

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN
INVESTIGACIÓN PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE MAESTRÍA

TEMA:

“Redes de sensores inalámbricos enfocadas a la
Medicina con énfasis en control de los signos vitales en
Pacientes Adultos Mayores”

WENCESLAO RAFAEL RUIZ SANCHEZ

Quito – 2016

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación en primer lugar quiero agradecerle a Dios por darme la oportunidad de cumplir uno de los tantos objetivos planteados, por darme la fortaleza para luchar día a día y conseguir todo lo plateado con su infinita bondad.

A mi esposa Elizabeth por todo su apoyo incondicional que ha demostrado siendo mi compañera esposa y guía, mis hijos Zadkiel y Valentina fuente de inspiración y motor de mi vida que me impulsan a diario para seguir luchando y vean en mí un ejemplo a seguir como una persona luchadora que no se deja vencer por las adversidades de la vida.

A mis padres que supieron cultivar muchos valores desde niño el amor a los estudios y dedicación en cumplir cada meta planteada ellos son un ejemplo viviente de lucha y dedicación hacia la vida.

A mi director de tesis Dr. Gustavo Chafla Altamirano un agradecimiento especial que supo guiarme desde que fue mi profesor hasta ser el guía en la finalización de la tesis.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por darme la oportunidad de lograr culminar con gran satisfacción mi carrera, gracias por toda la fortaleza brindada y por su infinita misericordia.

Mis más sinceros agradecimientos a todos los mentores, maestros que desde el inicio de la carrera supieron entregar todos sus conocimientos y fueron guías fundamentales y fuente principal de aprendizaje.

A mi director de tesis Dr. Gustavo Chafra Altamirano, mis revisores que entregaron incondicionalmente todo su conocimiento y su tiempo, con el fin de ayudarme a cumplir con el objetivo planteado.

A mis compañeros y amigos que a lo largo de la carrea han compartidos experiencias y conocimientos que enriquecieron mis habilidades.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo estudiar las redes con sensores de forma inalámbrica, conocer los protocolos de comunicación, con los conocimientos obtenidos construir un correcto sistema de monitoreo, a su vez poder aplicar los beneficios de la tecnología enfocados en la medicina, para ayuda del paciente adulto mayor. Al conocer todos los campos en las que se puede aplicar las Redes de Sensores Inalámbricas, la información se torna muy interesante al poder palpar que se puede tomar los valores ya sea de un fenómeno u objeto que se encuentre en movimiento o estático, poder integrar las TIC'S con la medicina para monitorear los principales signos vitales de un paciente, investigar el funcionamiento de la transmisión inalámbrica por medio del protocolo de comunicación Zigbee que es muy utilizado cuando se trata de monitorear cualquier fenómeno que se requiera, conocer la diversidad de hardware que se puede utilizar para la creación de un nodo sensor con sus transmisiones inalámbricas y su funcionamiento completo como sistema embebido .

El prototipo creado será de mucha ayuda para los Adultos Mayores que en ciertas ocasiones son los más desprotegidos por la sociedad, este grupo etario tienden a tener una gran tasa de mortalidad ya que por diversas enfermedades y poca movilidad por el paso de los años es casi imposible que puedan ser atendidos en centros de salud oportunamente.

El prototipo puede ser utilizado desde la comodidad de su casa para la toma de los principales signos vitales y pueda ser monitoreado por un especialista de la salud en línea. De esta forma poder valorar de mejor manera una vez obtenido los signos vitales del paciente y tener un mejor criterio del estado de salud, de ahí poder recetar o modificar las dosis en caso de que sea ya un paciente medicado.

El ministerio de salud pública del Ecuador puede tomar como base estos tipos de estudios que pueden coadyuvar al buen vivir de la personas con un solo objetivo que es profundizar sus estudios logrando tener mucha más opciones el paciente de ser atendido, y más que todo poder dar a los Adultos Mayores una vejez digna a este grupo de personas que se encuentran en el abandono que no cuentan en la mayoría de los casos con recursos económicos.

SUMMARY

This research aims to study networks with wireless sensors, to know the communication protocols, and with the gained knowledge to build a proper monitoring system, in turn to be able to apply the benefits of technology focused on medicine, to help the elderly patient. When knowing all fields in which Wireless Sensor Networks can be applied, information becomes very interesting when you realize how you can acquire the values of either a phenomenon or object that is in motion or static, been able to integrate ICTs with medicine to monitor key vital signs of a patient, to investigate the operation of the wireless transmission through communication protocol ZigBee which is widely used when it comes to monitor any required phenomenon, to get acquainted with the diversity of hardware that can be used for creating a sensor node with your wireless transmissions and its full operation as embedded system.

The created prototype will be very helpful for Older Adults that sometimes are the most vulnerable sector in society, this age group tend to have a high mortality rate due to various diseases and little mobility over the years makes almost impossible for them to be properly attended in health centers.

The prototype can be used from the comfort of your home for the meditation of the major vital signs and can be monitored by a health specialist online. This way to be able to give a better assessment after obtaining the patient's vital signs and to have a better view of his health status, hence to prescribe or change the dose in case of a medicated patient.

The Ministry of Public Health of Ecuador can use these types of studies as a base that can contribute to the good life of people with the objective of deepen their studies managing to have a lot more options for the patient to be treated, and most of all to give Older Adults a dignified aging to this group of people who are in the abandonment and do not count, in most cases, with financial resources.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
RESUMEN	4
SUMMARY	5
GLOSARIO.....	13
CAPITULO 1.....	15
1.1 ANTECEDENTES	15
1.2 INTRODUCCIÓN.....	20
1.3 ALCANCE	23
1.4 OBJETIVOS.....	24
1.4.1 Objetivo General.....	24
1.4.2 Objetivos Específicos	24
1.5 JUSTIFICACIÓN	25
2. CAPITULO 2.....	29
2.1 INTRODUCCION.....	29
2.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS.....	31
2.3 APLICACIONES DE LAS REDES DE SENSORES INALÁMBRICAS	32
2.4 ARQUITECTURA DE LAS REDES DE SENSORES INALAMBRICAS.....	35
2.4.1 Sensores.....	35
2.4.2 Nodos (Motas)	36
2.4.3 Gateway	38
2.4.4 Estación Base	39
2.4.5 Arquitectura Redes de Sensores	40
2.5 TOPOLOGIA DE LAS REDES DE SENSORES INALAMBRICAS	43
2.5.1 Topología en Estrella	44
2.5.2 Topología en Malla	44
2.5.3 Topología en Árbol	44
2.6 PROTOCOLOSDE COMUNICACIÓN	45
2.6.1 IEEE 802.15.4	46
2.6.2 ZigBee	47

2.6.3	Arquitectura Zigbee	48
2.7	ARQUITECTURA DE UN NODO SENSOR.....	51
2.7.1	Introducción.....	51
2.7.2	Fuente de Energía.....	52
2.7.3	Microcontrolador.....	52
2.7.4	Transceptor o Radio	53
3.	CAPITULO 3.....	54
3.1	INTRODUCCIÓN.....	54
3.2	APLICACIÓN DE LAS WSN EN LA MEDICINA	54
3.3	SIGNOS VITALES	57
3.3.1	Introducción.....	57
3.3.2	Temperatura Corporal	58
3.3.3	Ritmo Cardíaco.....	62
3.3.4	Presión Arterial	64
3.4	CREACION DE UN SISTEMA PROTOTIPO	67
4.	CAPÍTULO 4.....	70
4.1	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO	70
4.1.1	Microcontrolador Arduino	72
4.1.2	Módulos de comunicación Xbee	76
4.1.3	Shield Modulo Xbee.....	80
4.1.4	Sensor de temperatura LM35.....	82
4.1.1	OMRON 7113	84
4.2	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE MONITOREO SYSADULMAY	85
4.2.1	Sistema de Sensores	85
4.2.2	Base de Datos	91
4.2.3	Estación Base Web.....	94
4.2.4	Estación Base Java (NetBeans).....	99
4.2.5	Comunicación Inalámbrica	101
4.2.6	Evaluación funcionamiento Red Inalámbrica	103
4.2.1	Costos Prototipo AdulSysMay	107
5.	CAPÍTULO 5.....	109
5.1	CONCLUSIONES.....	109
5.2	RECOMENDACIONES	110
	ANEXO I.....	113
	Características del OMRON	113

ANEXO II.....	114
Programación Sketch Arduino signos vitales.....	114
Programación Sketch Arduino transformar a Hexadecimal.....	116
Programación Sketch Arduino obtener datos OMRON.....	116
ANEXO III.....	117
Programación PHP para el ingreso Web.....	117
Programación PHP Menú Administrador Web.	118
Búsqueda PHP Pacientes Web	119
Ingreso Glucosa PHP Pacientes Web.....	121
Búsqueda PHP Doctores Web	123
ANEXO IV	124
Programación obtener datos Arduino y conexión con base de datos (NetBeans	124
ANEXO V.....	126
Diseño del Nodo Sensor Para Arduino	126
ANEXO VI.....	127
Manual de Usuario Prototipo SysAdulMay	127
BIBLIOGRAFÍA:.....	131

Índice de Figuras

Figura 2.1 Aplicaciones de la WSN	34
Figura 2.2 Tipo de Sensores.....	36
Figura 2.3 Nodos (motas).....	37
Figura 2.4 Gateway IEEE 802.15.4 de 2.4 Ghz	39
Figura 2.5 Estación Base de WSN	40
Figura 2.6 Arquitectura Centralizada y Distribuida	42
Figura 2.7 Funcionamiento de las WSN	43
Figura 2.8 Topología para redes.....	45
Figura 2.9 Estructura del Frame en la capa Física	47
Figura 2.10 Tramas y tipos de paquetes básicos	50
Figura 2.11 Elementos de un nodo sensor.....	53
Figura 3.1 Esquema de un BSN	55
Figura 3.2 Elementos sistema iMum.....	57
Figura 3.3 Equivalencia entre Celsius y Fahrenheit.....	59
Figura 3.3 Lugares donde tomar la Temperatura	61
Figura 3.5 Instrumentos para toma de Temperatura.....	61
Figura 3.6 Lugares para tomar el Pulso.....	63
Figura 3.7 Instrumentos para la toma de la presión Arterial	66
Figura 3.8 Puntos Anatómicos donde medir la presión Arterial	67
Figura 3.4 Arquitectura Prototipo Adulto Mayor.....	69
Figura 4.1 Diagrama en Bloques Prototipo	71
Figura 4.2 Arduino Uno	72
Figura 4.3 Arduino Nano	73
Figura 4.4 Arduino Lilypad.....	73

Figura 4.5 Arduino Fio.....	74
Figura 4.6 Modulo Xbee S2	76
Figura 4.7 Tipo de antenas Xbee.....	77
Figura 4.8 Diagrama de los pines Módulo Xbee.....	80
Figura 4.9 Diagrama Shield	81
Figura 4.10 Shield Modulo Xbee	82
Figura 4.11 Sensor LM35.....	84
Figura 4.12 Monitor OMRON	85
Figura 4.13 Arduino uno con OMRON para toma de signos vitales	86
Figura 4.14 Inicio del Sketch de Arduino	87
Figura 4.15 Resultado por pantalla del sketch de Arduino (Anexo 1).	88
Figura 4.16 Conexión Arduino OMRON.....	88
Figura 4.17 Valores obtenidos en Arduino mediante OMRON	89
Figura 4.18 Valores en Hexadecimal OMRON / Arduino	91
Figura 4.19 Logo de PostgreSQL.....	92
Figura 4.20 Datos de la tabla tb_user	92
Figura 4.21 Datos de la tabla tb_valor	93
Figura 4.22 Realacion entre las dos tablas con su clave primaria.	93
Figura 4.23 Ingreso al sistema ambiente Web	95
Figura 4.24 Ingreso incorrecto al Sistema.....	95
Figura 4.25 Link para creación de Doctores y Pacientes	96
Figura 4.26 Información Pacientes / Doctores	96
Figura 4.27 Ingreso Glucosa Paciente.....	97
Figura 4.28 Revisión de los valores de los Signos Vitales,.....	98
Figura 4.29 Opciones de búsqueda para el médico.	99
Figura 4.30 Logo NetBeans	100
Figura 4.31 Toma de signos vitales y envió a la Base de datos	101

Figura 4.32 Configuración de módulos Xbee X-CTU	102
Figura 4.33 Conexión XBee Estación Base	103
Figura 4.34 Distancia entre Nodo sensor y Estación Base.....	104
Figura 4.35 Prueba Test de Rango	105
Figura 4.36 Rango de señal de aprox. 15 metros	106
Figura 4.37 Rango de señal a más de 40 metros	107

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Defunciones por edad y sexo	16
Tabla 2.1 Comparación entre tecnologías Inalámbricas	30
Tabla 2.2 Distancias de transmisión ZigBee	48
Tabla 2.2 Ventajas y desventajas del protocolo ZigBee	51
Tabla 3.1 Temperatura corporal normal.....	60
Tabla 3.2 Valores dentro del rango normal.....	63
Tabla 3.3 Valores de los niveles de la presión Arterial.....	65
Tabla 4.1 Tipos de Arduino y Características	75
Tabla 4.2 Características Módulos Xbee.....	79
Tabla 4.3 Rangos de temperatura dependiendo la naturaleza del dispositivo.....	83
Tabla 4.4 Valores obtenidos Monitor OMRON	90
Tabla 5.1 Materiales / Interferencia	104
Tabla 4.5 Valores de Hardware Prototipo.....	107

GLOSARIO

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos cuya misión es actuar como órgano rector encargado de las Estadísticas oficiales del Ecuador.

60 y Piquito: Programa patrocinado por el municipio de Quito que actúa sobre las necesidades del adulto mayor.

Biomedicina: Es la investigación en todos los campos relacionados con la medicina con el fin de detectar enfermedades de manera precoz así como su tratamiento con fármacos.

YACHAY: Es una Universidad patrocinada por el gobierno central con el fin de promover la investigación científica y la difusión del conocimiento.

BNS: Son redes de sensores inalámbricas aplicadas en los ser humanos por sus siglas en inglés (Body Sensor Network), comúnmente utilizadas para monitoreo del estado de salud del paciente.

WSN: Redes de Sensores Inalámbricos por sus siglas en inglés (Wireless Sensor Network) cuya finalidad es poder monitorear fenómenos naturales sin la necesidad de que estas redes sean asistidas por el recurso humano y puedan sensar en lugares de difícil acceso.

Diabetes Mellitus: Son trastornos metabólicos que presentan concentraciones elevadas de glucosa es decir sus niveles de azúcar en la sangre son muy elevadas.

WPAN: Redes de Área Personal por sus siglas en inglés (Wireless Personal Area Network) para la compartición de impresoras computadoras, cuyo limitante es la distancia de propagación de la señal.

ZigBee: Es un conjunto de protocolos de comunicación inalámbrica con radiodifusión digital, comúnmente utilizada para redes de sensores inalámbricos.

WI-FI: Nombre utilizado especialmente por la marca WI-FI utilizada para la conexión en redes inalámbricas.

WMAX: Normas de transmisión de datos que utiliza ondas de radio pueden tener una propagación de aproximadamente 50 kilómetros.

GPRS: El servicio está orientado para el envío de paquetes vía radio, utilizado en telefonía inalámbrica por tecnologías 2 y 3 G, su velocidad de transferencia de datos es moderada.

Latencia: En Redes y Telecomunicaciones se define como latencia como el retardo (saltos) que tarda un paquete hasta llegar a su destino.

Etario: De su etimología “aetas” que significa y asocia con la edad.

Sistemas Embebidos: Sistemas diseñados para realizar muchas funciones en tiempo real, comúnmente utilizado sistemas de monitoreo.

Ad-Hoc: Son redes descentralizadas en decir que no dependen de una infraestructura ya creada.

Mv: Mili voltios

CAPITULO 1

MARCO TEORICO

1.1 ANTECEDENTES

Siendo la salud una prioridad a nivel mundial tanto de los gobiernos centrales como autónomos que vienen demostrando un gran interés en poder brindar una atención mucho más oportuna y personalizada a todos sus habitantes, en el Ecuador en los últimos años se ha venido trabajando con varias instituciones tanto públicas como privadas con el fin de poder contar con una mejor atención médica, se ha realizado mucha inversión para la implementación y mejora de nuevos centros de salud, hospitales e incluso convenimos con clínicas particulares, se adquirido tecnología de punta en equipamiento médico con el fin de cubrir toda la demanda que se requiere en el ámbito de la salud (Pública), con todo este esfuerzo e inversión la intención es coadyuvar a la contribución del buen vivir, el Ministerio de Salud Pública del Ecuador anunció la firma de convenios en beneficio del adulto mayor, reconociendo la vulnerabilidad de este grupo etario propenso a enfermedades degenerativas que afectan su calidad de vida, de ahí nace la necesidad de tener un control mucho más personalizado y proactivo.

[1]Según los datos de Ecuador en cifras en ¹2013 se registraron 63.104 defunciones generales, las principales causas de muerte son la Diabetes Mellitus y enfermedades hipertensivas, con 4.695 y 4.189 casos respectivamente, según la información del Anuario de Nacimientos y Defunciones publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), de ahí la necesidad y la oportuna intervención de los gobiernos tanto centrales como autónomos para poner más énfasis en los cuidados de la salud, por medio de campañas preventivas, incentivando la buena alimentación, actividad física, es decir cambiando la cultura de los habitantes, cabe recordar que la gran mayoría de las enfermedades depende mucho del modo de vida de los habitantes.

