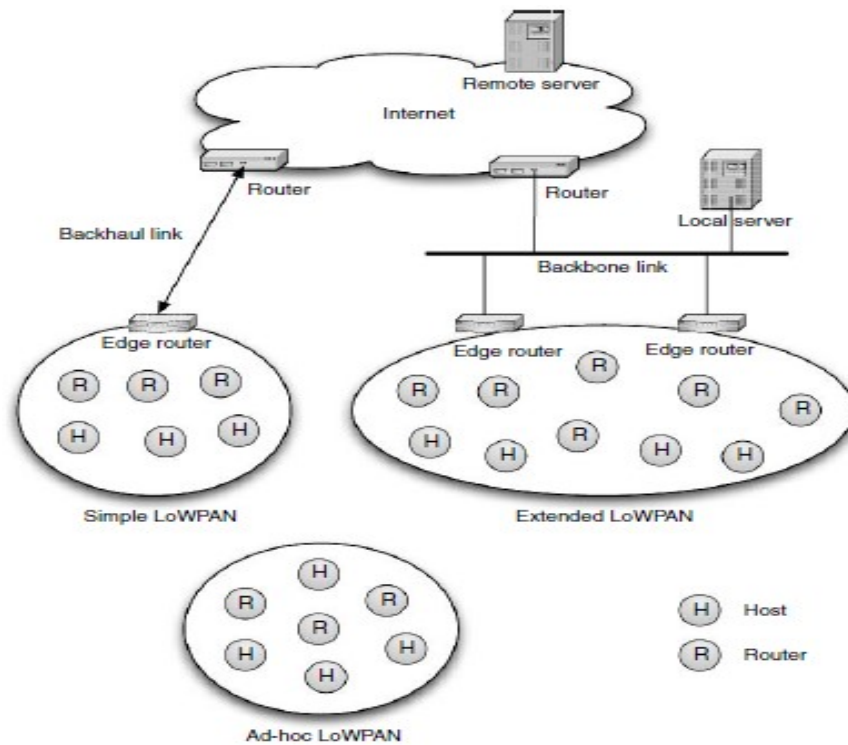


Figura 36. La Arquitectura del 6LoWPAN

Aunque las comunicaciones M2M han transformado la industria de la monitorización de máquinas por Internet, se espera que 6LoWPAN sea la tecnología clave para el Wireless Embedded Internet lo que se ha conceptualizado como la Internet embebida de dispositivos de baja potencia e inalámbricos con capacidades de procesamiento limitado. Por lo general, los módulos M2M se conectan por móvil y las comunicaciones IP se realizan con servicios finales M2M a través de pasarelas M2M. Con 6LoWPAN, las redes pueden ser conectadas a los servicios M2M a través de simple enrutadores [125]. Los dispositivos de muchas de las soluciones de IOT en sistemas M2M no son en sentido estricto parte de Internet ya que por ejemplo no tienen dirección IP, con la IOT y la introducción de IPv6 se podrá proporcionar sistemas con conexión extremo a extremo.

6LoWPAN permite conectarnos a redes de baja pérdida y consume (LNNs), incluidas las WSN, tales como aquellas que se basan en el estándar IEEE 802.15.4. Una aproximación de la pila de protocolos en la que se use 6LoWPAN, lo ubica sobre el estándar IEEE 802.15.4 de la capa física y de control de acceso al medio y por debajo de la capa de red, la de transporte y la de las aplicaciones específicas [126]. En la capa de red se utiliza direccionamiento IPv6 adaptado para las redes LLNs mediante la capa LoWPAN, que ofrece los métodos necesarios para permitir la coexistencia de 802.15.4 e IPv6. En la capa de transporte se puede utilizar UDP o ICMP, dependiendo de los requerimientos de cada aplicación como se muestra en la Figura 37 [125].

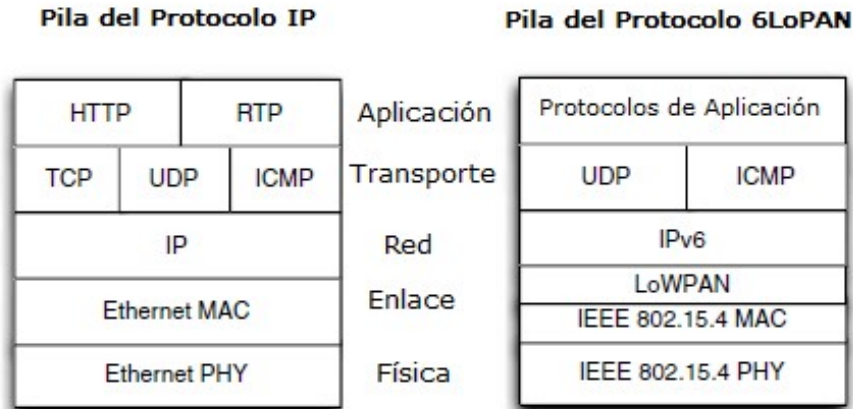


Figura 37. Pilas de los protocolos IP y 6LoWPAN

Para mostrar el uso del 6LoWPAN se describirá la integración de las WSNs con la Web, a través de del protocolo CoAP sobre una arquitectura RESTful. CoAP es un protocolo de transferencia para la Web que proporciona algunas funcionalidades HTTP que es el protocolo estándar para los servicios web de RESTful en Internet [127], [129]. CoAP ofrece los mismos métodos para la gestión de recursos como HTTP (con las primitivas GET, POST, PUT y DELETE). CoAP soporta funcionalidades adicionales típicas de las aplicaciones IOT y M2M, tales como multicast, comunicación asíncrona y suscripciones. A diferencia de HTTP, CoAP se construye sobre UDP como se muestra en la Figura 38 [128] y tiene un encabezado de paquete compacto. Con UDP la compresión del encabezado del paquete reduce drásticamente el consumo y consecuentemente el incremento del tiempo de vida de la batería. Las redes WSN necesitan de mensajes cortos y el uso de HTTP-REST no es óptimo en redes LLNs. CoAP permite que las aplicaciones WSN se construyan basadas en la Arquitectura REST (Representational State Transfer), lo que facilita la integración de dispositivos con limitaciones en la Web. Un aproximación de esta integración se muestra en la Figura 39 [129].

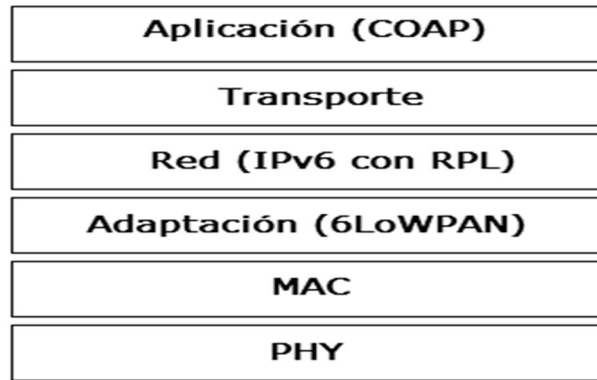


Figura 38. Protocolo IETF LLN

Existen ya prototipos las cuales integran redes WSN REST/CoAP con aplicaciones de la Web REST/HTTP WSN y permiten al usuario visualizar medidas de la WSN con un navegador de la Web. Adicionalmente, se utiliza un proxy HTTP-CoAP transparente para permitir el acceso a los recursos del servidor CoAP.

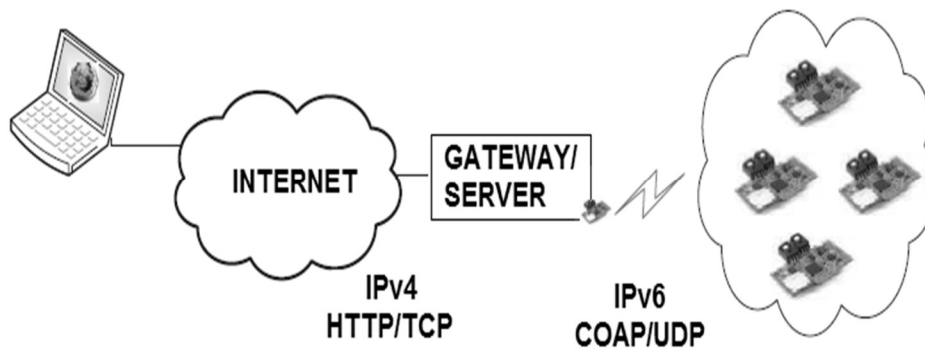


Figura 39. Integración entre WSNs y la Web

## 8 Conclusiones

La Computación Pervasiva ya no es una mera visión. Actualmente, con dos décadas de avances tecnológicos, el desarrollo de otros paradigmas de computación y la necesidad de las personas de comunicarse con las máquinas de nuestro alrededor de manera transparente y flexible han colocado a la sociedad en medio del desarrollo de la Sociedad de la Información Pervasiva.

Desde un punto de vista funcional podemos ver a los sistemas pervasivos como un sistema formado por una serie de componentes básicos:

- Un **dispositivo personal del usuario**, que permite interacción con el entorno pervasivo.
- Los **sensores**: proporcionando prestaciones de detección de datos
- El componente de **localización**: ubica al usuario
- La **transferencia de datos e información** entre los componentes del sistema distribuidos es soportada por una infraestructura de comunicación inalámbrica, posiblemente distribuida.
- La **recopilación, el procesamiento y almacenamiento de datos** (local y/o centralizada)
- Las funcionalidades de **procesamiento de datos** calculan el contexto del usuario y del entorno manteniendo características de **sensibilidad al contexto**.

Los avances tanto en comunicaciones, la miniaturización, el hardware portable, las capacidades de detección por medio de sensores, los diferentes tipos de arquitecturas de software, etc., tenemos en resumen un conjunto de las tecnologías que podemos clasificar en: tecnologías de recolección de datos, tecnologías de comunicaciones y tecnologías para el almacenamiento y el análisis de datos; así como, plataformas y servicios basados en estándares. Estas pueden permitir diseñar y desplegar aplicaciones de computación pervasiva en diversas áreas. Muchas de estas aplicaciones se están viendo en la implementación de computación pervasiva de los últimos años: la Internet de las Cosas. La aceleración de este desarrollo la ha impulsado la penetración de dispositivos como los teléfonos inteligentes y las tablets que han transformado la computación del típico escritorio en una computación portable e integrada a la vida de los miembros de la sociedad.