¹<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/diabetes-y-enfermedades-hipertensivas-entre-las-principales-causas-de-muerte-en-el-2013/>

Edad	2008			2009			2010			2011			2012			2013		
	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
Total República	60.023	34.509	25.514	59.714	33.868	25.846	61.681	34.895	26.786	62.304	35.274	27.030	63.511	35.314	28.197	63.104	34.911	28.193
< 1 mes	1.948	1.131	817	1.919	1.055	864	1.836	1.023	813	1.858	1.026	832	1.587	914	673	1.599	904	695
1 a 11 meses	1.432	819	613	1.360	737	623	1.368	712	656	1.188	633	555	1.415	742	673	1.329	708	621
1 a 4 años	1.264	701	563	1.187	659	528	1.129	623	506	1.076	582	494	994	527	467	1.004	556	448
5 a 14 años	1.249	741	508	1.215	661	554	1.149	683	466	1.097	659	438	1.100	624	476	1.040	586	454
15 a 19 años	1.333	909	424	1.288	909	379	1.353	939	414	1.334	884	450	1.322	924	398	1.208	799	409
20 a 24 años	1.946	1.543	403	1.933	1.455	478	1.945	1.466	479	1.822	1.408	414	1.775	1.381	394	1.626	1.250	376
25 a 29 años	2.104	1.619	485	2.086	1.585	501	1.996	1.528	468	1.991	1.530	461	1.864	1.379	485	1.690	1.270	420
30 a 34 años	1.878	1.394	484	1.858	1.374	484	1.929	1.437	492	1.909	1.383	526	1.807	1.320	487	1.737	1.251	486
35 a 39 años	1.830	1.281	549	1.828	1.276	552	1.740	1.173	567	1.694	1.150	544	1.636	1.106	530	1.659	1.104	555
40 a 44 años	1.968	1.253	715	1.936	1.278	658	2.018	1.314	704	1.925	1.229	696	1.833	1.184	649	1.743	1.097	646
45 a 49 años	2.240	1.421	819	2.307	1.437	870	2.252	1.424	828	2.270	1.380	890	2.167	1.296	871	2.107	1.272	835
50 a 54 años	2.738	1.647	1.091	2.789	1.697	1.092	2.662	1.605	1.057	2.698	1.599	1.099	2.707	1.523	1.184	2.600	1.491	1.109
55 a 59 años	3.045	1.782	1.263	3.034	1.759	1.275	3.152	1.888	1.264	3.126	1.833	1.293	3.237	1.861	1.376	3.261	1.880	1.381
60 a 64 años	3.509	2.044	1.465	3.586	2.033	1.553	3.587	1.991	1.596	3.614	2.112	1.502	3.803	2.154	1.649	3.776	2.205	1.571
65 a 69 años	3.889	2.256	1.633	3.920	2.195	1.725	4.026	2.315	1.711	4.138	2.336	1.802	4.292	2.452	1.840	4.431	2.460	1.971
70 a 74 años	4.734	2.688	2.046	4.645	2.625	2.020	4.942	2.753	2.189	4.903	2.784	2.119	5.121	2.839	2.282	5.091	2.835	2.256
75 a 79 años	5.691	3.123	2.568	5.487	3.005	2.482	5.885	3.161	2.724	5.950	3.302	2.648	6.067	3.273	2.794	6.238	3.373	2.865
80 a 84 años	5.805	3.062	2.743	5.905	3.067	2.838	6.344	3.285	3.059	6.638	3.514	3.124	7.021	3.623	3.398	6.978	3.582	3.396
85 años y más	11.342	5.040	6.302	11.349	5.011	6.338	12.279	5.514	6.765	12.956	5.865	7.091	13.713	6.161	7.552	13.937	6.258	7.679
Edad Ignorada	78	55	23	82	50	32	89	61	28	117	59	58	50	31	19	50	30	20

Fuente: Registros Administrativos de nacimientos y defunciones 2008 - 2013

Tabla 1.1 Defunciones por edad y sexo

<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/diabetes-y-enfermedades-hipertensivas-entre-las-principales-causas-de-muerte-en-el-2013/> 01/06/2015

Como se puede observar, en la (Figura 1.1), el grupo más vulnerable de defunciones en los últimos años por diferentes causas son personas de la tercera edad gran parte se debe a que este grupo etario no tienen una oportuna atención o simplemente son abandonados a su suerte al no poder contar con un familiar que le brinde apoyo y ser responsable de su bienestar, en la actualidad podemos observar que la gran mayoría de adultos mayores vive en condiciones deplorables e inclusive en la mendicidad exponiéndose a muchos factores externos que día a día influyen en su estado de salud, estado de ánimo, estado psicológico, por esto y más razones los adultos mayores son candidatos potenciales en adquirir alguna enfermedad letal que puede complicar su estado de salud en forma silenciosa.

[2]Es importante mencionar que para mitigar todos estos desordenes de salud que van de la mano con la poca o casi nula atención médica, cuya consecuencia es que este tipo de pacientes no tenga una vejez digna, es tener una oportuna atención médica, ²por parte del gobierno central y autónomo durante los últimos años ha venido realizando una serie de campañas sobre una buena alimentación que consiste en un bajo consumo de carbohidratos, sales, grasas, y se consuma frutas, verduras, además es importante realizar actividad física al menos 30 minutos al día por lo menos tres veces a la semana, con la campañas de; Ecuador Ama la Vida, Te Queremos Sano Ecuador, las mismas que se están promocionando en las principales ciudades del Ecuador teniendo gran acogida como principal objetivo es incentivar educando y fomentando acciones de promoción de una vida saludable, con el fin de poder minimizar los riesgos de futuras enfermedades

especialmente en personas de la tercera edad ya que por su edad avanzada poca o limitada movilidad se convierten en un grupo vulnerable, esto obliga a que se tome mayores atenciones con un constante monitoreo de su estado de salud, el gobierno autónomo de Quito está poniendo mucho énfasis en este grupo de personas con la campaña 60 y piquito que no es más para ayuda al adulto mayor para lograr el buen vivir es menciona personas dándoles atención medica prioritaria, chequeos oportunos, paseos, charlas sobre la importancia de la salud.

Todos estos programas mencionados que están siendo realizados ya sean por el gobierno central o por el gobierno autónomo necesitan que por parte de todos los ciudadanos adoptemos una cultura de prevención, seamos voceros y socializadores de las diferentes campañas que se realizan ayudando a una mayor difusión de concientización de lo que significa contar con un buen estado de salud no solo físico sino mental, para lograr un mejor de estilo de vida en forma especial a los pacientes de la tercera edad mediante todo el apoyo anteriormente mencionado, aprovechar la era de la tecnología que en los últimos años ha sido de gran ayuda en diferentes ámbitos todo se lo puede hacer remotamente sin presencia humana existen en países desarrollados ya especialistas médicos que realizan operaciones de forma remota por medio del internet con equipos diseñados para estos fines existen sensores que están diseñados para ser utilizados como prótesis para la ayuda auditiva y visual, en fin estamos en la era del internet de las cosas eso debemos aprovechar para brindar ayuda social y coadyuvar al buen vivir.

De hecho se plantea aprovechar la tecnología que en estas últimas décadas ha impactado positivamente en varios ámbitos especialmente para temas de salud, gracias a sus continuos estudios e implementaciones con sensores inteligentes en diferentes tipos de pacientes en países más desarrollados; sin lugar a duda está impactando positivamente en el buen vivir de las personas.

A pesar de su explotación efectiva que se ha venido realizando en la última década con la tecnología y en especial con las redes de información alguna de ellas con ayuda de sensores, en países que han puesto énfasis contando con centros especializados, especialistas, que dedican todo su tiempo a dar soluciones que sirva de ayuda social,

apoyándose de muchas ventajas que brinda la tecnología han logrado tener éxito en implementaciones sistemas embebidos para lograr un monitoreo constante de diferentes tipos de valores del cuerpo humano; en el Ecuador su poco estudio ha limitado que haya un aporte más significativo que aproveche toda esta tecnología, poco a poco se está desarrollado temas de investigación con todo lo que abarca las redes de sensores, Telemática en el área de la salud, profesionales tanto de la salud como de sistemas computacionales se están preparando estudiando más a fondo de cómo aprovechar de una mejor manera la tecnología con la medicina y ser aporte esencial para ayuda de la sociedad.

Especialistas relacionados con la tecnología, investigadores de diferentes ciencias que son adeptos a estos temas, profesionales de la salud, científicos que estudian la biomedicina, e incluso estudiantes que gustan de este tipo de investigación y han dado aportes importantes ya sea desde una centro de investigación o poniendo sus investigaciones por el internet, todos ellos trabajando en sistemas embebidos para poder lograr monitorear el estado de salud de un paciente en busca de diferentes datos reales, todos estos estudios han llevado a la creación de un sin número de herramientas que con el apoyo de la tecnología ha sido uno de los principales pilares para este propósito, introduciendo, estudiando, haciendo uso las redes de información con ayuda de sensores creados para estos fines cuyo objetivo es tener una herramienta tecnológica que pueda trabajar en lugares no habituales sin la presencia del ser humano y en sus equipamientos tengan un mínimo consumo de energía para poder procesar, transmitir, visualizar toda la información que se considere necesaria.

En la actualidad en nuestro País no se cuenta con un conocimiento suficiente que permita realizar aplicaciones orientadas a un monitoreo del estado de salud de los pacientes si bien es cierto se han realizado un sin número de estudios tanto a nivel académico como a nivel estudiantil tratando de tener un monitoreo total del estado de salud de un paciente, sin embargo el interés mostrado por investigar una solución óptima y fiable está en proceso, hay aplicaciones demos, prototipos que se han desarrollado en algunas universidades que incluso han anexado a su malla curricular la materia de sistemas biomédicos, sistemas embebidos, es importante que todos estos estudios tengan un importante apoyo no solo a

nivel de universidad también deberían contar con un apoyo importante del gobierno central.

Uno de los centros de investigación interesados en incrementar los estudios de los sistemas biomédicos con un aporte significativo de la tecnología es el Yachay denominada como la ciudad del conocimiento, que no está escatimando esfuerzos para lograr un estudio mucho más ampliado en el área de la medicina con la tecnología con sensores biomédicos realizando congresos internacionales con diferentes invitados involucrados en la ciencia de las principales ramas que influyen en este tipo de investigación como médicos, ingenieros, matemáticos, estudiantes, es decir gente relacionada e interesada en investigar y desarrollar aplicaciones para ayuda médica, gran parte de esta investigación para ayuda social es la inclusión de sensores que han sido adecuados o construidos para satisfacer requerimientos específicos, en la actualidad contamos con sensores mucho más inteligentes, autónomos no necesitan la atención por parte del ser humano, son más pequeños pueden ser invasivos o no invasivos, económicos por su tamaño, el recurso o consumo de energía lo hacen mucho más eficientes.

Existen algunas aplicaciones que ya fueron desarrolladas con este fin en otros países mucho más desarrollados como el E-Doctor que su transmisión es muy limitada trabaja por medio de Bluetooth, Cardio Sentinal que es una aplicación para monitoreo remoto de señales cardiacas, el interés y el énfasis que se ha puesto en los últimos años para realizar aplicaciones médicas con la ayuda de la Tecnología, sensores, ha llevado a cabo que exista documentación necesaria que sirva como guía para la creación de diferentes sistemas médicos y poder servir como aporte en el estudio de estas aplicaciones.

²<http://www.desarrollosocial.gob.ec/ciudadania-ecuatoriana-acoge-positivamente-campana-por-el-dia-mundial-de-la-alimentacion/>

1.2 INTRODUCCIÓN

Las diferentes investigaciones realizadas acerca de las Redes de Sensores Inalámbricas WSN (Wireless Sensor Network) por su gran expansión se ha venido utilizando en diferentes campos; Como en la agronomía, campos militares, ganadería, avícola, domótica, trafico, etc. Cuyo objetivo es monitorear los diferentes fenómenos que suceden, de ahí determinar o tomar acciones dependiendo de los resultados obtenidos, para el caso de monitoreo en pacientes mediante sensores ya sean invasivos o no invasivos que se colocan en el cuerpo humano se lo conoce como BNS (Body Network Sensor) redes de sensores para el área corporal.

La redes de sensores para el área corporal (BNS) son cada vez más profundizadas sus diversos estudios han dado lugar a tener conocimiento mucho más claro de cómo se puede realizar un correcto monitoreo del estado de salud de un ser humano a su vez están emergiendo en la actualidad a gran escala siendo de gran ayuda en el campo médico obteniendo datos en línea, reales sobre todo con alta disponibilidad, un sin número de pruebas realizadas con la ayuda de sensores redes inalámbricas ya han sido realizadas, desde un monitoreo de la temperatura corporal, hasta sensores inteligentes que ayudan a un normal comportamiento de las personas que utilizan y se benefician de la tecnología muestra de ello es la construcción de un ojo humano mediante sensores que permite ver claramente simulando un ojo real, este tipo de prótesis ayudan a que el ser humano pueda gozar de una mejor calidad de vida.

Las redes de sensores inalámbricas por sus múltiples beneficios el interés de estudiar e integrar en sistemas embebidos enfocados en la medicina, se está poniendo más énfasis sus estudios cuyo fin es ayudar a un grupo mayoritario de personas, especialmente a los grupos etarios que por su poca movilidad y avanzada edad no pueden contar con una atención oportuna en los diferentes centros especializados de salud, por esta y muchas más necesidades se trata de optimizar y aprovechar de todas las ventajas que nos pueda brindar la Tecnología.

En la medicina tenemos muchos valores a sensor del cuerpo humano que son considerados como críticos al momento de evaluar a un paciente, estos datos se debe tener en cuenta para cualquier diagnóstico tornándose en un monitoreo proactivo donde el medico puede ver los valores que se están generando en línea sin necesidad de estar de manera presencial, además se debe considerar que hay aspectos principales y fundamentales a la hora de dar un diagnóstico de un paciente, estos son los signos vitales que por varias décadas han sido considerados como valores primordiales al momento de evaluar el estado de salud de un paciente ya que pueden dar una señal acertada de lo que está ocurriendo con el funcionamiento del cuerpo humano antes de dar un diagnostico basado en experiencia, síntomas y exámenes realizados.

Dentro de la clasificación de los pacientes existen diferentes grupos y deben ser clasificados al momento de realizar una evaluación de estado de salud ya que depende mucho de su edad, sexo, actividad física, alimentación, patologías, los grupos se puede considerar los siguientes; los neonatales, niños, adultos, adultos mayores, personas con enfermedades catastróficas, en esta clasificación superficial tenemos un grupo de pacientes que necesitan un cuidado mucho más personalizado por los diferentes motivos, edad avanzada, dificultad para moverse e incluso enfermedades degenerativas que necesitan ser atendidas de manera oportuna, este grupo etario de adultos mayores necesitan tener un mayor cuidado y una monitorización continua de los principales signos vitales.

En los Pacientes adultos mayores debido a su avanzada edad se le dificulta de sobremanera la realización de visitas periódicas a los centros especializados de salud por diferentes motivos mencionados anteriormente, por eso surge la necesidad de mantener un correcto monitoreo de los principales signos vitales, esto permitirá mantener controlado al paciente, así evitando futuras complicaciones en su estado de salud además de contar con estadísticas de sus diferentes valores, contar con un monitoreo continuo sobre el estado de salud garantizara una oportuna atención por parte del médico, evitando que su salud se vaya deteriorando, todo esto se lo realiza remotamente sin necesidad que el paciente que se está monitoreando asista a centros especializados de salud o a su vez el medico tenga que moverse.

Con el estudio y aplicación de las redes de sensores inalámbricos, la implementación de prototipos, pruebas experimentales realizadas a varios pacientes nos permitirá tener una idea mucho más clara de lo que se pretende monitorear que es este caso serán los principales signos vitales del adulto mayor como son; la temperatura corporal, el ritmo cardiaco, la presión arterial, todos estos valores que se están monitoreado mediante la BNS tienden a registrarse en sistemas diseñados específicamente para este fin.

Lo que busca las redes de sensores corporales, es que el especialista en la salud tenga a su disposición todos los valores sensados en línea con datos en línea, históricos de los valores obtenidos con lo cual puede formar un historial médico a nivel de signos vitales, el objetivo es que estos resultados sirvan de referencia y puedan ser sometidos a su respectivo análisis, todo esto sin importar el día y a hora es decir cuando el medico lo requiera puede conectarse por medio de internet mediante web o dispositivos inteligentes para tener una información en línea acerca del estado de salud del paciente, con todos estos valores que pueden ser visualizados en línea de manera remota en cualquier parte y desde cualquier lugar, el especialista de la salud puede realizar una evaluación efectiva de la condición actual del paciente con el fin de poder tratar de una mejor manera.

Al tener un sistema que permita realizar este tipo de monitoreo se trata de impactar positivamente en la calidad de vida de las personas de la tercera edad, ya que con una valoración oportuna que se la realice al paciente se puede evitar futuros inconvenientes e incluso evitar una muerte prematura, gracias a que se tiene datos en línea, el medico puede tener una visión clara de lo que está sucediendo con el paciente, por consiguiente podrá tomar acciones pertinentes, si es el caso de presentar valores fuera de lo normal el especialista de la salud puede realizar una valoración telefónica ya que dispondría de toda la información personal del paciente de ser necesario puede ser el medico se traslada al sitio donde se encuentra el paciente o solicitar un traslado de inmediato a un centro especializado de salud ya con conocimiento previo del estado de salud, este tiempo que se gana ya con una previa sintomatología la atención será mucho más oportuna y tratando la enfermedad desde la raíz del problema.

Las ventajas de utilizar un sistema enfocado al monitoreo de los principales signos vitales es que se pueden determinar muchos aspectos que beneficia e impactan de manera positiva al paciente entre ellos podemos mencionar; la reducción de costos (movilización, alimentación, tiempo) al no tener que asistir frecuentemente a un centro especializado de salud para realizar un análisis del estado de salud, exponer al paciente a peligros potenciales ya que por una avanzada edad se tiende a perder reflejos propios por la edad como consecuencia estar expuesto a cualquier inconveniente sin excluir pacientes con enfermedades catastróficas, al implementar un sistema con la ayuda de sensores que beneficie a este grupo etario habrá un sin número de beneficios palpables que podrá ser aprovechados sin salir de su sitio habitual.

Para la creación de un prototipo BSN para la toma de los principales signos vitales se ha realizado un estudio de todos los implementos que nos puedan servir para lograr que el objetivo y se pueda implementar de una mejor manera, en la actualidad existen una amplia gama de sensores accesibles, económicos, pequeños, inteligentes, sobre todo que se adaptan perfectamente a cualquier Hardware (microcontroladores), con protocolos de comunicación que trabajan en diferentes bandas que son libres para la comunicación inalámbrica, permitiéndonos establecer configuraciones sencillas y muy avanzadas “dependiendo el objetivo” con la ayuda de la programación se puede controlar, comunicar, direccionar y ahorrar la energía en los dispositivos a utilizar.

1.3 ALCANCE

El estudio y creación de éste prototipo será utilizado únicamente para la toma de los principales signos vitales como son; Presión Arterial, Ritmo Cardíaco y Temperatura Corporal, cuyo prototipo sea utilizado por personas de la tercera edad con poca o casi nula condiciones para moverse, para darle una mayor comodidad el dispositivo puede ser instalado en una silla de ruedas para una mayor movilidad, los datos obtenidos se los puede visualizar por medio de cualquier computador ya sea local o remoto siempre y cuando se disponga de internet así como también por medio de un dispositivo móvil que tenga conexión vía Wireless o plan de datos, ya que la aplicación web va estar alojada en un servidor de la nube.

El prototipo va ser utilizado por un solo paciente a la vez previo su registro y configuración para su utilización, la distancia para la movilización no debe ser más de 100 metros de línea de vista del dispositivo instalado en una silla de ruedas, el prototipo debe ser utilizado en el interior de la casa, evitando al máximo exponer a la intemperie.

Para el almacenamiento de los datos se considera un servidor local y para la visualización mediante el internet.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Realizar un prototipo para un sistema de monitoreo de los principales signos vitales, el cual permitirá el envío de datos de forma inalámbrica desde el paciente hasta un terminal de almacenamiento de datos donde se recolecta toda la información para su posterior visualización desde un terminal local o remoto, por medio de un computador o un dispositivo móvil, podemos ver toda la información del paciente, sus principales signos vitales incluidos el valor de la glucosa que es un valor que ingresa el paciente manualmente.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Conocer las características, funcionamientos de sensores, microcontroladores, protocolos y dispositivos de comunicación que son aplicados en el campo de la medicina.
- Estudiar más a fondo la tecnología de Redes con sensores.
- Estudiar los principales signos vitales del cuerpo humano, características y valores considerados dentro del rango normal.

- Revisar los aspectos relevantes de los valores monitoreados y sus principales signos vitales del paciente adulto mayor.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Poder contar con acceso a los servicios de salud en la actualidad se torna complicado por su gran demanda en la población, podemos observar en los diferentes centros de salud, hospitales y clínicas privadas que se encuentran abarrotadas de pacientes por diferentes causas, sea por atención de emergencia o simplemente para evaluar su estado de salud, ya que los médicos recomiendan por lo menos dos veces al año realizarse un examen completo para evitar posibles enfermedades y alertar de manera temprana cualquier inconveniente con el estado de salud.

Para poder contar con dichos servicios en ocasiones los pacientes adultos mayores tienden a recorrer grandes distancias sin contar por su gran dificultad de movilización es una verdadera odisea lograr ser atendidos por el personal especializado de la salud, además si se toma en cuenta la insuficiencia en la disponibilidad de los turnos que emiten estos centros de salud públicos para atender a toda una población provoca que muchos necesiten madrugar para obtener uno de estos cupos, todo esto en caso de unidades de salud con sistemas de gratuidad ya que la mayoría de la población por escasos recursos económicos se ven obligados a estar a despensas de mencionados centros, esto también cuenta para pacientes que tiene un seguro de salud obligatorio, para el caso de sistemas privados si bien es cierto hay más disponibilidad de cupos, uno de los principales obstáculos que ven este grupo etario de pacientes adultos mayores es los costos ya que la mayoría de adultos mayores no cuenta con un ingreso fijo o con una jubilación digna que pueda solventar una adecuada atención médica, sin contar con la dificultad para moverse a pesar de existir una gran cantidad de centros de salud distribuidos estratégicamente por diferentes sectores de la ciudad de Quito, todo esto conlleva a que el adulto mayor no ponga interés en su estado de salud.

Todas estas problemáticas afectan principalmente a las personas de edad avanzada, gran mayoría de este tipo de pacientes padecen problemas de memoria, problemas en los

huesos como osteoporosis, artritis, desgaste de los músculos por su edad avanzada, enfermedades degenerativas como el Alzheimer, inclusive enfermedades catastróficas que van mermando su estado de salud.

Si nos ponemos analizar este grupo mayoritario que se encuentra vulnerable en muchas ocasiones es privado de recibir la atención adecuada, oportuna y como reflejo se tiene una calidad de vida deficiente acompañada de un sin número de enfermedades nuevas y robusteciendo las actuales por el simple hecho de no contar con una adecuada atención proactiva ya que no son controlados con una regularidad por un especialista de la salud quien pueda determinar y controlar todo lo que aqueja un paciente de las características antes mencionadas.

Al analizar con detenimiento la edad de estas personas y los problemas de salud que los aqueja, no les permite exponerse a este tipo de situaciones al no contar con una atención personalizada, oportuna, pueden agravar su estado de salud por ende ponen en riesgo su vida, si no se controla la sintomatología de una manera adecuada se reflejara en su estado de salud tanto física como emocionalmente, al no tener una atención regular con el paciente como resultado podemos tener un desgaste de su salud, que no solamente afectara a su estado físico también afectara a su estado de salud de manera psicológica ocasionando que se sientan desmotivados anímicamente y no puedan disfrutar, contar con una vejez con dignidad.

Por los inconvenientes antes mencionados se busca como solución aplicar todos los estudios realizados en la tecnología especialmente el de las redes de sensores inalámbricas, y con esto coadyuvar la interacción médico con el paciente de manera oportuna realizar valoraciones remotas sin estar un médico presente, con el fin de lograr tener una atención personalizada sin necesidad de salir de su habitación evitando hacer esfuerzos que a esa edad se convierten en una carga muy difícil de soportar.

Por tanto una investigación enfocada al monitoreo de los principales signos vitales del paciente adulto mayor mediante las redes de sensores inalámbricos permitirá que dicha

atención sea más oportuna, proactiva y con disponibilidad e integridad de los datos dicha aplicación podrá ser utilizada cuando el paciente o el medico lo requiera.

El paciente que cuente con un correcto monitoreo de los principales signos vitales puede asegurar que su calidad de vida sea mejor, con la ayuda en este tipo de aplicación el médico puede alertar de actuales y futuras enfermedades, de ahí partir para un correcto tratamiento a seguir y si se diera el caso con valores anómalos enfocarse en su correcto tratamiento con el simple hecho de poder contar con una aplicación diseñada para este fin, con el correcto monitoreo de los signos vitales el médico puede contar con valores para su análisis tanto históricos como en línea de cualquier paciente que así lo requiera.

Es de suma importancia controlar regularmente los principales signos vitales de los pacientes y con mucha más razón si se tiene indicios de enfermedades relacionadas con estos signos, es indispensable que este grupo etario que son los más vulnerables sean sometidos a un constante monitoreo y un oportuno tratamiento, y es así que al poder contar con una aplicación que facilite la toma correcta de los principales signos vitales, el médico llevara a cabo una evaluación oportuna sin la necesidad de que el paciente tenga que visitarlo, todo esto se realizara de manera remota con disponibilidad, seguridad e integridad de datos, que garantiza que la información que está visualizando el médico corresponde a los del paciente, de esta manera como objetivo principal es prevenir muchas enfermedades inclusive la muerte temprana si no se tiene una atención oportuna.

Para realizar una aplicación que satisfaga las necesidades anteriormente mencionadas con un correcto enfoque de investigación se llegara a una demostración de cómo es el funcionamiento de una aplicación diseñada para utilización en el campo médico, para llegar a la obtención de los datos se propone realizar la comunicación mediante motas o nodos sensores, con la ayuda de los microcontroladores, sensores colocados en los lugares estratégicos del paciente para obtener los valores solicitados, el paso de datos será por medio de dispositivos inalámbricos hasta alcanzar la estación de trabajo denominada como estación base donde se almacenaran todos los datos acerca del estado de salud del paciente con los principales valores de los signos vitales.

La información que recibe la estación base será la encargada de recolectar, almacenar y entregar toda la información de los valores que se están sensados, misma información que a su vez será confiable, íntegra, oportuna, para lo cual el aplicativo garantiza al médico los datos observados son del paciente que se está monitoreado con sus respectivos valores, además el paciente puede ingresar un valor considerado como importante que sirve de ayuda al médico para tener un mejor panorama del estado de salud del paciente ya que la mayoría de este tipo de pacientes que pertenecen al grupo de la tercera edad sufren de una enfermedad mortal como es la diabetes cuando no hay un control adecuado de esta enfermedad los valores de los signos vitales tienden a variar constantemente por una deficiencia de transporte de azúcar en la sangre, al poder ingresar el valor obtenido de la toma de la glucosa el especialista de la salud va tener un mejor panorama, con este valor se puede dar un mejor diagnóstico acerca del estado de salud.

CAPITULO 2

REDES DE SENSORES INALAMBRICAS

2.1 INTRODUCCION

Las WSN (redes de sensores Inalámbricas llamadas así por sus siglas en inglés “Wireless Sensor Network”), diversos estudios realizados determinan que tuvieron sus orígenes por los años 90’s específicamente por necesidades militares ya que ellos buscaban tener información confiable e integra sin necesidad de tener acercamientos con los considerados enemigos, el objetivo era no ser visualizados evitando de esta manera exponer sus vidas contribuyendo a sus estrategias militares, de ahí la necesidad para que se realicen varios estudios con sistemas de sensores mediante la comunicación inalámbrica que cumpla como principal objetivo tener información al enemigo sin necesidad de ser vistos, el resultado de este estudio llevó a construir sistemas diseñados para detección de submarinos, tanques con detención de proximidades, posicionamiento del enemigo con la ayuda de sensores detectores de sonidos, proximidad que por obvias razones la Armada de los Estados Unidos de Norte América DARPA construía para su uso.

[6]La tecnología de redes de sensores inalámbricas han tenido un crecimiento notable en los últimos años, de ahí la necesidad de realizar varias estudios para encontrar un medio de comunicación fiable, seguro, económico, que satisfagan mencionados requerimientos, varios estudios realizados a lo largo del tiempo en sus primeras pruebas realizadas tomando en cuenta diferentes medios de comunicación como; El infrarrojo llegando a determinar que por este medio utilizado su comunicación era muy limitada ya que no tenía mucha distancia de propagación para emitir señales, otro medio importante para su época era con comunicaciones punto a punto el WPAN, sin embargo no cumplía con las necesidades que satisfaga el alcance requerido, en la actualidad existe redes de corto alcance con multi conexión el popular Bluetooth, para comunicación con múltiples saltos tenemos ZigBee, WI-FI, WIMAX, y GPRS en celular, todos estos mencionados como

aporte para la tecnología inalámbrica en la (Tabla 2.1) podemos observar la comparación entre las diferentes tecnologías inalámbricas así como sus ventajas y desventajas.

	WiFi	Bluetooth	ZigBee
	DSSS (direct sequence spread spectrum)	FHSS (frequency hopping spread spectrum)	DSS (direct sequence spread spectrum)
Velocidad	54 Mbps	1 Mbps	250 Kbps
Latencia	Up to 3 s	Up to 10 s	30 ms
Tipo de datos	Video, audio, gráficos	Audio, gráficos	Pequeños paquetes de datos
Alcance	100 m	10 m	70 - 100 m
Expansión	Roaming	no	si
Duración Batería	12 y 48 horas	1 semana	100 - 1000 días
Complejidad	complejo	muy complejo	sencillo
Aplicación Principal	WLAN	WPAN	Control y monitorización
Memoria Necesaria	1 MB +	250 KB +	4 KB - 32 KB
Parámetros importantes	Velocidad y flexibilidad	Costes y perfiles de aplicación	Fiabilidad, bajo consumo y bajo coste
Ventajas	La tecnología WiFi es compatible en cualquier parte del mundo	Es una tecnología barata su interferencia es muy baja	-Es una tecnología barata y compatible con otras redes -Bajo consumo de Energía
Desventajas	Menor velocidad de transmisión si se compara con redes cableadas	Tiene un consumo excesivo de energía cuando está en modo visible	Baja velocidad de transmisión

Tabla 2.1 Comparación entre tecnologías Inalámbricas

Las redes de sensores inalámbricas también están enmarcadas en las llamadas inteligencia ambiental que consiste en el uso de una serie de objetos de uso cotidiano con cualidades interactivas, no invasivas ya que por el gran interés en el estudio de esta tecnología en las últimas décadas, se han convertido en una opción viable para ayuda de toma de mediciones en diferentes campos como (ganadería, hidrología, medicina, domótica, semaforización, etc.), dado que por diferentes motivos se complica realizar monitoreo asistido con la presencia del ser humano, por su entorno inaccesible, entornos inhóspitos, lugares con poco acceso, se dificulta realizar constantes mediciones, monitoreo, las redes de sensores inalámbricas se ha convertido en una buena opción para obtener toda

la información deseada sin estar expuestos a los obstáculos que por diferentes causas como los anteriormente mencionados se dificulta tener un correcto monitoreo, cuando se tiene un correcto sistema de monitoreo que implica tener una correcta clasificación de los nodos sensores, adicional contar con un sistema de comunicación adecuada, de ahí es tomada la opción de las redes inalámbricas que son de gran ayuda para este tipo de sensados, una de sus principales características es tener una mayor cobertura e integración de varios protocolos de comunicación que pueden ser utilizados a conveniencia, de ahí que con la ayuda de las redes inalámbricas se convierte es una opción viable para cumplir con los objetivos propuestos.

2.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Las redes de sensores inalámbricas nos ayudan a monitorear por medio de sensores, microcontroladores, dispositivos de comunicación inalámbrica, sin necesidad previa de una infraestructura ya que son redes que pueden funcionar como Ad-Hoc y con gran autonomía, este tipo de redes se encargan de realizar una actividad concreta y previamente definida, el principal objetivo de este tipo de redes de sensores con comunicación inalámbrica, es la recolección, almacenamiento, envío de datos que se están monitoreando hasta llegar a una estación base donde se almacenan y extraen los datos generados.

Entre las principales características podemos mencionar que por su bajo consumo de energía, independencia y dependiendo del tipo de la red de sensores que se vaya a monitorear, los nodos sensores pueden tener mucha cobertura, existen nodos sensores que pueden ser prácticamente indetectables que son utilizados para el estudio e implementación de la nanotecnología, los nodos con redes de sensores son desatendidas lo que quiere decir que no necesitan intervención humana solamente al momento de realizar una primera intervención para su configuración y parametrización, este tipo de redes de sensores pueden ser configuradas dependiendo su necesidad esto quiere decir que de existir nuevas necesidades para monitorear basta con aumentar o reducir sus nodos sensores, la comunicación inalámbrica es segura, fiable, dependiendo su fin la batería de los nodos puede durar por muchos días incluso años, como una desventaja podemos mencionar que un nodo sensor tiene muy limitada su capacidad de procesamiento y memoria, de ahí la

necesidad de tener un almacenamiento centralizado para poder minimizar esta debilidad que se tiene en este tipo de redes en especial en sus nodos que son utilizados para la transmisión de los valores que son monitoreados.

2.3 APLICACIONES DE LAS REDES DE SENSORES INALÁMBRICAS

Las redes de sensores inalámbricas, en los últimos años se han convertido en un campo de estudio y aplicación muy solicitado por científicos, estudiantes, profesionales de distintas áreas por sus diferentes utilidades y beneficios, de ahí que se ha venido realizado un sin número de aplicaciones que son usadas en diferentes campos para obtener la toma de valores a los que son sometidos, de tal manera conocer de una mejor perspectiva del fenómeno que se produce el objeto que se expone a un constante monitoreo, este campo de estudio ha venido ganando interés de a poco en especial en el campo de la medicina por la gran ayuda social que esto conlleva mediante este tipo de estudio, cuyo enfoque es la posibilidad de no solo monitorear los valores del cuerpo humano si no también que se está profundizando los estudios para que las redes de sensores pueda alertar de futuras enfermedades catastróficas esto con la ayuda de la nanotecnología por medio de micro sensores colocados en el cuerpo humano de manera invasiva.

El estudio de las redes de sensores inalámbricas se ha dado por el gran interés de investigar y desarrollar en esta tecnología inalámbrica, con la ayuda de los sensores han alcanzado un gran crecimiento en los últimos tiempos contando con varias posibilidades de aplicación en diversos campos, las redes de sensores inalámbricas se han convertido en la mejor opción para solventar las diferentes necesidades para conocer cómo actúa el ente al que se está monitoreando, inclusive se puede llegar a monitorear de una sin número de entes de forma conjunta para conocer sus actividades y reacciones, lo más importante es que puede existir movilidad.

[4]Como podemos ver en la (Figura 2.1) acerca de las aplicaciones de las redes de sensores inalámbricas, las mismas que realizamos una breve descripción a continuación:

- **Entornos con alta seguridad:** donde su acceso debe ser controlado para prevenir ataques paramilitares, terroristas, en edificios del estado, campamentos militares, aeropuertos, embajadas, por medio de redes de sensores se puede determinar aproximaciones de los anteriormente mencionados.
- **Entornos ambientales:** Para determinar inundaciones, incendios, deslaves, erupciones volcánicas, sismos, terremotos, esto ayuda a expertos a diagnosticar y prevenir de manera oportuna, todo esto con la ayuda de nodos sensores, redes inalámbricas. configurados para alertar cualquier anomalía.
- **Domótica:** Su aplicación busca como objetivo tener edificios inteligentes que controlan desde los ingresos autorizados, control de iluminación, ventilación, servicios centralizados, de casas y departamentos, con el fin de optimizar recursos por medio de sensores de movimiento determinar si una habitación necesita más iluminación sonido, etc.
- **Medicina:** Las redes de sensores inalámbricas en la medicina se ha convertido en un campo comprometedor de estudio, en especial porque se puede monitorear y controlar enfermedades previamente detectadas, al garantizar un control proactivo se garantizara que el paciente cuente con una mejor calidad de vida.

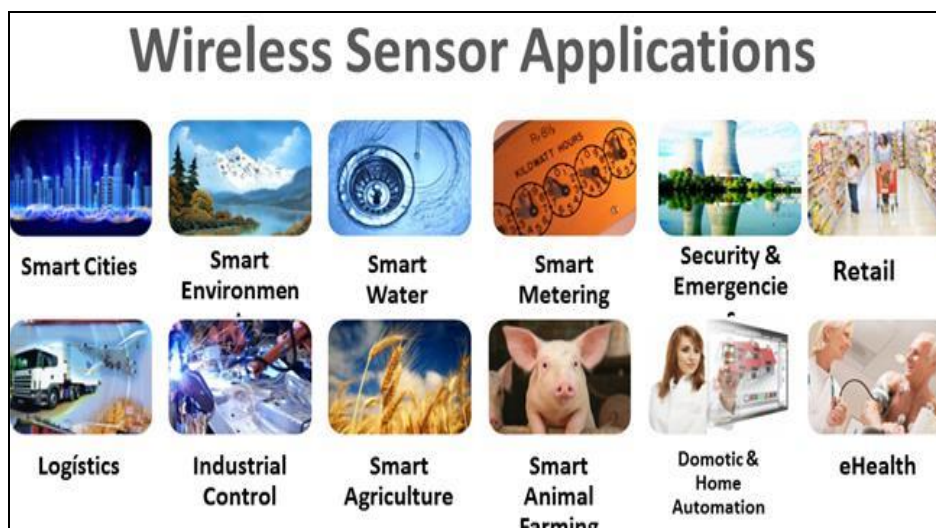


Figura 2.1 Aplicaciones de la WSN
<http://wsn.vatia.es/> 26/06/2015

En los campos mencionados se han realizado muchos estudios con el fin de seguir implementando y mejorando actuales y futuras aplicaciones, que puedan llegar a satisfacer los objetivos que con ellos se buscan, al momento de realizar una red de sensores inalámbricos, con el gran crecimiento que se tiene en la actualidad en el campo de la tecnología, es posible facilitar, optimizar, recursos necesarios para obtener resultados fiables precisos de forma inmediata, con la ayuda de las “Wireless Sensor Networks”, se ha llegado a optimizar tiempos en la obtención de datos, ahorro de mantenimiento por intervención del ser humano y lo más importante no exponerse a condiciones poco fiables, considerando que estos dispositivos mantiene una gran autonomía y casi nada de mantenimiento es decir son desatendidas.

Gracias al desarrollo y al estudio de aplicaciones predecesoras se ha podido tomar como una base inicial para aplicar futuras mejoras a las aplicaciones existentes con el fin de buscar nuevos valores que complementen todos los estudios antes realizados, tener mucha más presión, buscar nuevos entes de monitoreo y sensado, mejorar las distancias de transmisión, tener nodos sensores mucho más inteligentes que sean más autónomos y sobre todo que la información siga cumpliendo con parámetros de confidencialidad para evitar que dicha información sea interferida y se dé un mal manejo.