El despliegue de sistemas pervasivos permitirá a los agentes participantes que puedan intercambiar un gran volumen de datos lo que exigirá de una gran capacidad de procesamiento en tiempo real o en diferido para el análisis de los mismos. Muchos de estos desafíos están relacionados con otros paradigmas como son el Big Data, la Cloud

Computing y el Data Mining. La explotación final de los datos se podrá realizar a través de innovadores productos y servicios que contemplen la solución de algunas de las necesidades requeridas por los sistemas pervasivos..

Se ha descrito una serie de aplicaciones, proyectos industriales y académicos que se han desarrollado a lo largo de los últimos años, los cuales son de una gran diversidad en diferentes áreas de aplicación. Esto refleja un alto interés por el desarrollo de los sistemas pervasivos, cuya investigación sigue activa.

Los dominios con perspectivas de desarrollo inmediato a través de los sistemas pervasivos de Internet de las cosas: Smart Cities, Smart Environment, Smart Water, Smart Metering, Security & Emergencies, Retail, Logistics, Industrial Control, Smart Agriculture, Smart Animal Farming, Domotic & Home Automation, eHealth.

Se han descrito escenarios de computación pervasiva dando una primera aproximación a su división: escenarios centrados en el usuario, lo que ayuda al desarrollo de las interfaces manejadas por los usuarios y los escenarios que muestran el manejo de la información, lo que en la mayoría de los casos ayuda al diseño y la arquitectura interna del sistema.

La computación pervasiva es una de las áreas en la que los diseños REST y específicamente RESTful (es decir inspirados en la Web) se han hecho populares. Hay varias razones pero la más importante es que existen muchos escenarios de computación pervasiva en donde son esenciales arquitecturas débilmente acopladas y diseños descentralizados que permiten la escalabilidad en entornos rodeado de sensores y dispositivos habilitados con acceso a la Web. La Internet de las cosas es una de las aplicaciones en donde se está reflejando con la "Web de las cosas". REST se usa como un estilo arquitectónico sobre la Web y sus principios han servido para incrementar los proyectos con arquitecturas orientadas a servicios Web. Hay temas pendientes de estudio como son: procedimientos para medir el grado de granularidad efectiva en el diseño de servicios y el manejo e transacciones.

REST se ha valido de las características básicas de la web lo cual ha valido para darle una mayor evolución a los servicios Web. Los Servicios Web REST solamente requieren de tecnologías ya definidas como son HTTP y XML, son simples y efectivos, ya que dichos estándares están muy extendidos y son soportados por la mayoría de las aplicaciones. Las tendencias clásicas para la construcción de Servicios Web son básicamente SOAP y REST, pero como hemos visto REST propone el uso y la llamada de los Servicios Web de una forma más sencilla mediante una simple transferencia de información. Los Servicios Web SOAP definen unas normas para las llamadas desde el cliente al servidor que son bastante rígidas. Además, se envía información que en

ocasiones es innecesaria lo que ralenticen la interacción. La tendencia actual es que grandes compañías están potenciando el desarrollo de sus servicios REST y paralelizando el soporte de sus servicios SOAP. Hay temas que con REST por el momento no los cubre o los cubre débilmente como es el caso de la seguridad.

En lo concerniente a las arquitecturas tratadas en la parte final de este trabajo se ha descrito como ejemplo ETSI TC M2M, la cual representa un importante avance de los estándares fundamentales de una plataforma de servicios M2M horizontal. En su arquitectura se abordan principalmente la mediación de datos, seguridad y gestión de dispositivos. Se espera que en el futuro se normalización otras capacidades de servicio. La arquitectura basada en REST ofrece varias ventajas que pueden ser útiles al sensor y los desarrolladores tales como la posibilidad de visualizar y manipular los datos de los sensores y los parámetros de calibración a través de un navegador web y de crear web mashups utilizando uno o más sensores de aplicaciones M2M o dispositivo M2M como fuentes de datos. Está arquitectura ETSI TC M2M es uno de los muchos enfoques de computación pervasiva en el sector de las comunicaciones M2M. Actualmente, está limita a proporcionar la habilitación de aplicaciones de base en la parte superior de las diferentes redes. Cabe indicar que la ETSI representa a la industria de las telecomunicaciones y no representa la visión de todos los participantes del mercado. La infraestructura de la capa de servicio requiere estandarización de las capacidades necesarias como interfaces para los repositorios de datos de los sensores y la información, el descubrimiento y un directorio de servicios y otros mecanismos. Actualmente, la ETSI TC M2M no afronta dichos aspectos.

La otra arquitectura que se ha proporcionado como ejemplo está basada en los estándares de la IETF y muestra la posibilidad de tener una arquitectura REST basada 6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks) y CoAP sobre una red de sensores inalámbricos. Su aplicación se ha extendido a la IoT.

Para finalizar, hay que tener presente que hay aspectos técnicos que no se han perfeccionado, algunas aplicaciones son una completa realidad pero otras necesitan de sofisticadas técnicas para dar soporte a sus funcionalidades. Entre los desafíos de la computación pervasiva tenemos:

- Las técnicas invisibilidad robustas que permitan el diseño de interfaces Humano-Ordenador para crear sistemas seguros y fiables.
- La creciente complejidad de los sistemas en combinación con su invisibilidad plantea un gran reto para el diseño de novedosas técnicas de interacción humano-ordenador.