2.4 ARQUITECTURA DE LAS REDES DE SENSORES INALAMBRICAS

Entre los principales elementos que se consideran al momento de realizar un diseño e implementación, es la arquitectura de red estas son estándares ya sea para redes cableadas o inalámbricas, se tiene que tomar en cuenta la arquitectura que se va a utilizar, entre los demás elementos a considerar mencionamos los siguientes:

- Sensores
- Nodos (Motas)
- Gateway
- Estación Base

2.4.1 Sensores

Los sensores son los encargados de sensar (parte fundamental de un monitoreo) algún elemento que por diferentes motivos se requiere tener información, los sensores forman parte importante de las motas o nodos sensores los mismos están compuestos por elementos electrónicos capaces de enviar toda la información recogida en señales eléctricas por medio de equipos alámbricos o inalámbricos, existe una gran variedad de sensores tanto digitales como analógicos, estos sensores están diseñados para el sensado de varios entes como son; la temperatura, presión, contacto, corriente, infrarrojos, posición de un objeto, en fin; están creados y diseñados para abarcar varios campos de uso, dependiendo el uso y su precisión varía en su precio, en la (Figura 2.2) podemos visualizar algunos tipos de sensores electrónicos que en la actualidad están en uso por su gran utilidad, dada la gran demanda y por diversas necesidades se están produciendo sensores con muchas más características con mejoras en exactitudes de tomas de sensado y por la gran utilidad los sensores del futuro, su tendencia va ser bien marcada a la ayuda de la nanotecnología donde se va a poder palpar una notable reducción de tamaños.

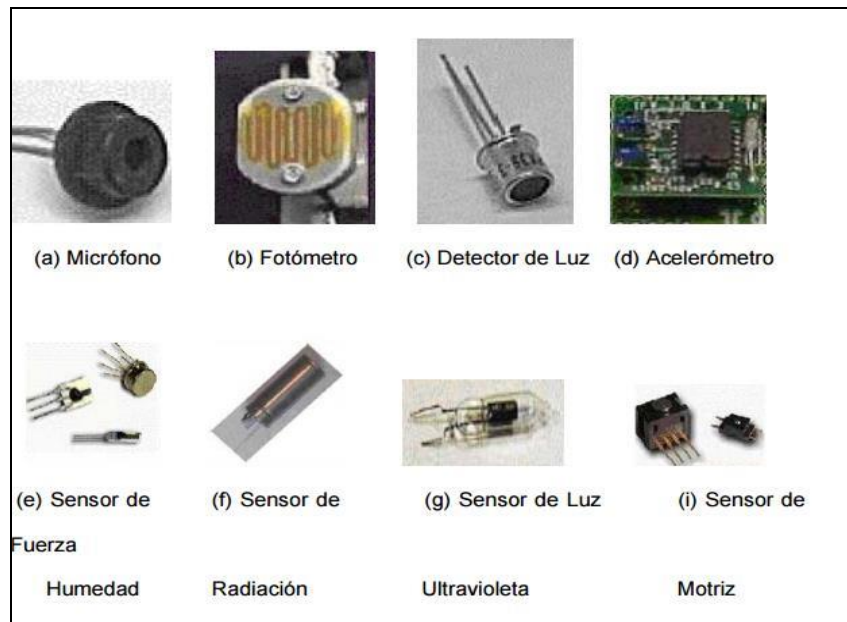


Figura 2.2 Tipo de Sensores

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/tapia_z_jl/capitulo2.pdf 26/06/2015

2.4.2 Nodos (Motas)

Los nodos sensores o motas constituye una parte principal del sistema de monitoreo, su construcción está basada mediante microcontroladores que son capaces de soportar tanto sensores análogos, digitales, dependiendo cual sea su requerimiento, disponibilidad se puede utilizar uno u otro sensor creados para medir determinado fenómeno, como temperatura, movimientos sísmicos sonido, campos magnéticos, existen tipo de sensores que pueden trabajar en temperaturas consideradas como límites.

Por su gran versatilidad se pueden utilizar diferentes tipos de sensores como digitales y analógicos para la interconexión con los nodos sensores, sin embargo hay que tomar en cuenta a la hora de implementar, que sensor utilizar dependiendo la necesidad ya que se pueden limitar por condiciones físicas y económicas.

Un nodo sensor se encarga de tomar los datos y transmitirlos de manera inalámbrica ya que cuenta con un medio de transmisión y los envían a una estación base de mucho mayor poder computacional que los nodos sensores, también podemos mencionar que los

los nodos sensores gestionan el acceso al canal inalámbrico y son los que se encargan de enfrentar muchos inconvenientes, como interferencia pérdida de paquetes, etc. esto conlleva a un consumo de energía excesivo, por ende una reducción de vida útil del dispositivo, existen dos clases de nodos sensores como nodos activos son los encargados de medir obtener los resultados de lo sensado y actuar, los nodos pasivos son los encargados de transmitir, almacenar los valores obtenidos, actúan como concentradores de datos.

Un punto importante a considerar al momento de implementar un nodo sensor, es la energía que va a ser utilizada por los nodos sensores, en la (Figura 2.3) podemos observar un ejemplo de un nodo sensor listo para instalarse en un ente a ser medido, los nodos sensores son de un gran uso ya que proporcionan el seguimiento de los objetivos tanto estáticos como móviles, sin embargo hay que tomar en cuenta el consumo de energía que va a utilizar un nodo ya que al momento de administrar el consumo esto se torna en un punto débil y por ende puede llegar a ser muy crítico, la mayoría de estos nodos son alimentados por baterías que pueden ser recargadas durante cierto tiempo o las baterías que se recargan con luz solar, las funciones a ser utilizadas en estos nodos son; el sensado, el procesamiento y la comunicación, existen en la actualidad equipos modernos que trabajan con ahorro de energía (standby) es decir que cuando se lo requiere se activa ya sea para sensar, comunicar o procesar.



Figura 2.3 Nodos (motas)
<http://blogs.heraldo.es/ciencia/?p=980> 12/10/2015

2.4.3 Gateway

Los Gateway son los que permiten la conexión entre la red de sensores con una red TCP/IP, también son los encargados de administrar la red inalámbrica y los datos que son agregados desde los nodos hacia una estación base, los mismos que registran y ponen a la disposición del resto del sistema, estos equipos trabajan al nivel más alto de las capas del modelo OSI y se encargan de realizar la conversión de los protocolos para la interconexión e incluyen los 7 niveles del modelo OSI a pesar de que estos equipos son más caros que un Router o un Bridge se pueden utilizar como dispositivos universales para la integración de redes de diferentes tipos, en la (Figura 2.4) podemos observar un modelo que es comúnmente utilizado en redes de sensores.

Los Gateway a diferencia de los Router o los Bridge tiene mayores capacidades ya que no solo ya que asegura que los datos que son transportados sean compatibles con los de otra red y arquitectura, los Gateway se convierte en un punto único de acceso a la red es el que permite tomar datos y los comandos de las redes de sensores inalámbricas del protocolo estándar o nativo como el ZigBee para su posterior conversión en TCP/IP para que el cliente puedan visualizar por medio de internet los datos enviados, como características podemos mencionar que el Gateway permite reutilizar tecnología existente ya que cuando realiza una integración la configuración o parametrización se lo realiza en una sola máquina y no es necesario modificar el software de las WSN ya que previamente fueron instaladas y configuradas, como principal inconveniente tenemos es el desbalanceo de cargas ya que gran cantidad de datos debe ser enviado desde y hacia un Gateway lo que significa que los nodos sensores cercanos van a tener un alto consumo de energía, cuando un Gateway sufre algún daño y dado que es un único punto de salida las redes de sensores inalámbricas pierden conexión con las redes TCP/IP ya que todas las conexiones están dadas por un solo Gateway por eso generalmente se recomienda que cuando se utilice este tipo de equipos se considere otro equipo configurado con similares características para que haya redundancia y no se vea afectada la comunicación en caso de existir algún daño.



Figura 2.4 Gateway IEEE 802.15.4 de 2.4 Ghz

<http://www.ni.com/wsn/whatis/esa/> 02/07/2015

2.4.4 Estación Base

Una estación base es la que se encarga de centralizar los datos que son enviados por los nodos sensores para que puedan ser visualizados o consumidos de acuerdo a su necesidad los mismos también pueden enviar esta información a un servidor central, una estación base puede contar con una réplica de su base de datos como contingencia en caso de algún daño en su base principal, también se le puede configurar si es necesario para que presente los datos mediante una interfaz de usuario que previamente está construida para este fin, una estación base se la puede configurar como cliente/servidor, cuando los datos son recibidos por la red de sensores inalámbricas se lo puede revisar desde un punto local o puede enviar hasta un servidor centralizado de información la cual puede ser visualizada desde el internet a través de diferentes dispositivos como Computadoras, Tables, Smartphone, en la (Figura 2.5) podemos observar un ejemplo de cómo es su funcionamiento.

Una de las ventajas de una estación base podemos mencionar que se puede programar para visualizar lo que se necesita estrictamente, es decir no es necesario tener toda la información proporcionada por la red, en muchas ocasiones una estación base es utilizada como un servidor centralizado de información con el fin de evitar realizar tantos saltos para obtener la información necesaria, si necesitamos realizar un monitoreo con difícil acceso como por ejemplo ver el comportamiento de un glaciar se tiende a tener una estación base

que sea la que recolecte la información para su posterior envío a una SNS (Server Network Sensor).

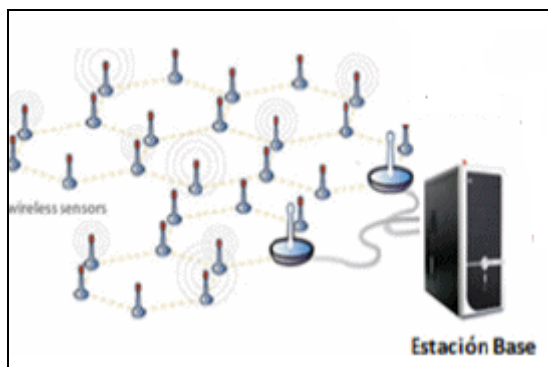


Figura 2.5 Estación Base de WSN

<http://www.ni.com/wsn/whatis/esa/02/07/2015>

Adicional podemos mencionar que una parte importante de los elementos de las redes de sensores inalámbricas que se debe considerar al momento de implementar el transporte de información son los protocolos de comunicación, comúnmente para este tipo de implementaciones y monitoreo se utiliza el protocolo ZigBee la misma que está basada en el estándar 802.15.4.

En conclusión no necesariamente estos recursos son fundamentales al momento de diseñar un modelo a construir para el monitoreo, para construir una red de sensores inalámbricas (nodos, sensores, estaciones base), hay que tomar en cuenta las métricas para valorar una red de sensores al momento de ser implementada como es el tiempo de vida, costo, tiempo de respuesta, la precisión de la medición, el tamaño la energía, duración y su flexibilidad.

2.4.5 Arquitectura Redes de Sensores

Dentro del estudio de las redes de sensores inalámbricas podemos mencionar que existen dos tipos de arquitecturas de red comúnmente utilizadas la cual se describen a continuación:

- Centralizadas
- Distribuidas

³Las arquitecturas centralizadas trabajan de forma individual cada nodo sensor se encarga de enviar su información por medio de un Gateway, hasta llegar a una estación base, el principal inconveniente de este tipo de arquitectura es que reduce el tiempo de vida de la red y provoca un cuello de botella en su puerta de enlace de salida y demanda mucho más consumo de energía

Mientras que la arquitectura distribuida ejecutan algoritmos de comparación de respuestas es decir compara si un valor sensado es igual a otro lo depura y solo envía una sola petición hasta la estación base, con el fin de evitar el consumo excesivo de energía al utilizar esta arquitectura reduce al máximo el cuello de botella que se genera en la puerta de enlace como consecuencia alarga el tiempo de vida útil de la red, como principal desventaja a la hora de utilizar una arquitectura distribuida podemos experimentar una latencia elevada y la entrega de los datos enviados sufrirán un retraso pronunciado.

Como podemos visualizar en la (Figura 2.6) se describe como están conformando cada modelo de arquitecturas anteriormente mencionadas (Centralizadas y Distribuidas) de las redes de sensores inalámbricas, cabe mencionar que dependiendo la necesidad, tomando en cuenta los costos que demanda una u otra arquitectura con su respectiva precisión de datos que se van obtener, pueden ser utilizadas una de las dos.

³<http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>

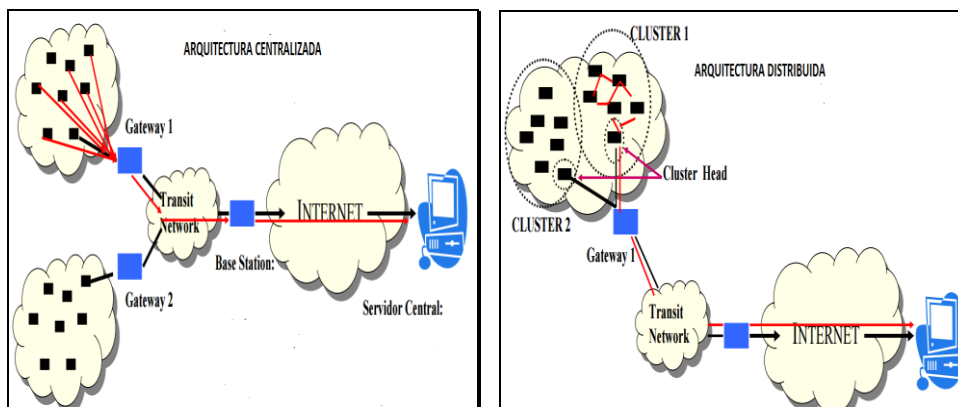


Figura 2.6 Arquitectura Centralizada y Distribuida

<http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2982/pfc4411.pdf?sequence=1> 26/06/2015

En la (Figura 2.7) podemos observar con mayor detalle una breve descripción de los elementos básicos de una red con sensores inalámbricas, en la que constan y se detalla todos los equipos que son necesarios a su vez encargados de interactuar con los diferentes dispositivos como los anteriormente descritos (Sensores y Nodos, Gateway, Estación Base), todos estos equipos en conjunto conforman una Red de Sensores Inalámbricos, que busca como principal objetivo tener una información rápida oportuna e integra de un objeto a ser sensado, los valores pueden ser visualizados localmente con una estación base o con un servidor de aplicación que al momento de publicar estos datos por medio del internet su acceso y consulta se lo puede hacer remotamente mediante la publicación de la aplicación dependiendo cual sea su necesidad principal.

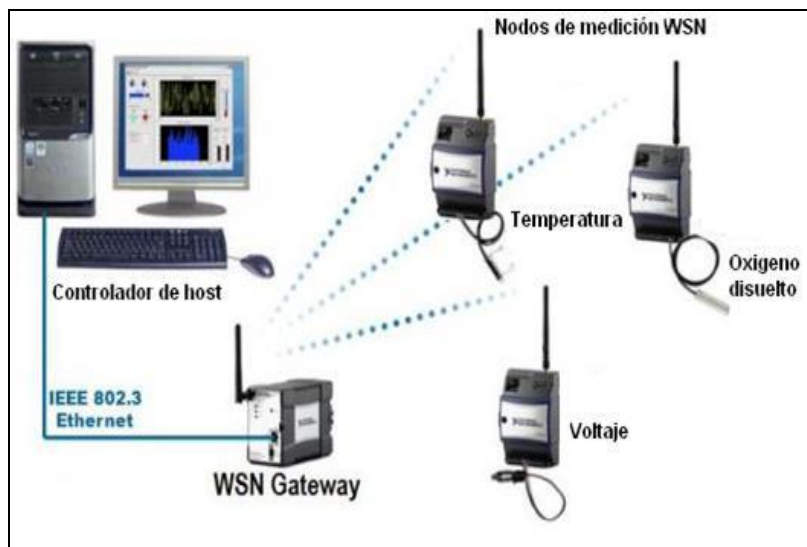


Figura 2.7 Funcionamiento de las WSN

[http://anacristina-redessensoresinalambricos.blogspot.com/ 26/06/2015](http://anacristina-redessensoresinalambricos.blogspot.com/26/06/2015)

2.5 TOPOLOGIA DE LAS REDES DE SENSORES INALAMBRICAS

Dependiendo de las necesidades, redundancia, efectividad, seguridad, disponibilidad e integridad de los datos que se necesita obtener por una red de información, también se tiende a considerar mucho el tiempo de entrega de un paquete ya que juega un papel muy importante al momento de escoger una topología, para las WSN se utiliza el mismo criterio de comunicación, pero tomado en cuenta y considerando el espacio del lugar donde se encuentra el objeto que va a ser sometido a un monitoreo constante, los accesos físicos juegan un papel importante para decidir que topología utilizar así como los costos y beneficios que conlleva, para tener una correcta implementación de una red de sensores inalámbricos.

Existen tres tipos de topología que son las más conocidas y utilizadas cuando se trata de construir una red de información también se pueden utilizar para redes de sensores a continuación se describen cada una de ellas:

- Estrella
- Malla

- **Árbol**

2.5.1 Topología en Estrella

La topología es estrella es la más básica ya que cada nodo tiene una sola dirección (mono salto) hacia el Gateway o a la Estación Base, es una topología simple pero como condicionante se tiene que es muy limitada el rango a cubrir de la red, usualmente están a una distancia de 30 a 100 metros, por consiguiente la topología en estrella siguen siendo las más sencillas y de baja potencia.

2.5.2 Topología en Malla

La topología en Malla es considerada un sistema de múltiples saltos a la vez, es decir un nodo trabaja como Router y cada uno de ellos puede enviar y recibir información entre nodos puede intercambiar mensajes hasta llegar a la puerta de enlace.

Este tipo de topología se utiliza por que tolera fallos es decir los diferentes nodos tiene diferentes caminos para llegar hacia el destino, si se llega a dañar un nodo transmisor es configurable para tomar otra ruta alterna logrando así una alta confiabilidad de entrega de los datos, como desventaja podemos mencionar el incremento de la latencia debido a los múltiples saltos que tiene que dar hasta llegar a su objetivo final.

2.5.3 Topología en Árbol

La topología de Árbol o también conocida como clúster este tipo de arquitectura de topología es mucho más compleja cada nodo mantiene un solo camino hasta llegar al a la puerta de enlace, pero pueden usar otros nodos para llegar al objetivo, es decir si un nodo de estos falla los demás nodos no saben por dónde transmitir ocasionado así la perdida de la información porque no pueden llegar hasta la puerta de enlace hasta que sea reparado o sustituido no conocen otra ruta aparte de la que está definida, en la figura (Figura 2.8)

podemos visualizar como trabaja cada una de las diferentes topologías mencionadas y se describe de manera gráfica como es su funcionamiento.

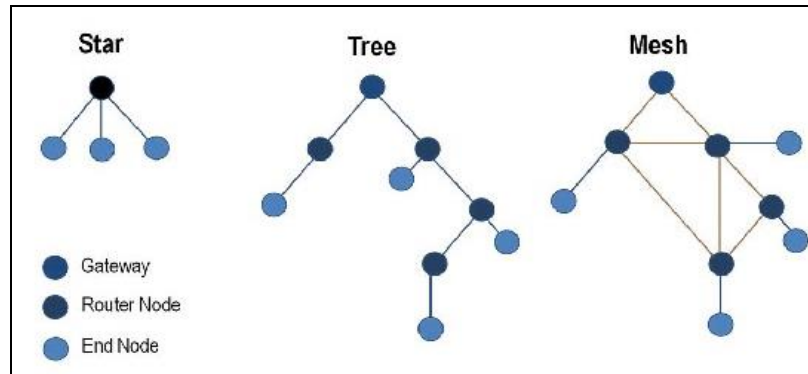


Figura 2.8 Topología para redes

<http://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE> 15/08/2015

2.6 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Existen una variedad de protocolos para la comunicación inalámbrica entre los más populares tenemos el WI-Fi- Bluetooth, Infrarrojos, siendo estas opciones muy conocidas y de mucho uso para redes de información, para conexiones a redes de sensores da muchos inconvenientes por sus diferentes limitaciones por eso es que se ha llevado a cabo el estudio y la construcción del estándar para este tipo de comunicaciones inalámbricas es el caso del estándar Zigbee que trabaja bajo una arquitectura de comunicación de capas que brinda servicios para trabajar en capas superiores.