- Reducción de la complejidad de las técnicas de reconocimiento de contexto que permitan a los dispositivos integrados ser configurables o auto-configurarse para reconocer su ubicación dentro del mundo real.
- La construcción de espacios inteligentes requiere de inversión por parte de las partes involucradas en el desarrollo de las infraestructuras. Es necesario un respaldo gubernamental y una coordinación internacional para el apoyo a dichos proyectos y al uso de normas que podrían surgir en el impulso de dichos proyectos.
- Enfrentarse el impulso del acceso a las redes y en general de la tecnología pervasivas a toda la sociedad para proporcionar sistemas escalables con servicios potenciales de computación pervasiva.
- La recolección de los datos con los sistemas de computación pervasiva y su uso es un tema de actual de mucho interés, no solo en este campo. Hoy el uso de los datos por parte de las grandes empresas de la Internet o por parte de los gobiernos del mundo sin la autorización por parte de los usuarios involucrados y los riesgos que esto puede traer en los estudios de los comportamientos sociales o individuales va más allá de la simple intrusión a la vida de los ciudadanos. Un fallo en los sistemas pervasivos al nivel de la seguridad podría ocasionar graves perjuicios a los usuarios de los cuales se puede conocer su rutina e itinerario diario o su ubicación en un determinado momento.
- Además, a nivel de seguridad los sistemas pervasivos están motivando la necesidad de elaborar marcos jurídicos para la protección de datos de empleados en cuyas empresas se pueden recolectar información que podrían resultar a primera vista no cuestionable. La privacidad de un empleado podría ser invadida dentro del entorno empresarial. Esto es aplicable a cualquier espacio inteligente a donde se desplace. Debe encontrarse un equilibrio entre el impacto social y los beneficios de los descubrimientos científicos.
- Buscar un equilibrio entre la participación de los usuarios en los procesos sociales y comerciales y la información que manejan los sistemas pervasivos.
- El fallo de los sistemas pervasivos podría provocar una pérdida de control por parte del usuario por la falta de servicios de un sistema que de antemano da por hecho que existe. Los usuarios pueden sufrir frustraciones y sentirse incapaces de solventar estos servicios con la correspondiente desconfianza en los sistemas pervasivos. La búsqueda de sistemas autorreparables podría ser una alternativa a estos problemas.
- La computación pervasiva provee servicios proactivos que permiten el seguimiento de las personas y los objetos. Este seguimiento invade nuestras vidas en nuestra esfera pública: vecindario, aeropuertos, centros comerciales, trabajo, centros recreativos, la vía pública, bibliotecas, etc. Estas vigilancias que serán imperceptibles

tienen un gran impacto que deben regularse para no invadir el espacio de autonomía y privacidad de los usuarios.

## Bibliografia

- [1] Weiser, M., "The computer for the 21st century", Scientific American, 1991
- [2] Satyanarayanan, M., "Pervasive computing: Vision and challenges", IEEE Personal Communications, 2001
- [3] George Coulouris, Jean Dollimore, Tim Kindberg and Gordon Blair, "Distributed: Concepts and Design", Addison Wesley, 2012, ISBN 0-13-214301-1
- [4] Weiser, Dr. Mark. (1996). "Ubiquitous computing", <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/acmfuture2endnote.htm>, [Consulta 19/03/2010]
- [5] Bardram, Jakob Eyvind; Friday, Adrian, "Ubiquitous Computing Fundamentals". ed. John Krumm. C R C Press LLC, 2010, ISBN 978-1-4200-9360-5
- [6] Weiser, Dr. Mark. . (1996) ,"Ubiquitous computing", <http://www.ubiq.com/weiser/10year/sld040.htm>. [Consulta 19/03/2010]
- [7] M. Bick, T.-F. Kummer, Ambient intelligence and ubiquitous computing, in: H.H. Adelsberger, P. Kinshuk, J.M. Pawlowski, D. Sampson (Eds.), Handbook on Information Technologies for Education and Training, 2nd edition, Springer, pp. 80-81. 2008.
- [8] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions", Future Generation Computer Systems-the International Journal of Grid Computing and Escience, vol. 29, pp. 1645-1660, Sep. 2013, 2013.
- [9] Zhang, Daqiang; Yang, L.T.; Hongyu Huang, "Searching in Internet of Things: Vision and Challenges", Parallel and Distributed Processing with Applications (ISPA), 2011 IEEE 9th International Symposium on , vol., no., pp.201,206, 26-28 May 2011
- [10] Lalit Prasad , Y.b Joshi, "International Journal of Computer Science and Network", International Journal of Computer Science and Network, Vol.1(3), pp.109, 2012.
- [11] Mohammad S. Obaidat, Mieso Denko and Isaac Woungang, "Pervasive Computing and Networking ", John Wiley & Sons, 2011, ISBN 978-0-470-74772-8.

- [12] M. Friedewald and O. Raabe, "Ubiquitous computing: An overview of technology impacts", *Telematics and Informatics*, vol. 28, No. 2, pp. 55-65, 2011.
- [13] Uwe Hansmann, Lothar Merk, Martin S. Nicklous, Thomas Stober, "Pervasive Computing", 2003, ISBN 3-540-0021K-9
- [14] Tomás Robles Valladares, David Larrabeiti López, "Internet del futuro: visión y tecnologías implicadas", 2009, ISBN: 978-84-613-3989-1
- [15] M. Conti, S. K. Das, C. Bisdikian, et. al., "Looking ahead in pervasive computing: Challenges and opportunities in the era of cyber-physical convergence", *Pervasive and Mobile Computing*, 8(1), pp. 2-21, 2012.
- [16] Cook. D.J.. Das. S.K., "Pervasive computing at scale: Transforming the stale of the art", *Pervasive and Mobile Computing* 8, pp. 22-35 , 2011
- [17] Kurkovsky, S., "Pervasive computing: Past, present and future," *Information and Communications Technology*, 2007. ICICT 2007. ITI 5th International Conference on , vol., no., pp.65,71, 16-18, 2007
- [18] V. Dhingra and A. Arora, "Pervasive Computing: Paradigm for New Era Computing", *Proc. of the IEEE International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology*, Nagpur, India, pp. 349-354, 2008
- [19] Varuna Godara, "Strategie Pervasive Computing Applications:Emerging Trends", IGI Global, 2010,ISBN 978-1-61520-753-4.
- [20] Stefan G. Weber, "Multilaterally Secure Pervasive Cooperation ", IOS Press BV, 2012, ISBN 978-1-61499-156-4.
- [21] A. Westin, "Privacy and Freedom", Atheneum, New York, 1967
- [22] M. Duckham and L. Kulik, "Location Privacy and Location-Aware Computing", *In Dynamic & Mobile GIS: Investigating Change in Space and Time*, pages 34-51, CRC Press, 2006.
- [23] Chanchal Arun Marathe, Reshma T. Satpute, "Estimation and Evaluation of Pervasive Computing", *Journal of Grid and Distributed Computing*, Volume 1, Issue 1, 2011, pp-05-09
- [24] Max Mühlhäuser, Iryna Gurevych, "Ubiquitous Computing Technology for Real Time Enterprises", IGI Global, 2008, ISBN-13: 978-1-59904-835-2.

- [25] House\_n Current Projects, MIT,  
[http://architecture.mit.edu/house\\_n/projects.html](http://architecture.mit.edu/house_n/projects.html), [En línea], [Consulta: 23/04/2014].
- [26] About Axeda, Axeda Machine Cloud & M2M Platform,  
<http://www.axeda.com/node/18>, [En línea], [Consulta: 23/04/2014].
- [27] ZigBee Wireless Networking Systems, Ember ZigBee - Silicon Labs,  
<http://www.silabs.com/products/wireless/zigbee/Pages/default.aspx>, [En línea], [Consulta: 23/04/2014].
- [28] Tom Pfeifer, "The Internet of Things", Waterford IT Consulting, 2012.
- [29] AMETIC, "Informe 2012 Smart Cities", AMETIC, Depósito Legal: AS 0926-2013,  
[En línea], <http://www.ametic.es/DescargarDocumento.aspx?idd=4966>,  
[Consulta: 23/04/2014].
- [30] Fundación Telefonica, "Smart Cities: un primer paso hacia la internet de las cosas", 2010, [En línea],  
[http://www.fundacion.telefonica.com/es/que\\_hacemos/media/publicaciones/SMART\\_CITIES.pdf](http://www.fundacion.telefonica.com/es/que_hacemos/media/publicaciones/SMART_CITIES.pdf), [Consulta: 23/04/2014].
- [31] IBM Institute for Business Value, Ciudades más inteligentes, Hacia un nuevo modelo de eficiencia y sostenibilidad, 2009, [En línea]. [http://www-05.ibm.com/services/es/bcs/pdf/Ciudades\\_mas\\_inteligentes.pdf](http://www-05.ibm.com/services/es/bcs/pdf/Ciudades_mas_inteligentes.pdf), [Consulta: 23/04/2014].
- [32] Honbo Zhou, "The Internet of Things in the Cloud. A Middleware Perspective", CRC Press, 2013, ISBN 978-1-4398-9302-9.
- [33] IFSASite-Start Page, <http://www.sensorsportal.com/>, [En línea], [Consulta: 23/04/2014].
- [34] Huansheng Ning, "Unit and Ubiquitous Internet of Things", CRC Press, 2013, ISBN 978-1-4665-6167-0.
- [35] J. Varonaa, M. Tecpoyotl-Torresb, and R. Velázquez, "Micro sensor-actuador térmico sin baterías para aplicaciones en microelectrónica de ultra-bajo consumo de potencia", Revista Mexicana de Física 59 26–38, 2013
- [36] IERC Cluster Book 2013, "Internet of Things - Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems", River Publishers, 2013, ISBN: 978-87-92982-73-5, [En línea], <http://www.internet-of-things->

research.eu/pdf/Converging\_Technologies\_for\_Smart\_Environments\_and\_Integrated\_Ecosystems\_IERC\_Book\_Open\_Access\_2013.pdf, [Consulta: 23/04/2014].