Las comunicaciones inalámbricas están ganando gran espacio a diferencia de las comunicaciones con tecnologías que son cableadas ya sea por evitar el costo de las compra de materiales como cables, instalaciones y por un manejo mucho más sencillo al momento de implementar redes de información, también juega un papel importante la estética ya que no hay cables a la vista, además se reducen las necesidades de sacar permisos municipales al tratar de realizar tendidos de cables como Fibra Óptica.

El protocolo de comunicación juega un papel importante cuando se realiza una comunicación ya sea desde la capa física la que realiza el manejo de la comunicación inalámbrica, en la capa de enlace la que es encargada del manejo de las comunicaciones entre los nodos más cercanos siempre y cuando se encuentren dentro del alcance o cerca del radio de propagación, este tipo de protocolos están definidos con la estándar IEEE 802.15.4, soporta para las tres topologías anteriormente nombradas.

2.6.1 IEEE 802.15.4

El estándar del protocolo de comunicación IEEE 802.15.4 el mismo que fue creado por el Instituto de ingenieros Eléctricos y Electrónicos por el año 2003, entre las aplicaciones que se pueden utilizar por este estándar diseñado para las comunicaciones de sensores inalámbricos dentro de ellos tenemos; la domótica, minería, medicina, ganadería, edificios inteligente, seguridades en marcos globales etc. En casi todas estas aplicaciones se requiere una baja tasa de transmisión y con pocos requerimientos con el fin de ahorrar el consumo de energía en dispositivos que utilizan el protocolo de comunicación IEEE 802.15.4.

El protocolo IEEE 802.15.4 está diseñado para operar en tres bandas de frecuencias no licenciadas 858 MHz, 902 a 928 MHz y 2.4MHz, en la banda de frecuencia libre más utilizada que es la 2.4 MHz se utiliza DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) usando modulación en la capa física O-QPSK con una tasa de 250 Kbps para 16 canales, adicional la estructura de un Frame es sencilla y por ende no ocupa mucho procesamiento al momento de envía las tramas en la (Figura 2.8) podemos visualizar como está construida la estructura de un Frame en este estándar de comunicación.

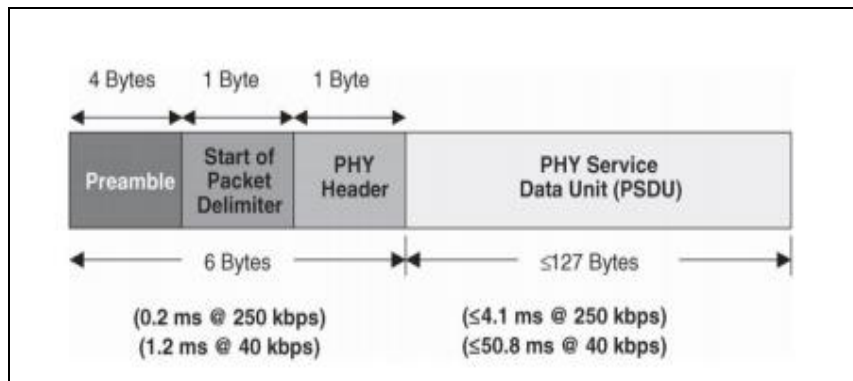


Figura 2.9 Estructura del Frame en la capa Física

<http://materias.fi.uba.ar/7500/Garbarino.pdf> 15/08/2015

2.6.2 ZigBee

Este protocolo es el más utilizado de redes de comunicaciones inalámbricas, el mismo que está basado en el estándar (IEEE 802.15.4), y como función principal es alargar la duración de la batería y su interoperabilidad, seguridad, fiabilidad, y su baja tasa de transmisión, el protocolo de comunicación ZigBee está diseñado para que pueda ser utilizado por cualquier fabricante AT&T, Cisco Huawei, etc., Es decir es un protocolo de comunicación estándar.

Dentro de los estándares con los que trabaja ZigBee, los mismos son controlados por una compañía denominada ZigBee Alliance la que opera sin fines de lucro desde el año 2002, este protocolo es especialmente utilizados para sistemas de redes domóticas, el protocolo de comunicación ZigBee trabaja por capas dentro del modelo OSI, entre los más importantes y por los cuales trabaja este protocolo podemos mencionar; capa física, capa de acceso al medio (MAC) que se utiliza para el control y configuración de los dispositivos, la capa de Aplicación.

<http://materias.fi.uba.ar/7500/Garbarino.pdf>

Entre las características que sobresalen en este tipo de protocolos es que trabajan a una velocidad entre 28 kb/s a 250 Kb/s y entre los rangos de alcance están dentro de los 10 a 75 metros, adicional podemos mencionar que 30mA pasa transmitiendo y 3mA pasa en reposo, las bandas más utilizadas en Europa es la de 868 MHz, en Estados Unidos 915 MHz y la banda de 2.4 MHz que es para uso mundial de ahí una de sus debilidades por ser propensos a interferencias, las distancias de transmisión depende de la potencia del medio de transmisión como podemos ver en la siguiente (Tabla 2.2).

Potencia (mW) / Velocidad Kbps	1 Mw	10Mw	100Mw
28Kbps	23 m	54 m	154 m
250Kbps	13 m	29 m	66 m

Tabla 2.2 Distancias de transmisión ZigBee

2.6.3 Arquitectura Zigbee

Las actividades y funciones que realiza un protocolo Zigbee basado en el estándar IEEE 802.15.4, y como actores principales para formar una red de sensores inalámbricas que son comúnmente utilizados son los módulos Xbee que trabajan de mejor manera para transmisión inalámbrica estos puede ser configurado para trabajar con cualquiera de las funciones como se mencionan a continuación:

- **Coordinador Zigbee** solo puede existir uno en la red, es el que se encarga de formar la red es el único que forma una red ZigBee, además se encarga de manejar las direcciones de todos los nodos la seguridad de la red y auto regeneración en caso de existir algún inconveniente.
- **Encaminado Zigbee** o Router puede existir uno o más, cuando se configura de este modo se una a una red previamente formada, se encarga de enviar y recibir sus propios datos y de sus puertos puede servir de intermediario en

nodos distantes y su uso puede ser opcional dependiendo si no hay nodos distantes.

- **Dispositivo Final ZigBee** al igual que el Router puede existir más de uno es una versión simplificada de un Router se une también a una red previamente establecida envía y recibe sus datos adicional estos dispositivos necesitan de un Router y coordinador para poder unirse a la red, estos dispositivos utilizan menos hardware a diferencia de los anteriormente mencionados y por ende utilizan menos potencia y pueden trabajar en forma intermitente dormir y despertar según sea el requerimiento.

Dentro de la arquitectura podemos mencionar que la capa de acceso al medio nos proporcionan el servicio el mismo que se encarga de garantizar un correcto envío de la comunicación entre uno o más dispositivos garantizado una transmisión de forma segura ya que maneja el cifrado de la información con algoritmos de 128 bits AES, esto garantiza que la comunicación entre dispositivos va ser segura, las tramas que el paquete de datos tiene una carga de datos de 104 bytes, estas tramas son numeradas para asegurar que lleguen a su destino dentro de estas hay un campo que asegura que se haya recibido el paquete sin errores, adicional podemos mencionar como una estructura importante es la ACK o de reconocimiento que su tarea es trabajar como re alimentador entre el transmisor y receptor que indica que los paquetes enviados y recibidos fueron entregados sin ningún error alguno, también es muy importante mencionar el paquete baliza ya que es el encargado e interactúa con el dispositivo para despertarlo, es decir escuchas si hay información la receptan y vuelven a su estado original, en la (Figura 2.9) se puede visualizar los tipos de paquetes básicos.

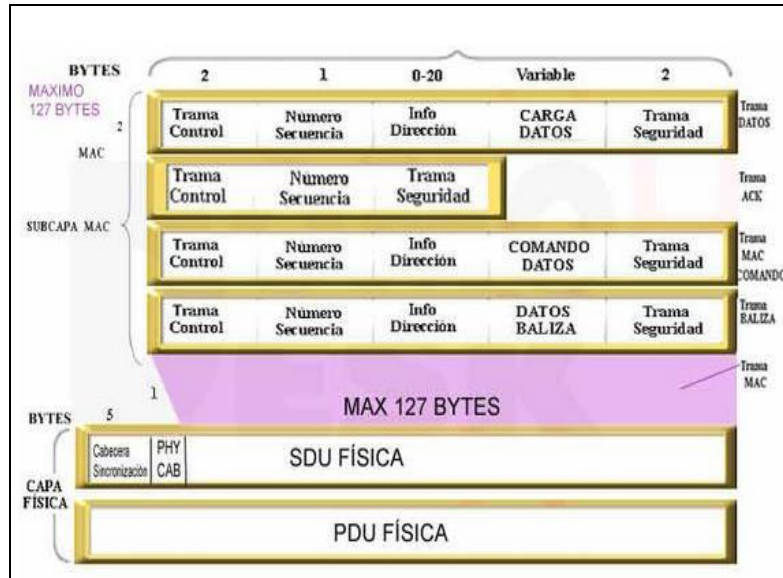


Figura 2.10 Tramas y tipos de paquetes básicos

<http://e.exam-10.com/buhgalteriya/14545/index.html?page=7> 12/12/2015

El protocolo ZigBee soporta los tres tipos de topología Estrella, Malla y Árbol la que anteriormente revisamos, podemos mencionar que debido a su costo, instalación, soporte de muchas topologías, escalabilidad, se confía que este protocolo sea de gran uso y éxito para la implementación de redes de sensores inalámbricos.

Para conformar una red de sensores inalámbricas con ZigBee las mismas se pueden armar a partir desde un nodo hasta un total de 255 nodos, trabaja con un canal de acceso múltiple con detención de portadora con control de colisiones, ofrece soporte a redes de diferentes dimensiones ofreciendo un gran desempeño, como podemos observar en la (Tabla 2.2) donde se analizan las ventajas y desventajas de utilizar el protocolo ZigBee.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Es muy utilizado para redes punto a punto y multipunto. 	<ul style="list-style-type: none"> • La transferencia de los datos es muy baja.
<ul style="list-style-type: none"> • Trabaja en la banda de 2.4 MHz que no es licenciada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maneja textos pequeños, si se compara con otras tecnologías.
<ul style="list-style-type: none"> • Trabaja en excelente condiciones en redes de bajas tasas de transferencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • ZigBee trabaja de manera que no puede ser compatible con Bluetooth
<ul style="list-style-type: none"> • Soporta muchas topologías de red. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su cobertura es muy limitada si se compara con otras tecnologías inalámbricas.
<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece transferencia de datos seguros con cifrado de 128 bits 	
<ul style="list-style-type: none"> • Por son costo son las más accesibles y utilizadas 	
<ul style="list-style-type: none"> • Se construye de una forma súper sencilla 	

Tabla 2.2 Ventajas y desventajas del protocolo ZigBee

2.7 ARQUITECTURA DE UN NODO SENSOR

2.7.1 Introducción

En la actualidad existen gran variedad de motas o nodos sensores que pueden clasificar como activos; que son los encargados de medir o actuar para su posterior envío de información, mientras que las motas pasivas son las que dentro de su función principal es la de recibir y recolectar información.

Un nodo sensor pueden trabajar con una de las dos anteriormente mencionadas o como híbrido dependiendo su necesidad y su uso al momento de ser diseñada, se puede decir que cuando se utiliza un solo sensor se limita a que sea mínima la cantidad de datos procesados al contrario que si tenemos muchos más nodos se puede medir un medio físico mucho más amplio con mayor cobertura y detalle, dentro de la arquitectura tenemos cuatro componentes básicos que conforman un nodo sensor como se describe a continuación:

- Fuente de energía.
- Micro-controlador.
- Sensores.
- Transceptor.

2.7.2 Fuente de Energía

La fuente de energía es la que se encarga de administrar la alimentación a los nodos sensores dependiendo el tipo puede variar de horas, días, semanas incluso años, la fuente principal de energía proviene de forma autónoma puede ser por medio de baterías (alcalina, litio), incluso se han diseñado para que la alimentación también pueda ser alimentado mediante la luz solar por medio de paneles solares, el tiempo de duración depende mucho de la función que vaya a realizar si el consumo es menos de 200 uA, se puede utilizar pilas AA con una duración mínima de un año.

2.7.3 Microcontrolador

El Microcontrolador es el que se encarga de gestionar las actividades que trabaja como una unidad de proceso, se encarga de la captura y los procesos de los datos, también es el que gestiona la fuente de energía y también es el encargado de realizar las funciones de comunicación con otros nodos.

Un microcontrolador contiene un pequeño software o firmware (sistema operativo) que controla el correcto funcionamiento de uno o más nodos a su vez se encarga de maximizar el tiempo de la operación de la red de sensores en dentro de una CPU integrado por medio de en un circuitos integrados los mismos que contienen un mecanismo de control para las instrucciones del programa a ser realizado, adicional los microcontroladores están compuestos por una memoria flash donde se almacena el firmware, memoria RAM para el almacenamiento de datos temporales y es muy limitada al

almacenamiento de programas y datos que almacena, unidad de control, entre otros, los microcontroladores responden rápidamente a eventos externos.

2.7.4 Transceptor o Radio

Los transceptores son los encargados de llevar a cabo la comunicación inalámbrica ya que cuentan con dispositivos de recepción y transmisión con esto se pueden configurar para que trabajen en cualquiera de sus dos opciones, antiguamente se los fabricaba para que trabajen o hagan tareas específicas es decir bien eran receptores o transmisores un ejemplo de tenemos al Walkie Talkie, en la actualidad cuando se trata de comunicación se puede utilizar para que realice una transmisión de acuerdo a lo configurado, la transmisión de estos dispositivos son Semidúplex es decir la comunicación en ambas vías no puede ser simultánea.

Los Sensores ya mencionados anteriormente conforman todos los componentes que son necesarios para la construcción de un nodo sensor o motas para una red de sensores, como podemos visualizar en la (Figura 2.11) los elementos que conforman una nodo sensor o una mota.

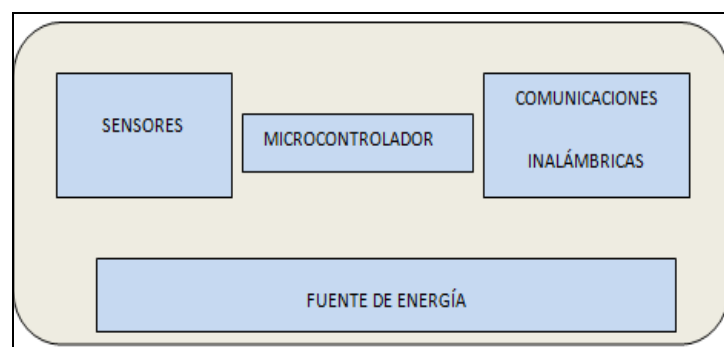


Figura 2.11 Elementos de un nodo sensor

CAPITULO 3

APLICACIÓN DE LAS WSN A LA MEDICINA

3.1 INTRODUCCIÓN

Las Redes de Sensores basadas en el ámbito de la medicina son capaces de realizar un correcto seguimiento del estado de salud del paciente, por medio de estas redes realicen una oportuna evaluación incluso realizar la administración de la medicación, el objetivo principal para utilizar monitoreo con sensores es para reducir considerablemente el asistir a unidades médicas para ser atendido, evaluado[1], con esto el medico va tener un criterio rápido y oportuno acerca del estado de salud del paciente, totalmente en línea y con información fiable.

Durante décadas era un sueño de poder realizar las actividades anteriormente mencionadas se están logrando gracias al significativo estudio realizado con empresas dedicadas a la elaboración de sensores inteligentes (biomédicos) a esto se lo conoce como la medicina del futuro.

3.2 APLICACIÓN DE LAS WSN EN LA MEDICINA

En la actualidad las aplicaciones de las redes de sensores inalámbricas con llevan a un sin número de categorías y sub categorías enmarcadas en la medicina como es el caso de monitoreo de los signos vitales que es el principal ya que de aquí podemos valorar con un mejor criterio al paciente, frecuencia cardiaca, presión arterial, monitoreo de la glucosa para los paciente que sufren la enfermedad de la Diabetes, monitoreo del Alzheimer, entre otras enfermedades, hay tipos de sensores que se pueden colocar invasivamente es decir se coloca dentro del cuerpo humano, también se puede colocar entre la vestimenta o dentro de la casa del paciente, el fin es tener la información necesaria, como se observa en la (Figura 3.1).

Con el estudio de las NWS y de las BSN que es un complemento de todo el estudio realizado para las redes de sensores inalámbricas que específicamente se enfocan al monitoreo del ser humano para la evaluación de la salud, se puede decir que las BSN se basa exclusivamente al estudio de redes de sensores biomédicos para el cuerpo humano con la ayuda de sensores inteligentes.

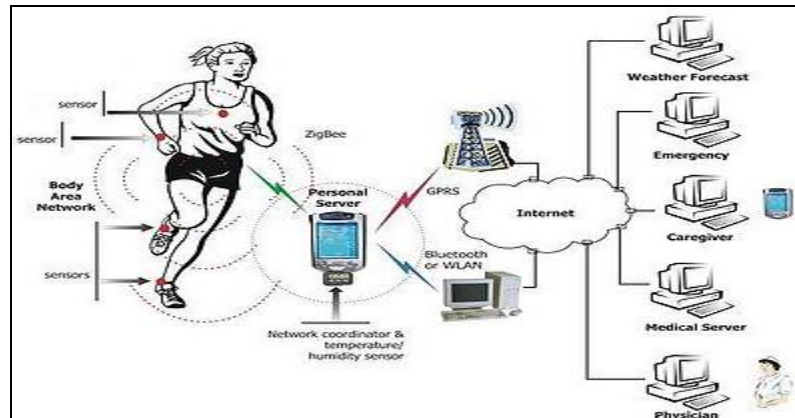


Figura 3.1 Esquema de un BSN
https://es.wikipedia.org/wiki/Body_Area_Network 26/06/2015

Sin duda el deseo de llevar a cabo un monitoreo seguro del paciente desde la comodidad de su hogar ha llevado a realizar una serie de estudios para tener cada vez más cerca el objetivo de llegar monitorear cada uno de los elementos del cuerpo humano, realizar un tipo de aplicación que beneficie a un grupo etario como son las personas de la tercera edad sin lugar a duda es de gran ayuda ya que alertaría al doctor si el paciente sufre de alteraciones y necesita ayuda médica de emergencia.

Dentro de los principales objetivos que se persigue la aplicación de las redes de sensores enfocadas en la medicina es tener la capacidad de mediante los sensores, la detección del cáncer en las primeras etapas con la ayuda de la nano tecnología, las redes de sensores, se puede tener información privilegiada acerca de los pacientes que pueden padecer de este tipo de enfermedades, cabe recordar que en el ámbito de salud se tiene que tomar con mayor cuidado, dada que una oportuna atención puede evitar un sin número de enfermedades y por consecuencia salvar muchas vidas.

[5] Entre las principales Aplicaciones desarrolladas para ayuda al paciente sobre el monitoreo del estado de su salud tenemos las siguientes:

- **Mote Track** se encarga de rastreo y ubicación de personas utilizadas para ver ubicaciones con exactitud comúnmente utilizado por los bomberos policías y pacientes que necesitan que se dé una ubicación exacta.
- **AlarmNet** al igual que el Mote Track este se encarga además de rastreo de los pacientes, sino también de monitorear sus valores fisiológicos.
- **LifeGuard** esta Aplicación fue desarrollado por astronautas para el monitoreo de los principales signos vitales.
- **Baby Glove** esta Aplicación consiste en conectar sensores en la parte superior de la espalda del neo natal para obtener la frecuencia del pulso y la hidratación.
- **iMum** esta Aplicación desarrollada para la toma de las principales medidas biométricas, que se le puede realizar desde la comodidad del hogar, este sistema es basado exclusivamente para personas de la tercera edad, su funcionamiento es por una aplicación móvil para enviar los datos para posteriormente enviar a la nube por medio de Bluetooth y GPRS.

[3] En la actualidad la empresa LQT (Life Quality Technology) empresa Española creadora del iMum es la actualidad es una de las empresas que más énfasis ha dedicado al apoyo del adulto mayor, personas con discapacidad y enfermedades degenerativas con la ayuda de la tecnología y la medicina están aportando para brindarles una mejor calidad de vida e independiente, en la (Figura 3.2) podemos observar como es el funcionamiento del sistema iMum.



Figura 3.2 Elementos sistema iMum

<http://www.lqtechnology.net/portal/index.php?Section=imum> 26/08/2015

3.3 SIGNOS VITALES

3.3.1 Introducción

[7] Su significado con sus raíces etimológicas del vocablo latín de Signum que significa signos que son señales o indicios vital que está vinculado con la vida, se conoce como su principal definición como un conjunto de variables fisiológicas que por medio de los valores presentados los médicos en base a los valores pueden determinar diferentes causas.

[8] Según la biblioteca nacional de los Estados Unidos en su web de MedlinePlus definen que existe un grupo principal de signos vitales que son fundamentales al momento de evaluar el estado de salud de una persona:

- Temperatura.
- Ritmo cardiaco.
- Presión arterial.

Este tipo de evaluaciones se los realiza frecuentemente antes de que un paciente sea atendido por un especialista de la salud incluso los mismos valores a ser tomados en cuenta al momento de asistir a un centro especializado de salud por una emergencia, es de gran ayuda a la hora de establecer un diagnóstico, con estos valores el medico puede determinar

cuál es exactamente el estado de salud del paciente, los valores de los signos vitales denotan como están funcionando los órganos más importantes del cuerpo humano.

3.3.2 Temperatura Corporal

[9] La temperatura corporal varía de acuerdo a muchos factores como son la edad, la actividad, e incluso la temperatura corporal depende mucho de la hora del día, la temperatura corporal normal está considerada dentro de los 37- 37,5 °C dependiendo de los factores anteriormente mencionados, comúnmente la toma de temperatura se lo realiza o realizaba con la ayuda del termómetro en la actualidad esta práctica se la realiza en pocos centros de salud ya que en muchos países está prohibida la fabricación y distribución de los termómetros de diferentes bulbos.

El descubrimiento del termómetro se le atribuye a Galileo que lo diseñó en el año 1542, que por medio de un bulbo de vidrio con el tamaño de un puño y el mismo que estaba expuesto abierto a la atmósfera por medio de un tubo delgado, la distancia entre el nivel del líquido y en el tubo con el recipiente se relacionaba con la diferencia de temperatura del cuerpo humano y del aire, para el año 1717 Fahrenheit un Germano – Holandés fabricante de instrumentos técnicos, prácticamente creó mediante el mismo principio de Galileo el primer termómetro de mercurio con bulbo, en 1967 se adoptó la temperatura triple de agua como punto fijo de partida se conservó la separación Centígrada a nivel de cero, en esta escala no existen temperaturas negativas, la escala Fahrenheit es aun utilizadas en países anglosajones no tenía valores negativos y muy eficiente por la dilatación casi uniforme del mercurio en la (Figura 3.3 podemos ver las equivalencias entre Celsius y Fahrenheit).

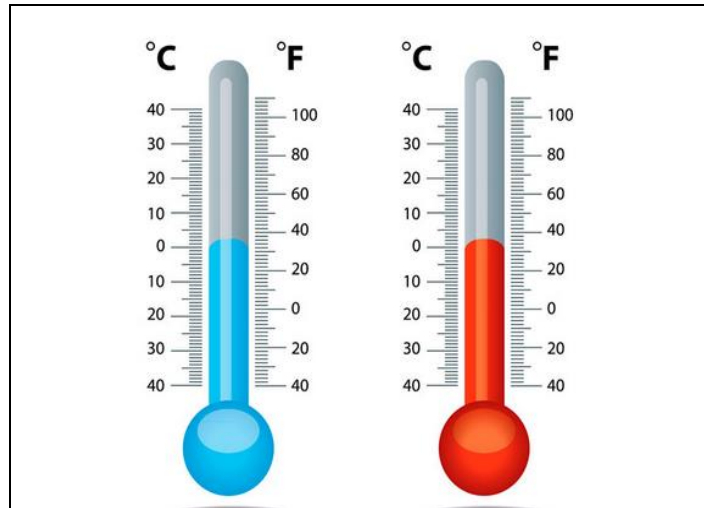


Figura 3.3 Equivalencia entre Celsius y Fahrenheit
<http://ovatemperaturacalorytrabajo.blogspot.com/>

[10] Si la temperatura superior a los 38 °C a eso se lo conoce como fiebre, cuando el paciente presenta estos valores debe ser atendido de manera inmediata ya que puede presentar un cuadro de infección o algún tipo de enfermedad considerada de alto riesgo para el paciente como es la diabetes, cáncer, cirrosis, VIH, estas enfermedades comúnmente presentan cuadros febriles, La temperatura corporal se dice que se usa como equilibrio entre el calor que produce el organismo y el calor que pierden los diferentes órganos, la temperatura superficial del cuerpo varía dependiendo los cambios ambientales, el ser humano a lo largo de este tiempo aprendió a protegerse tanto del frío como del calor con el fin de tener una temperatura corporal más cómoda, el organismo dispone de un mecanismo regulador que permite conservar el equilibrio entre el calor y el frío con el fin de que la temperatura tenga un rango constante.

La disminución de la temperatura de la mayoría de los sistemas corporales van asociados con el envejecimiento del cuerpo humano, muchos ancianos en especial mayores a 75 años presentan riesgos de hipotermia con temperaturas menores a 36 °C por varios motivos como temperaturas del ambiente inadecuadas, una dieta mal controlada, medicamentos que cambian la temperatura, pérdida de tejido graso, falta de actividad física.

Fiebre o Pirexia se denomina a la elevación de la temperatura esto temperatura no es mayor a 38° C, cuando la temperatura es superior a 40.6° se lo conoce como Hipertermia o

Hiperpirexia, cuando la fiebre continua es cuando regularmente hay elevación de la temperatura pero a lo largo del día tiende a regularse, cuando la fiebre es reincidente por lo general tiene a variar de temperatura por un lapso de uno o dos días presentan temperaturas normales y luego tienden a variar, la temperatura constata normalmente tiene un valor constante por días incluso semanas, cuando los pacientes presentan cuadros de Pirexia por presencia de infecciones o como mecanismo de defensa, el paciente puede presentar aumento de ritmo cardiaco, temblores, escalofríos, piel muy caliente al tacto, sudoración, pérdida de conciencia, en la (Tabla 3.1) podemos observar los rangos en la que se puede considerar una temperatura normal del cuerpo humano.

EDAD	TEMPERATURA °C
RECIENTE NACIDO	36,1 - 37,7
LACTANTE	37,2
NIÑOS	37,0
ADULTOS	36,0 - 37,5

Tabla 3.1 Temperatura corporal normal

La toma de la temperatura puede realizarse por diferentes vías como la oral que se la realiza por medio la boca con la ayuda de un termómetro clásico la temperatura puede variar en un $0.5^{\circ}\text{C} \pm$ a comparación de la toma de temperatura rectal, cuando se lo realiza la toma de temperatura rectal con un termómetro de bulbo gruesa esta toma es la más exacta cuando se trata de tener un valor exacto acerca de la temperatura corporal, la medición mediante la axila se lo realiza igualmente con un termómetro de mercurio a nivel de la axila esta comúnmente es variable y tiene un valor menor a los 0.5°C a comparación de la toma de temperatura rectal, adicional se puede realizar la toma de la temperatura por medio del oído por medio de instrumentos infrarrojos que son colocados a nivel de la membrana para la toma de la temperatura corporal, también se puede realizar por medio de la piel tan solo con palpar la frente y las coyunturas de los brazos y las piernas, claramente se puede notar que la piel está por encima de los valores normales, de aquí es importante tener un constante monitoreo de este considerado uno de los principales signos vitales, ya que no tener una atención adecuada puede conllevar al que el paciente pueda sufrir una descompensación y poner en riesgo su vida a continuación podemos ver en la (Figura 3.4) las diferentes maneras de tomar la temperatura corporal.

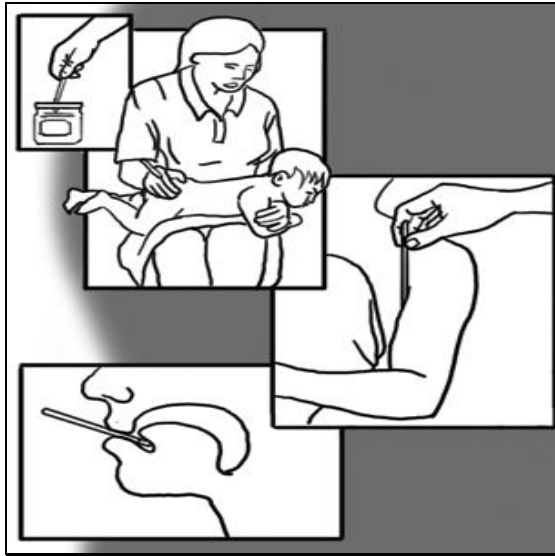


Figura 3.3 Lugares donde tomar la Temperatura

<http://mijdrionuerto.blogspot.com/2013/05/signos-vitales.html> 12/12/2015

Los dispositivos electrónicos la gran mayoría funciona con poco voltaje son móviles seguros y confiables, estos dispositivos están formados por sensores sumamente pequeños y potentes a su vez capaces de tener en rango de segundos un valor exacto, los mismos que son utilizados en la mayoría de los centros especializados de salud, en la (Figura 3.5) podemos ver los diferentes instrumentos que se tiene en la actualidad para una toma correcta de la temperatura corporal, todos son avalados y cumplen con normas estándar.

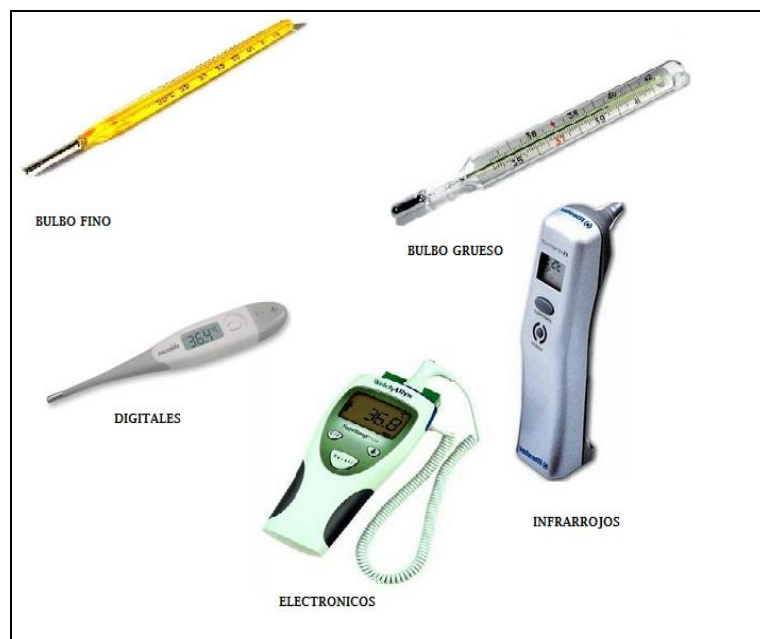


Figura 3.5 Instrumentos para toma de Temperatura

3.3.3 Ritmo Cardíaco

[11]El ritmo cardíaco en estado de reposo tiene entre 60 a 100 PPM (pulsaciones por minuto), cuando estos valores sobrepasan las 100 PPM se le denomina Taquicardia y cuando están por debajo del límite inferior se denomina bradicardia, podemos decir que la frecuencia o ritmo cardíaco es la cantidad de veces que se contrae el corazón en el lapso de un minuto, para un correcto envío de sangre a los demás órganos, el corazón bombea la cantidad necesaria de sangre y es repartida por sus principales arterias y así oxigenando los órganos, las pulsaciones pueden llegar a determinar las probabilidades de vida.

Cuando se nace el ritmo cardíaco tiende a ser muy alto por el hecho de que la actividad del organismo requiere mucho más esfuerzo, esto se mantiene hasta llegar a estabilizarse en la edad adulta que según estudios el ritmo cardíaco se regula a partir de los 20 años, adicional existen muchos factores asociados a un ritmo cardíaco fuera de los rangos normales se considera normal cuando se hace ejercicio y sobrepasa los 100 PPM por el solo hecho de estar su cuerpo en constante movimiento, hay deportistas que realizan gran esfuerzo físico que son considerados como de élite que pueden llegar a las 60 PPM que son controlados mediante medicación para tener estos valores; el sedentarismo, la diabetes, la mala alimentación, en personas adultas mayores son más propensas a tener un desorden en su ritmo cardíaco, de ahí la importancia que se tiene de estar en constante monitoreo ya que si los valores no están dentro del rango pueden producir enfermedades cardiovasculares e incluso causar la muerte, la mezcla no controlada de fármacos pueden ocasionar valores anormales, la obesidad obliga que el corazón bombe más sangre y de esta manera el corazón tiende a crecer más de lo normal y esto ocasiona que presente una insuficiencia cardíaca crónica, el tabaquismo y el alcoholismo afectan a los valores normales del corazón, en la (Tabla 3.2) encontramos los valores considerados como normales.

EDAD	PULSACIONES POR MINUTO PPM
RECIEN NACIDO	120 - 160
LACTANTE MENOR	120 - 160
LACTANTE MAYOR	110 - 120
NIÑOS DE 2 A 4 AÑOS	100 - 120
NIÑOS DE 6 A 8 AÑOS	100 - 115
ADULTOS	60 - 90

Tabla 3.2 Valores dentro del rango normal

Entre los principales instrumentos o dispositivos que se tiene para medir el ritmo cardiaco tenemos los instrumentos digitales, electrónicos, de una manera muy ampliada se puede medir por medio de un electrocardiograma.

Para realizar un examen casero para determinar las palpitations del corazón se lo puede realizar por las arterias principales que están ubicadas en el cuello, muñeca, sien, parte inferior de la pierna, ingle, en la (Figura 3.6) podemos ver los lugares donde comúnmente se realiza la toma del ritmo cardiaco.

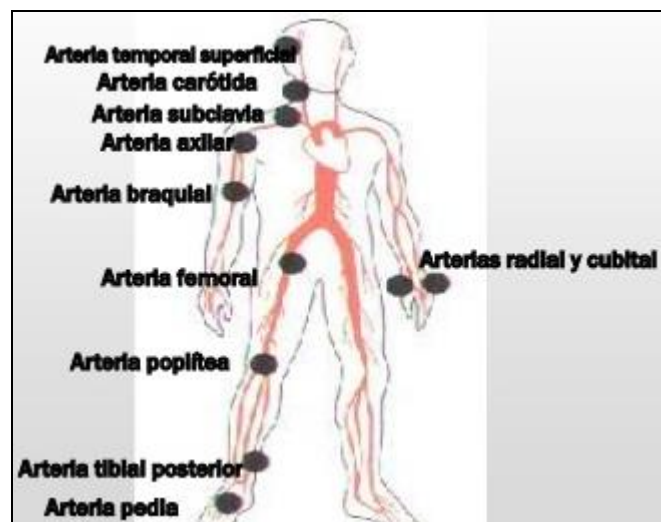


Figura 3.6 Lugares para tomar el Pulso

http://es.slideshare.net/Brendah_1796/signos-vitales-35191722 15/12/2015

Para mantener valores dentro del rango normal se aconseja llevar una vida saludable, mantener el cuerpo ejercitado por lo menos realizar actividad física con un lapso no menor a 30 minutos por lo menos 3 veces a la semana esto en personas adultas mayores, un

control diario de sus principales signos vitales, la alimentación juega un papel primordial, incluir frutas. Verduras que contengan vitamina E, todo esto mejora la calidad de vida del paciente.

3.3.4 Presión Arterial

[12]Se conoce como presión arterial a la presión de la sangre que circula por las venas, cuando la presión no es adecuada y sobrepasa los valores considerados como normales esta presión va dañando paulatinamente las paredes de los vasos esto conlleva a un daño colateral en un futuro y es candidato para padecer de enfermedades cardíacas y vasculares como; infarto de miocardio, insuficiencia cardíaca, angina de pecho, trombosis, insuficiencia renal, etc. Su medida se describe como mm/Hg (mm/Hg milímetros de mercurio) la relación que existe entre las dos es que se puede determinar mediante la ley de Laplace $P = T / r$ donde P es la presión y T es la tensión y r el radio de un vaso donde se conduce la sangre.

En la actualidad este signo vital es prevalente y muy importante cuando se trata de hacer una evaluación del estado de salud, por eso una detección anormal temprana evita una complicación futura y posibles eventos asociados a esta enfermedad conocida como silenciosa ya que pasa desapercibida y es devastadora en su estadio final, hay diferentes causas que conllevan a que un paciente tenga una presión arterial inadecuada como, la mala alimentación, el tabaquismo, el consumo excesivo de sodio (sal yodada), la cafeína afecta mucho en una correcta presión de la sangre, la obesidad cuando su índice corporal es \geq a 30 kilogramos /m² y con una cintura mayor a los 102 centímetros en el varón y 88 cm en la mujer, el colesterol elevado la diabetes Mellitus, vivir en sedentarismo e incluso no solo se presenta por patología como mencionamos anteriormente sino también por factores genéticos es decir esta enfermedad puede ser heredada de padres a hijos; el sexo también juega un papel fundamental la mayoría de los casos presentados, las mujeres tienen más predisposición para desarrollar esta enfermedad a diferencia de los hombres, se dice que la raza negra tiene el doble de posibilidades de padecer de esta enfermedad.