- [37] ITU-T Newslog - ITU establishes Focus Group on Smart Sustainable Cities, [En línea], [http://www.itu.int/ITU-T/newslog/ITU+Establishes+Focus+Group+On+Smart+Sustainable+Cities.aspx#.UsH9v\\_QW0pd](http://www.itu.int/ITU-T/newslog/ITU+Establishes+Focus+Group+On+Smart+Sustainable+Cities.aspx#.UsH9v_QW0pd), [Consulta: 23/04/2014].
- [38] ISO Focus+ magazine spotlights ISO standards for smart cities (2013-01-15) - ISO, [En línea], [http://www.iso.org/iso/home/news\\_index/news\\_archive/news.htm?refid=Ref1695](http://www.iso.org/iso/home/news_index/news_archive/news.htm?refid=Ref1695), [Consulta: 23/04/2014].
- [39] R. Aquino and A. Edwards, "Embedded Systems and Wireless Technology", C R C Press LLC, 2013, ISBN 978-1-4665-6565-4.
- [40] Motion Processor (Toshiba), [https://www.toshiba.co.jp/about/press/1998\\_07/pr1501.htm](https://www.toshiba.co.jp/about/press/1998_07/pr1501.htm).
- [41] Juan Carlos García Ortiz, Stefan Beyer, "Inteligencia Ambiental: El futuro para la computación ubicua y móvil", Actualidad TIC, Revista del Instituto Tecnológico de Informática No.16, 2010,ISSN: 1696-5876
- [42] MavHome Smart Home (The University of Texas at Arlington), <http://ailab.wsu.edu/mavhome/>.
- [43] Gesture Wrist and Gesture Pad: Unobtrusive Wearable Interaction Devices (Sony), <http://www.sonydsl.co.jp/person/rekimoto/gwrist/>.
- [44] Linux Watch Enhanced Shell with Bluetooth (IBM), [https://www.research.ibm.com/trl/projects/ngm/wp10\\_e.htm](https://www.research.ibm.com/trl/projects/ngm/wp10_e.htm).
- [45] Smart Clothes , <http://www.taipeitimes.com/News/worldbiz/archives/2001/12/10/0000115251>.
- [46] Prototipo de computadora portátil de 9 Onzas(IBM), <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/22022.wss>.
- [47] PHILIPS DESIGN, NEWVALUESNEW, 2002, [En línea], [http://www.design.philips.com/shared/assets/Downloadablefile/New\\_value\\_News13-12820.pdf](http://www.design.philips.com/shared/assets/Downloadablefile/New_value_News13-12820.pdf), [Consulta: 01/05/2014].

- [48] C. Bisdikian, I. Boaniah, P. Castro, A. Misra, J. R.ubas, N. Villoutreix, D. Yeh, "Intelligent pervasive middleware for context-based and localized telematics services", IBM T.J. Watson Research Center, 2002, [En línea], <http://www.research.ibm.com/people/a/archan/mcommerce2002.pdf>, [Consulta: 01/05/2014].
- [49] iDorm ( Intelligent Dormitory - iSpace ), <http://cswww.essex.ac.uk/iieg/idorm.htm>.
- [50] Geology-Smart Space Suit Developed , [http://arxiv.org/a/mcguire\\_p\\_1](http://arxiv.org/a/mcguire_p_1).
- [51] AWLA, <http://chico.inf-cr.uclm.es/ppsv/awla.html>.
- [52] D. Lopez de Ipiña, J. Vazquez, D. García, J. Fernandez, I. Garcia, D. Sainz, and A. Almeida, "EMI2 lets: A Reflective Framework for Enabling AmI", Journal of Universal Computer Science, 12(3):297-314, 2006, , [En línea], <http://paginaspersonales.deusto.es/dipina/publications/EMI2letsJUCS.pdf>, [Consulta: 01/05/2014].
- [53] CarTel project, <http://cartel.csail.mit.edu>.
- [54] El-Bishouty, M.M., Ogata, H., Yano, Y. , "PERKAM: Personalized Knowledge Awareness Map for Computer Supported Ubiquitous Learning", Educational Technology and Society Journal 10(3): 122-34, 2007, [En línea], [http://www.ifets.info/journals/10\\_3/9.pdf](http://www.ifets.info/journals/10_3/9.pdf), [Consulta: 01/05/2014].
- [55] P.S. Pandian K. Mohanavelu, K.P. Safeer, T.M. Kotresh, D.T. Shakunthala, Parvati Gopal, V.C. Padaki, "Smart Vest: Wearable multi-parameter remote physiological monitoring system", Medical Engineering and Physics 30: 466-77, 2007.
- [56] Kranz, M., Spiessl, W., Schmidt, A., "Designing Ubiquitous Computing Systems Sports Equipment", Proceedings of IEEE PerCom 2007, pp. 79-86 (2007)
- [57] THERAPY TOP, <http://old.hcilab.org/projects/ubifitness/>.
- [58] OASIS, <http://sensorweb.cs.gsu.edu/?q=Oasis-SystemDesign>.
- [59] Petersen, S.A., Markiewicz, J.K. , "PALLAS: Personalized language learning on mobile devices", The Fifth IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technology in Education, pp. 52-9, 2008.
- [60] D.W. Curtis, E.J. Pino, J.M. Bailey, E.I. Shih, J. Waterman, S.A. Vinterbo, T.O. Stair, J.V. Guttag, R.A. Greenes, and