Un aspecto a considerar importante en las personas de edad avanzada que tienden a desarrollar con seguridad esta enfermedad con una afectación en los valores normales de la presión arterial por eso a este tipo de paciente que sobrepasan los 65 años conocidos como tercera edad, el monitoreo y la atención debe ser oportuna y no dejar que se ponga en riesgo la vida de este grupo etario de pacientes, en la (Tabla 3.3) podemos observar los valores de la presión arterial consideradas como validadas tanto la Sistólica como Diastólica.

	CATEGORIA	SISTÓLICA	DIASTÓLICA
HIPERTENSIÓN CONTROLADA	ÓPTIMA	< 120	< 80
	NORMAL	120 - 129	80 - 84
	NORMAL ALTA	130 - 139	85 - 89
HIPERTENSIÓN ARTERIAL	GRADO I	140 - 159	90 - 99
	GRADO II	160 - 179	100 - 109
	GRADO III	>= 180	>= 110
	SISTOLICA AISLADA	> 140	< 90

Tabla 3.3 Valores de los niveles de la presión Arterial

[13]Para identificar si la medición se trata de una presión diastólica o sistólica se puede determinar mediante el latido o sonido de Korotkoff después de haber escuchado el primer ruido pulsátil, el más fuerte se lo conoce como presión sistólica en este punto su corazón se contrae, posteriormente se presenta una fase de silencio y luego los ruidos aparecen, finalmente disminuyen y desaparecen, a esto se lo conoce como presión diastólica que es un mínimo de la presión arterial, este procedimiento regularmente se lo realiza con la ayuda de un estetoscopio, sin embargo hay dispositivos modernos digitales, electrónicos, que realizan la misma toma con la ayuda de sensores y una bomba automática que simula a un tensiómetro manual, cuando un paciente presenta valores entre una presión sistólica menos a 90 mm Hg y una diastólica menor a 60 mm Hg el especialista de la salud diagnosticara una Hipotensión arterial.

Entre los principales instrumentos para medir la presión arterial tenemos; esfigmomanómetro de mercurio conocido también como tensiómetro, podemos mencionar el manómetro que es de menor costo pero sus mediciones son idénticas a la del tensiómetro

cuando existe una diferencia mayor a 4 mm Hg el manómetro debe ser reparado, los tensiómetros electrónicos son mucho más eficientes a la hora de valorar al paciente ya que los mismos trabajan por medio de energía eléctrica o por baterías y por medio de sensores, en la (Figura 3.7) podemos observar los tipos de instrumentos que se tiene para medir la presión arterial.



Figura 3.7 Instrumentos para la toma de la presión Arterial

[14]La presión arterial pueden ser medida en diferentes partes del cuerpo, siendo ellas; por la arteria radial que está ubicada por encima de la muñeca, la arteria pedia dorsal se la coloca por la mitad de la pantorrilla y en esta zona se encuentra la arteria tibial, por la arteria braquial el dispositivo se lo coloca en la parte superior del brazo, arteria popitea que se la coloca en la parte superior por encima de la rodilla, en la (Figura 3.8) podemos observar de mejor manera las diferentes formas de colocar correctamente un dispositivo de medición de la presión arterial, cabe recordar que cuando se van a realizar este tipo de exámenes el especialista de la salud recomienda estar en reposo por lo menos 10 minutos antes de realizarse para obtener resultados más reales, el paciente debe estar en estado de relajación, es importante que el al momento de que la bomba empieza a trabajar el paciente no hable ya que esto afectaría los valores, es importante a los valores no redondear, si es necesario se recomienda que se realice dos a tres veces la misma evaluación con el fin de tener un valor mucho más real, las mediciones se las pueden realizar de diferentes

posiciones ya sea sentado con el brazo doblado hasta la altura del corazón o acostado para medirlo a nivel de pierna o brazo.

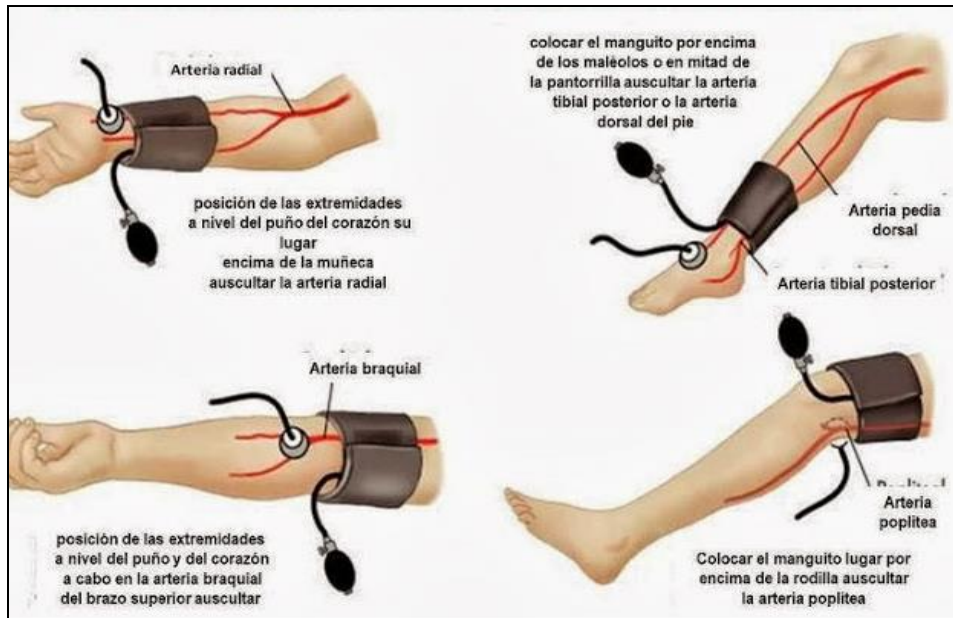


Figura 3.8 Puntos Anatómicos donde medir la presión Arterial

<http://www.taringa.net/post/hazlo-tu-mismo/18918856/Te-enseno-a-tomar-la-presion-arterial.html>

La Presión arterial es un signo vital de mucho cuidado si no se la trata correctamente puede llevar a cuadros clínicos nefastos, cabe recordar que nuestro cuerpo está compuesto por muchas arterias, venas siendo estas afectadas y a su vez afectando el correcto funcionamiento de los diferentes órganos que comprende el cuerpo humano, de ahí la importancia de tomar conciencia sobre el monitoreo continuo de los pacientes de la tercera edad.

3.4 CREACION DE UN SISTEMA PROTOTIPO

Para lograr el objetivo planteado se ha realizado un sin número de estudios que determinaran la viabilidad y a su vez garantizar la correcta construcción y de un prototipo que pueda sensor los principales signos vitales.

Al utilizar uno u otro implemento (Hardware) pueden variar ciertos resultados finales de los valores sensados y no tener una confiabilidad y exactitud de valores obtenidos, con la ayuda de microcontroladores Arduino (UNO), su análisis más exhaustivo se lo realizara en el siguiente capítulo, en la construcción del prototipo se estudian que implementos nos ayudarían a cumplir con los objetivos planteados, con ayuda de módulos XBee para la transmisión inalámbrica desde el punto sensado hasta llegar a un servidor de almacenamiento, con la utilización de los diferentes tipos de sensores que nos ayudaran en la toma de valores como son; ritmo cardiaco, presión arterial (sístole, diástole), y el sensor LM35 para la medición de la temperatura corporal, por medio de programación en los microcontroladores se obtiene los valores que están siendo monitoreados, realizando una transmisión segura de lo sensado y su posterior almacenamiento en una base de datos; con esto vamos a tener una medición mucho más oportuna y fiable, sin necesidad de asistir a un centro especializado de salud, y así ayudar a personas de avanzada edad con responsabilidad social y aportando al cuidado del medio ambiente.

En la (Figura 3.4) podemos ver cómo está diseñada la arquitectura y como sería el funcionamiento del prototipo propuesto para el monitoreo de signos vitales en el adulto mayor, el cual va ser de mucha ayuda para tener los principales signos vitales sin necesidad de acudir a un centro especializado de salud, por medio de éste el especialista de la salud puede ver en línea los valores monitoreados, adicional también todos los registros de las tomas anteriores de diferentes pacientes que permanecen almacenados en una base de datos, con esto el medico puede tener una valoración exacta de lo que está sucediendo con los valores del paciente por medio de una computadora o un dispositivo Smart con su respectiva conexión a internet o plan de datos.

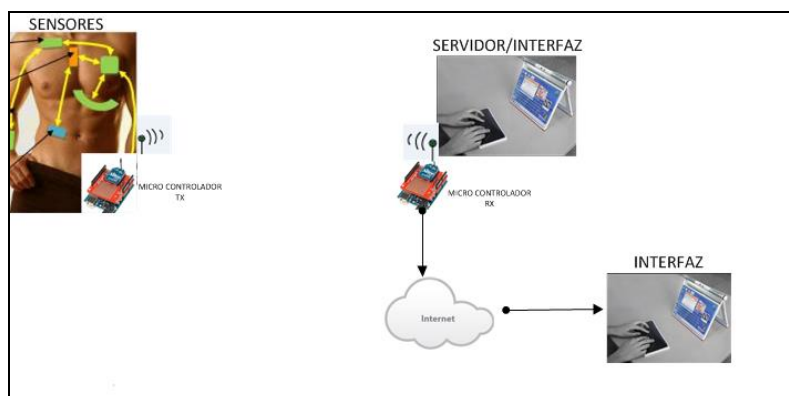


Figura 3.4 Arquitectura Prototipo Adulto Mayor

En el siguiente capítulo se describe a mayor detalle los equipos necesarios utilizados en la construcción del prototipo, sus características y funcionamiento, que nos ayudara con el sensado de los principales signos vitales en pacientes adultos mayores mediante el uso y beneficio de las redes de sensores inalámbricas.

CAPÍTULO 4

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO WSN

4.1 DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO

En este capítulo se detalla cómo se va a realizar el diseño y la implementación de una WSN, al momento de realizar una construcción de un sistema de redes de sensores inalámbricos hay que tomar en cuenta muchos factores como son; viabilidad y/o accesibilidad de todos los componentes que se van a utilizar, costos, beneficios, impacto ambiental apoyando a la responsabilidad social.

Es importante determinar sus alcances y limitaciones, teniendo una visión clara de lo que se va a construir y cuál es el propósito de dicha WSN, hay que tomar en cuenta el tipo de hardware a utilizar tanto para crear una mota o nodo sensor, la comunicación inalámbrica, el tipo de servidor que se utilizara para las estaciones bases, como se va a realizar la integración entre un protocolo de red inalámbrico Zigbee y TCP/IP.

En el diagrama de bloques podemos observar una visión general del hardware utilizado para la creación del prototipo (Figura 4.1).

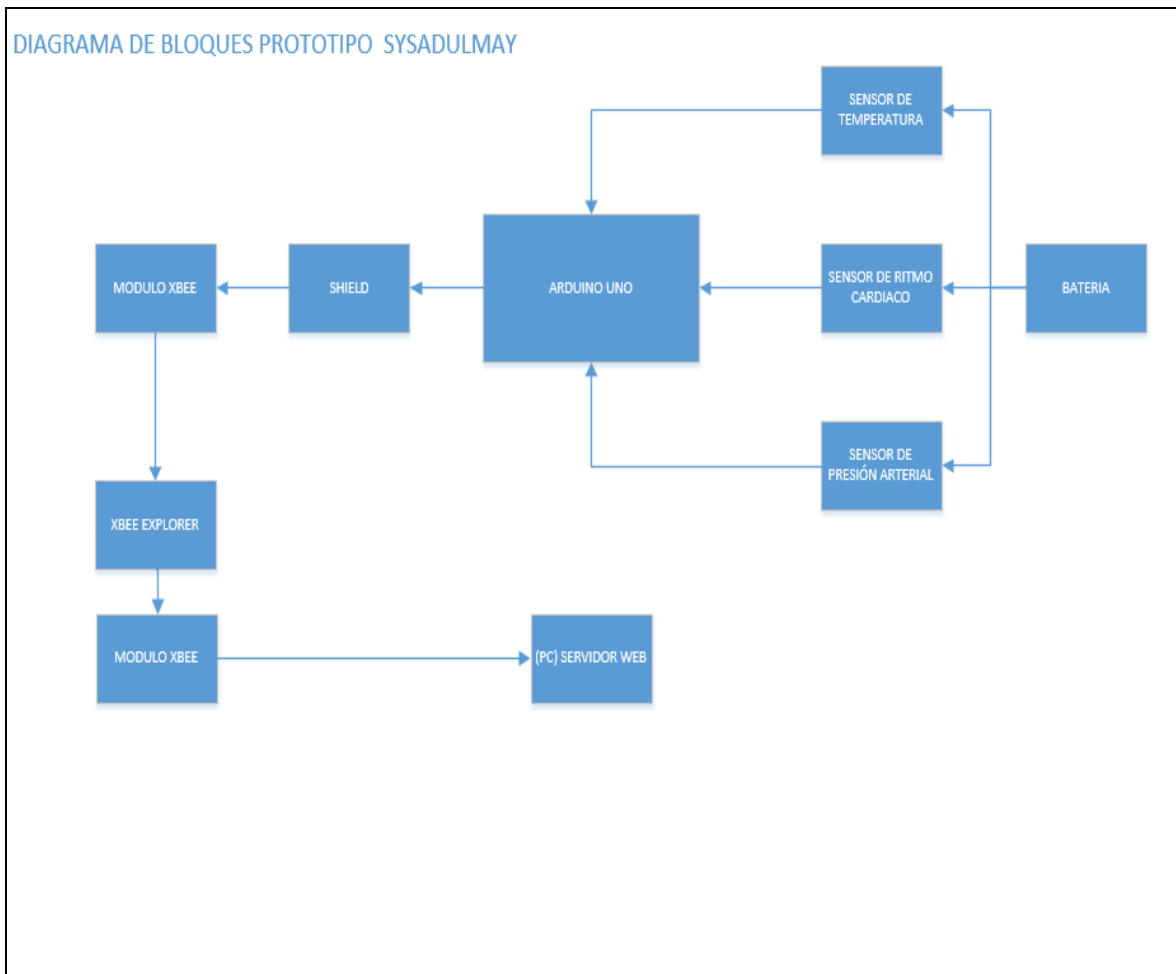


Figura 4.1 Diagrama en Bloques Prototipo

Para realizar este diseño y construcción del prototipo que está enfocado al monitoreo de signos vitales en adultos mayores, se tomó a consideración los siguientes elementos, previo a un estudio de factibilidad tecnológica los mismos que se describe a continuación y conoceremos a mayor detalle:

- Microcontrolador Arduino UNO.
- Módulo de comunicación XBEE.
- Shield Para Arduino UNO.
- Sensor LM35
- OMROM 7113

4.1.1 Microcontrolador Arduino

[15]Arduino es utilizado como una plataforma de hardware y software con código abierto por su gran versatilidad es muy utilizado en proyecto sin fines de lucro, Arduino nació como una herramienta de fácil uso dirigido especialmente para estudiantes sin ninguna experiencia ni en electrónica, ni en leguajes de programación, está basada en un chip ATMEGA que en la (Tabla 4.1) podemos ver un cuadro comparativo de las diferentes características de cada Arduino.

Arduino tiene una gran variedad de modelos que dependiendo de la necesidad se pueden utilizar, a continuación se describe unos pocos de los Arduinos los que en la actualidad se puede contar:

- **Arduino Uno** está considerado como la primera opción cuando recién se está empezando a trabajar con estos microcontroladores, siendo la más conocida y teniendo mucha documentación para ser explorada, esta placa salió por el año 2010 sustituyendo su procesador con el Atmega 328 con 32 bytes de ROM.

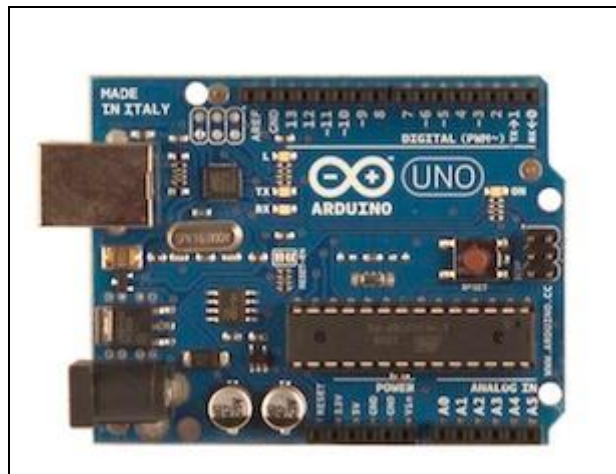


Figura 4.2 Arduino Uno

<http://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>

- **Arduino Nano** de similares características que el Arduino uno, el nano es 1/3 más pequeño, tiene la opción para ser insertado directamente en un protoboard, por su tamaño reducido es utilizado para ambientes con poco espacio.

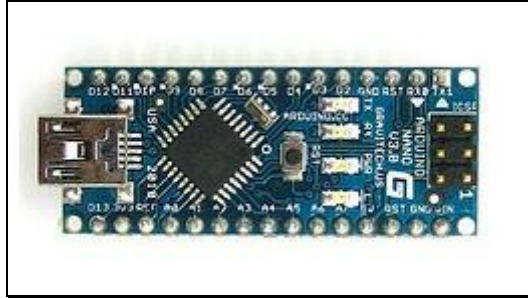


Figura 4.3 Arduino Nano

<http://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>

- **Arduino Lilypad** Está basada en un microcontrolador Atmega 168 o 328V, fue desarrollado por Sparkfun Electrónica y su uso es comúnmente para proyectos que puedan vestir, es decir por su característica puede ser transportada en algún tipo de vestimenta.

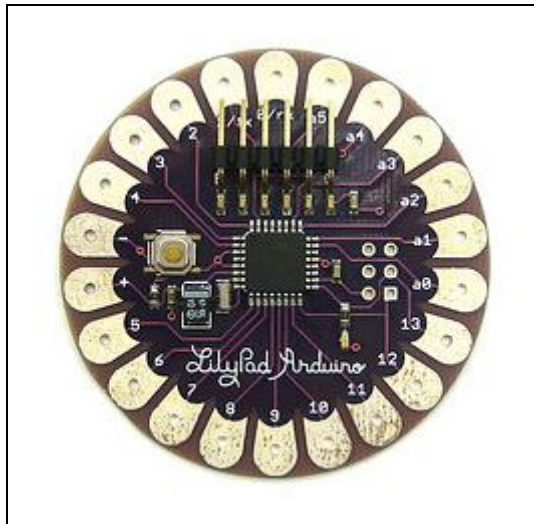


Figura 4.4 Arduino Lilypad

<http://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>

- **Arduino Fio** Este tipo de Arduino está diseñado para comunicaciones inalámbricas, ya que por la parte posterior cuenta con una cavidad para que

pueda ser insertado sin ningún inconveniente un módulo de comunicación como el Xbee, es decir no necesita de ningún Shield para su comunicación, cuenta con un socket para la batería de polímero de Litio.