- L. Ohno-Machado, "SMART - An integrated wireless system for monitoring unattended patients", Journal of the American Medical Informatics Association 15: 44-53, 2008, [En línea], <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2274866/pdf/44.S1067502707002642.main.pdf>, [Consulta: 01/05/2014].
- [61] MyHealthService, <http://www.telemed.no/myhealthservice-personal-healthcare-technology-and-services-for-elderly-chronically-ill.448999-77936.html>.
- [62] PICTOGRAM ROOM, <http://www.uv.es/uvweb/universidad/es/universidad-valencia/universitat-presenta-proyecto-realidad-aumentada-intervencion-educativa-autismo-1285845048380/Noticia.html?id=1285891550802>.
- [63] Liang, S. H. L., and C. - Y. Huang, "GeoCENS: A Geospatial Cyberinfrastructure for the World-Wide Sensor Web", Sensors, pp. 22, 10/2013.
- [64] GeoCENS, <http://www.geocens.ca/geocens-geospatial-cyberinfrastructure-environmental-sensing>.
- [65] Google Glass, <http://www.google.com/glass/start/>.
- [66] Disappearing Computer Initiative Projects , <http://www.disappearing-computer.eu/>.
- [67] 2WEAR , [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/56863\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/56863_en.html).
- [68] ATELIER, <http://atelier.k3.mah.se/home/>.
- [69] Inter living , <http://interliving.kth.se/>.
- [70] MIME, [http://ec.europa.eu/research/transport/projects/items/mime\\_en.htm](http://ec.europa.eu/research/transport/projects/items/mime_en.htm).
- [71] ORESTEIA -MODULAR HYBRID ARTIFACTS WITH ADAPTIVE FUNCTIONALITY, <http://www.image.ntua.gr/oresteia/>.
- [72] SHAPE - Situating Hybrid Assemblies in Public Environments, [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/56769\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/56769_en.html).
- [73] Smart-its Artifacts , <http://www.smart-its.org/>.
- [74] Grocer - Grocery Store , [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/54856\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/54856_en.html).
- [75] WORKSPACE , <http://www.daimi.au.dk/workspace/index.htm>.

- [76] Apostolos Malatras, "Pervasive Computing and Communications. Design and Deployment. Technologies, Trends and Applications", Information Science Reference (an imprint of IGI Global), 2011, ISBN 978-1-60960-612-1.
- [77] DAIDALOS, <http://www.ist-daidalos.org/>.
- [78] Claytronics , <http://www.cs.cmu.edu/~./claytronics/>.
- [79] Chronius, <http://www.chronious.eu/>.
- [80] METABO, <http://www.metabo-eu.org/>.
- [81] ARTEMIS, [http://www.artemis-ju.eu/home\\_page](http://www.artemis-ju.eu/home_page).
- [82] 4WARD, <http://www.4ward-project.eu/>.
- [83] IBM Smart Surveillance System,  
[http://researcher.watson.ibm.com/researcher/view\\_project.php?id=1394](http://researcher.watson.ibm.com/researcher/view_project.php?id=1394).
- [84] MONARCA, <http://www.monarca-project.eu/>.
- [85] INTERStress, <http://interstress.eu/>.
- [86] INTERNET OF THINGS, Finland, 2013, [En línea],  
[http://www.internetofthings.fi/file\\_attachment/get/250622\\_INTERNET\\_mag\\_0506\\_2.pdf?attachment\\_id=2](http://www.internetofthings.fi/file_attachment/get/250622_INTERNET_mag_0506_2.pdf?attachment_id=2), [Consulta: 01/05/2014].
- [87] INTERNET OF THINGS, Finland, [www.iot.fi](http://www.iot.fi).
- [88] Programa nacional de Finlandia de Internet de las Cosas (IoT)  
, <http://www.investinfinland.fi/industries/rd-and-innovation/internet-of-things-in-finland/124>.
- [89] Media Cup, <http://mediacup.teco.edu/overview/engl/overview.html>
- [90] Oxygen, [www.oxygen.lcs.mit.edu/](http://www.oxygen.lcs.mit.edu/)
- [91] University of Florida, <http://www.icta.ufl.edu/>
- [92] Sentient Computing, <http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/spirit/>
- [93] Aura, [www.cs.cmu.edu/~aura/](http://www.cs.cmu.edu/~aura/)
- [94] Pervasive Computing and Communications, <http://crewman.uta.edu/psi>
- [95] AMADEUS - The University of York, <http://www.cs.york.ac.uk/amadeus/>

- [96] Cluster of European Research Projects on the Internet of Things(CERP-IoT) , "Vision and Challenges for Realising the Internet of Things", 2010, ISBN 978-92-79-15088-3.
- [97] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," Future Generation Computer Systems-the International Journal of Grid Computing and Escience, vol. 29, pp. 1645-1660, SEP 2013, 2013.
- [98] Andrei Olaru, Amal El Fallah Seghrouchni, and Adina Magda Florea, "Ambient Intelligence: From Scenario Analysis Towards a Bottom-Up Design", Intelligent Distributed Computing IV, 2010.
- [99] Ducatel, K., Bogdanowicz, et al., "Scenarios for Ambient Intelligence in 2010". ISTAG, European Commission. 2001.
- [100] Bart Willem Schermer, "Software agents, surveillance, and the right to privacy: A legislative framework for agent-enabled surveillance" , Leiden University Press, 2007, ISBN 978-0-596-00712-6.
- [101] Juan Carlos Augusto and Paul McCullagh, "Ambient Intelligence: Concepts and Applications", ComSIS Vol. 4, No. 1, June 2007
- [102] Wen-Zhan Song, et al. , "Optimized Autonomous Space In-situ Sensor-Web for Volcano Monitoring", IEEE Journal of Selected Topics in Earth Observations and Remote Sensing (IEEE JSTARS), Volume 3, Issue 4, 2010.
- [103] Optimized Autonomous Space In-Situ Sensorweb I Sensorweb Research Laboratory, <http://sensorweb.cs.gsu.edu/?q=Oasis>, [En línea], [Consulta: 02/06/2014].
- [104] Cascades Volcano Observatory Who We Are and What We Do, [http://volcanoes.usgs.gov/observatories/cvo/cvo\\_about.html](http://volcanoes.usgs.gov/observatories/cvo/cvo_about.html), [En línea], [Consulta: 02/06/2014].
- [105] Nimbits, <http://www.nimbits.com>, [En línea], [Consulta: 09/06/2014].
- [106] Arduino-Home Page, <http://arduino.cc/en/>, [En línea], [Consulta: 09/06/2014].
- [107] Japan Geigermap: At-a-glance, <http://japan.failedrobot.com/>, [En línea], [Consulta: 09/06/2014].
- [108] Nonode, <http://nanode.eu/>, [En línea], [Consulta: 09/06/2014].

- [109] National Weather Study Project,  
[http://nwsp.ntu.edu.sg/weather/new\\_portal\\_intro.htm](http://nwsp.ntu.edu.sg/weather/new_portal_intro.htm), [En línea], [Consulta: 09/06/2014].
- [110] TelemetryWeb - The Link Between People And The Things That Matter  
,<http://www.TelemetryWeb.com>, [En línea], [Consulta: 09/06/2014].
- [111] Erik Wilde , Cesare Pautasso, "REST: From Research to Practice", Springer Publishing Company, Incorporated, 2011
- [112] Roy T. Fielding. "Architectural styles and the design of network-based software architectures". Tesis Doctoral, Dept. of Information and Computer Science, University of California, Irvine, 2000.
- [113] Rafael Navarro Marset. ELP-DSIC-UPV. "Rest vs Web Services: Modelado, Diseño e Implementación de Servicios Web". 2007. [En línea].  
<http://users.dsic.upv.es/~rnavarro/NewWeb/docs/RestVsWebServices.pdf>. 2007. [Consulta: 09/06/2014].
- [114] D. Boswarthick, O. Hersent, and O. Elloumi. "M2M Communications: A Systems Approach". John Wiley & Sons, 2012.
- [116] Custom Search – Google Developers. [En línea].  
[https://developers.google.com/custom-search/json-api/v1/using\\_rest](https://developers.google.com/custom-search/json-api/v1/using_rest). [Consulta: 09/06/2014].
- [117] Restlet Framework - RESTful web API framework for Java. [En línea].  
<http://restlet.org/>. [Consulta: 09/06/2014].
- [118] Slim Framework. [En línea]. <http://www.slimframework.com/>. [Consulta: 09/06/2014].
- [119] Jmathai/epiphany - GitHub. [En línea]. <https://github.com/jmathai/epiphany>. [Consulta: 09/06/2014].
- [120] FRAPI - Focus on business logic, not presentation. [En línea].  
<http://getfrapi.com/>. [Consulta: 09/06/2014].
- [121] Laravel - The PHP framework for web artisans. [En línea]. <http://laravel.com/>. [Consulta: 09/06/2014].
- [122] Yong Liu, Kay Connelly, "Realizing an Open Ubiquitous Environment in a RESTful Way", 2008.

- [123] IoT-A ( Internet of Things Architecture), "Project Deliverable D1.1 - SOTA report on existing integration frameworks/architectures for WSN, RFID and other emerging IoT related Technologies", 2011
- [124] ETSI-M2M, <http://www.etsi.org/index.php/technologies-clusters/technologies/m2m>, [En línea], [Consulta: 09/06/2014].
- [125] Z. Shelby and C. Bormann, 6LoWPAN: The Wireless Embedded Internet. Wiley Publishing, 2009. pp.9, pp. 5-6, pp. 8, pp.149
- [126] N. H. A. Ismail, R. Hassan and K. W. M. Ghazali, "A study on protocol stack in 6LoWPAN model," Journal of Theoretical and Applied Information Technology, vol. 41, pp. 99-108, 31 July 2012, 2012.
- [127] R. P. V. Chander, S. Elias, S. Shivashankar and P. Manoj, A REST Based Design for Web of Things in Smart Environments. 2012.
- [128] I. Ishaq, D. Carels, G. K. Teklemariam, J. Hoebeke, F. Van den Abeele, E. De Poorter, I. Moerman and P. Demeester, "IETF standardization in the field of the internet of things (IoT): a survey," Journal of Sensor and Actuator Networks, vol. 2, pp. 235-87, June 2013, 2013.
- [129] W. Colitti, K. Steenhaut, N. De Caro, B. Buta and V. Dobrota, "REST Enabled Wireless Sensor Networks for Seamless Integration with Web Applications," 2011 IEEE 8th International Conference on Mobile Ad-Hoc and Sensor Systems, pp. 867-72, 2011, 2011.