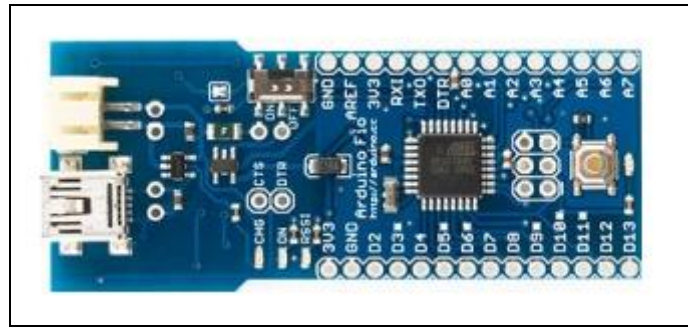


Figura 4.5 Arduino Fio

<http://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>

Los Arduinos anteriormente mencionados son una muestra de toda la gama que se puede encontrar al momento de realizar una construcción de un proyecto, esta plataforma no es complicada en su utilización ya que en la actualidad se cuenta con un sin número de documentación con ejemplos prácticos y sin ninguna restricción de sus líneas de código ya que es una plataforma de código abierto.

Se eligió el Arduino UNO en la realización del prototipo para el monitoreo de los principales signos vitales, dado que sus características y costos son los más propicios para lograr el objetivo, en este microcontrolador encontramos pines para la comunicación serial (RX, TX) que es la que se utilizara para el envío de datos hacia la estación base; el tamaño también juega un papel importante ya que el objetivo es que un paciente pueda transportarlo, al utilizar Arduino uno nos da un abanico de posibilidades para trabajar tanto con sensores analógicos como digitales, y con esto poder tener mucho más opciones cuando se trate de escoger uno u otro sensor, como principal desventaja es que se ve necesario la utilización de un escudo (Shield) para la transmisión inalámbrica; en conclusión el microcontrolador Arduino uno presta características ideales para realizar un diseño y construcción de un nodo sensor.

MODELO	MICROCONTROLADOR	VOLTAJE DE FUNCIONAMIENTO NETO	PINES I/O	PINES DE ENTRADA ANÁLOGAS	CORRIENTE DC POR CADA PIN I/O	CORRIENTE DC EN EL PIN DE 3.3 V	MEMORIA FLASH	SRAM	EEPROM	VELOCIDAD DE RELOJ	OTROS
ARDUINO UNO	Atmega328	5 V	14 de los cuales 6 son PWN	6	40mA	50mA	32 KB 0.5 utilizado para el bootloader	2 kb	1 kb	16 MHz	-
ARDUINO LEONARDO	Atmega32u4	5 V	20 7 son PWN	12	40mA	50mA	32 KB 4 son utilizado para el bootloader	2 kb	1 kb	16 MHz	-
ARDUINO DUE	AT91SAM3XBE	3.3 V	54 12 son PWN	12	130mA	800mA	512 kb	96 kb		84HMZ	-
ARDUINO YÚN	Atmega32u4	5 V	20 7 son PWN	12	40mA	50mA	32 KB 4 son utilizado para el bootloader	2.5 kb	1 kb	16HMz	-
ARDUINO ROBOT	Atmega32u4	5 V	5	4	40mA	-	32 KB 4 son utilizado para el bootloader	2 kb	1 kb	16HMz	Altavoz
ARDUINO ESPLORA	Atmega32u4	5 V	-	-	-	-	32 KB 4 son utilizado para el bootloader		1 kb	16HMz	Joystick, Micrófono
ARDUINO MEGA ADK	ATmega2560	5 V	54 15 son PWN	16	40mA	50mA	256 KB 8 son utilizado para el bootloader	8 kb	4 kb	16HMz	
ARDUINO ETHERNET	Atmega328	5 V	14 de los cuales 4 son PWN	6	40mA	50mA	32 KB 0.5 utilizado para el bootloader	2 kb	1 kb	16HMz	Tarjeta MicroSD
ARDUINO MEGA 2560	ATmega2560	5 V	54 15 son PWN	16	40mA	50mA	256 KB 8 son utilizado para el bootloader	8 kb	4 kb	16HMz	-
ARDUINO MINI	Atmega328	5 V	14 de los cuales 6 son PWN	8	40mA	-	32 KB 2 son utilizado para el bootloader	2 kb	1 kb	16HMz	-
ARDUINO NANO	ATmega168	5 V	14 de los cuales 6 son PWN	8	40mA	-	16 KB 2 son utilizado para el bootloader	1 kb	512 bytes	8HMz	-
ARDUINO PRO	ATmega168	3.3 V	14 de los cuales 6 son PWN	8	40mA	-	16 KB 2 son utilizado para el bootloader	1 kb	512 bytes	8HMz	-
ARDUINO MICRO	Atmega32u4	5 V	20 de los cuales 7 son PWN	12	40mA	50mA	16 KB 4 son utilizado para el bootloader	2.5 kb	1 kb	16HMz	-
ARDUINO FIO	ATmega328P	3.3 V	14 de los cuales 6 son PWN	8	40mA	-	32 KB 2 son utilizado para el bootloader	2 kb	1 kb	8HMz	-
LILYPAD ARDUINO	ATmega168V	2.7-5.5 V	14 de los cuales 6 son PWN	6	40mA	-	16 KB 2 son utilizado para el bootloader	1 kb	512 bytes	8HMz	-

Tabla 4.1 Tipos de Arduino y Características

4.1.2 Módulos de comunicación Xbee

Los Módulos Xbee nos permiten realizar una comunicación inalámbrica mediante el protocolo de comunicación Zigbee, comúnmente son utilizados para domótica, robótica, monitoreo y BSN, existe una amplia variedad de estos módulos como son los Pro y los S1, S2; la diferencia entre estos módulos es el rango de propagación de señal, ya que existen modelos que pueden alcanzar cerca de 24 kilómetros de distancia a línea de vista, en la figura (Figura 4.6) podemos observar un módulo Xbee S2 el cual fue utilizado para las comunicaciones inalámbricas en este prototipo.

La mayoría de los Xbee trabajan en una banda de 2.4 GHz pero también hay los que trabajan a 900 MHz, utilizan 16 canales en la vecindad de la frecuencia de los 2.4 GHz, el coordinador elige un canal libre al momento de generar una red; las bandas de 900MHz no están permitidos en ciertos países, entre sus principales características se puede mencionar que son de bajo costo y de bajo consumo de energía.



Figura 4.6 Modulo Xbee S2

<http://xbee.cl/tutorial-xbee/> 02/11/2015

[16] Los Xbee son soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la comunicación e interacción entre los diferentes dispositivos mediante un protocolo llamado IEEE 802.15.4 para una creación de redes punto a punto y multipunto, estos módulos fueron diseñados para soportar un alto tráfico de datos con una latencia baja, los Xbee fueron creados por DIGI y su principal protocolo es el ZigBee, consta de un número de

serie de 64 bits que es único e irrepetible en el mundo y 16 bits único en cada red asignada dinámicamente que es utilizado para la configuración.

Como se puede observar en la (Figura 4.7), los módulos Xbee pueden caracterizarse además por sus modelos también por sus tipos de antenas entre las que se pueden mencionar, las de chip de antena, Wire antena, U.FL de conector, RPSMA conector, en el prototipo de redes de sensores inalámbricas en este caso se escogió el Xbee con antena para lograr más cobertura en su comunicación.

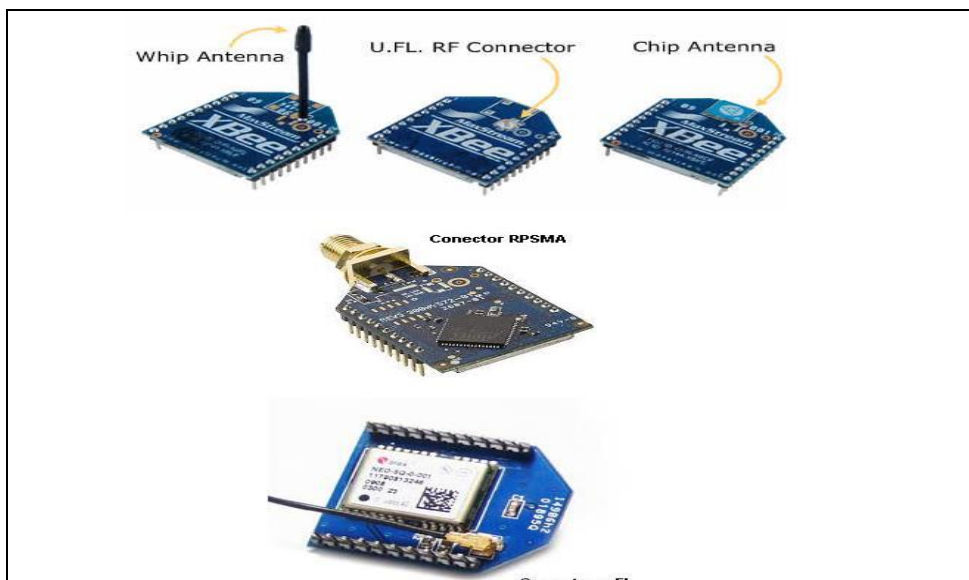


Figura 4.7 Tipo de antenas Xbee
<http://xbee.cl/tutorial-xbee/> 02/11/2015

Dentro de los diferentes tipos de operación que puede trabajar los módulos Xbee tenemos los siguientes:

- **Operación RF** cuando un Módulo trabaja en modo RF están interactuando con un dispositivo anfitrión por medio de un puerto serial a nivel lógico, en este modo los Xbee trabajan tanto en interfaz transparente como API.

- **Operación Transparente** En este modo el Xbee trabaja como un remplazo del puerto serial, en este modo se envía la comunicación por aire es decir entre un módulo y otro envían y reciben información, no puede existir más de dos módulos, comúnmente son utilizados para este trabajo los Xbee Serie1 que trabajan en modo punto a punto.
- **Operación API** provee diferentes formas de configurar un módulo y direccionar los datos en los cuales se incluyen los metadatos a la capa de aplicación de un host, cuando trabaja como anfitrión puede enviar tramas de paquetes que pueden contener datos o comandos AT los mismos que pueden tener dos destinos local y remotamente.
- **Operación Modo Ocioso** Es cuando el Modulo Xbee no se encuentra ni enviando ni recibiendo información.
- **Operación Transmitiendo** Un módulo tiene datos para empezar a transmitir información, sale del modo ocioso y empieza a enviar paquetes.
- **Operación Recibiendo** Es cuando un paquete es válido, es recibido y puesto en el buffer del serial de transmisión.

En el cuadro (Tabla 4.1) podemos observar las diferentes características que tiene cada uno de los módulos Xbee, según la fuente de transmisión y recepción de datos cada módulo puede transmitir datos provenientes de tres fuentes; Entrada Puerto serial del Xbee, de sus entradas análogas y entradas digitales.

MODELO	ALCANCE	POTENCIA	VELOCIDAD	SEGURIDAD	PINES	VOLTAJE
XBEE PRO 63 MW	1.6 Km	63mW (+17dBm)	250 Kbps	128 bits	6 pines entra 8 pines E/S digitales	3.3 V @295mA
XBEE PRO 60 MVW ANTENA	1500 m	60mW de salida (+18dBm)	250 Kbps	128 bits	6 pines entra 8 pines E/S digitales	3.3 V @215mA
XBEE 2MW WIRE ANTENNA S2 ZigBee MESH	120 m	2mW	250 Kbps	128 bits	6 10-bit ADC pines entra 8 pines digital IO pines	3.3 V @40mA
XBEE PRO 60 MW PCB ANENA SERIE 1	1500 m	60mW de salida (+18dBm)	250 Kbps	128 bits	6 pines entra 8 pines E/S digitales	3.3 V @215mA
XBEE 2MW PCB ANTENNA SERIES 2 ZIGBEE MESH	120 m	2mW output (+3dBm)	250 Kbps	128 bits	6 10-bit ADC pines entra 8 pines digital IO pines	3.3 V @40mA

Tabla 4.2 Características Módulos Xbee

Dentro de la arquitectura de los Módulos Xbee podemos observar en la (Figura 4.8) donde se indican un diagrama de los pines que conforman en Xbee, entre los que constan pines de entrada, salida de voltaje, tierra reset, adicional para su configuración se utiliza un software proporcionado por DIGI que se llama X-CTU en donde se puede configurar al módulo para que trabaje en el modo de operación de los descritos anteriormente, es importante mencionar que para la programación se debe utilizar un Explorer Xbee que va conectado por medio del USB al computador.



Figura 4.8 Diagrama de los pines Módulo Xbee

<http://docplayer.es/4234700-Universidad-politecnica-salesiana-sede-guayaquil-facultad-de-ingenierias-carrera-de-ingenieria-electronica-tesis-previa-a-la-obtencion-del-titulo-de.html>
15/11/2015

4.1.3 Shield Modulo Xbee

Los Shield (Escudos) son placas electrónicas con circuitos modulares diseñadas para ser colocadas en la parte superior de un Arduino para obtener funcionalidades extras, comúnmente se utilizan para insertar el módulo Xbee para una comunicación inalámbrica, también para poder tener comunicación con internet mediante una Ethernet y en ocasiones se utilizan para incrementar capacidades en forma de una “Big Mac” cuando se utiliza con módulos Xbee estas pueden alcanzar una distancia de 100 pies en interiores y en exteriores de 300 pies con línea de visión, cuenta con conectores macho y hembra para el uso de pines.

[17] Los Shield Xbee fueron creados por Libelium como ayuda para sus nodos sensores SquitBee que son utilizados para la creación de redes de sensores, los escudos Xbee pueden ser usados con diferentes módulos Xbee con protocolos de comunicación 802.15.4, cada escudo debe tener similitud de forma con el estándar de Arduino, consta de pines de alimentación y tierra además de contar con 6 pines analógicos y 14 pines digitales, algunos Shield requieren una conexión con cabecera ICSP del Arduino, ciertos escudos utilizan todos los pines de la placa Arduino.

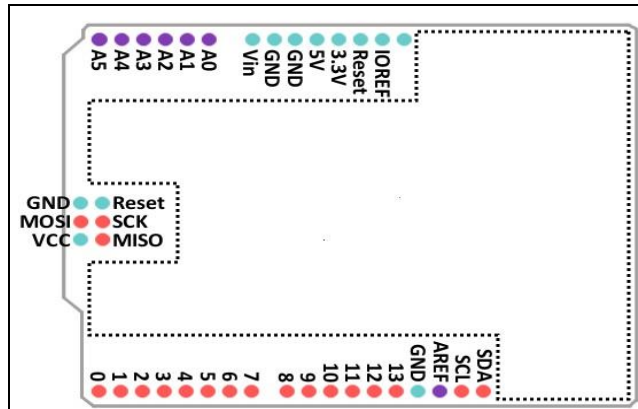


Figura 4.9 Diagrama Shield

[18]A continuación podemos mencionar un listado de los escudos más populares de Sparkfun y en especial el escudo para módulos Xbee que nos va a servir para la comunicación inalámbrica;

- **Arduino Ethernet Shield** Es el más popular de los escudos ya que este es el que nos permite conectarnos por medio del protocolo TCP/IP al mundo.
- **Escudo Wi-Fi Arduino** Este escudo puede conectarse por medio del Wi-Fi comúnmente se utiliza para la conexión de un Acces Point por lo que permite el envío y recepción para la navegación a internet.
- **Escudo Xbee** El escudo Xbee nos permite tener una comunicación de manera inalámbrica con otros módulos de las mismas características y así poder formar redes sin tener una infraestructura previamente instalada conocida como redes ADHOC.
- **Escudo Celular** Se puede convertir un Arduino en un teléfono móvil, ya que envía mensajes de texto, incluso existe la posibilidad de conectar un altavoz y micrófono.

- **Escudo GPS** Comúnmente utilizado para saber la ubicación en donde se encuentra un nodo sensor que tenga implementado este escudo.

Como podemos observar en la (Figura 4.10) se muestra el Shield de que se va a utilizar para construir el prototipo para el monitoreo de pacientes mediante el protocolo Xbee, el mismo se va a encargar de unir el microcontrolador de Arduino con el módulo de comunicación inalámbrica, al implementar estos tipos de escudos no quiere decir que va a aumentar el consumo de energía, éste funciona como adaptador para que los datos enviados por este medio sean de total confiabilidad, tiene un costo accesible. Comúnmente son utilizadas en redes inalámbricas de baja potencia, es importante determinar qué tipo de módulo Xbee se va a utilizar ya que dependiendo sus características se puede escoger el escudo, por ejemplo el Shield Xbee PRO puede soportar para módulos de la Serie 1 y para la Serie 2.5 y por obvias razones con el módulo Xbee Pro.

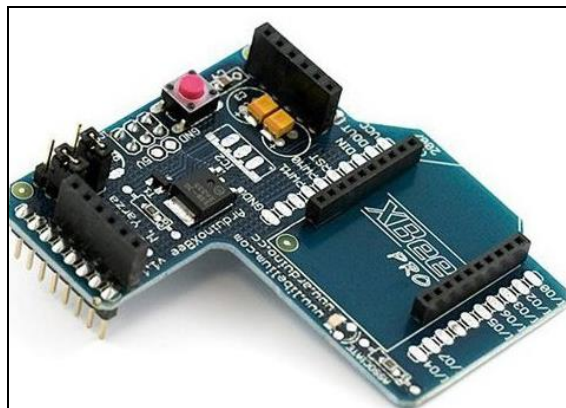


Figura 4.10 Shield Módulo Xbee

<http://compututorials.blogspot.com/2011/11/modulos-xbee-lo-basico.html> 20/11/2015

4.1.4 Sensor de temperatura LM35

[19] Los sensores de temperatura en la actualidad son utilizados para tomar varias mediciones dependiendo la naturaleza a ser sensado, ya sea del ambiente, agua, piel, etc.

Dentro de la clasificación de los sensores de medición de temperatura tenemos los eléctricos tenemos termocuplas, termo resistencias, termisores, diodos, para sensores mecánicos tenemos sistemas de dilatación, termómetros de vidrio con líquidos, radiación térmica ópticos pasabanda, relación (termómetros infrarrojos), en la (Tabla 4.3) podemos observar los rangos de temperatura dependiendo su naturaleza.

TIPO	RANGO CENTIGRADOS
TERMOCUPLAS	>200 A 2800
SISTEMAS DE DILATACION	>195 A 760
TERMORRESISTENCIAS	>250 A 850
TERMISTORES	>195 A 450
PIRÓMETROS DE RADIACIÓN	>40 A 4000

Tabla 4.3 Rangos de temperatura dependiendo la naturaleza del dispositivo.

En la actualidad los sensores eléctricos son los que tiene más extensión hoy en día para medir la temperatura, cada una de los dispositivos anteriormente mencionados tiene características especiales y son utilizadas dependiendo sus necesidades.

El sensor de temperatura LM35 tiene una presión previamente calibrada de 1 °C el rango de este sensor es de -55 Grados a +150 Grados Centígrados, la forma de este sensor es la de un típico transistor con tres patas, dos son para la alimentación y la tercera se utiliza para la transmisión de la información obtenida; la salida lineal es de 10 mV / °C, es decir si se tiene +1500mV es igual a 150 °C, el sensor LM35 funciona con un voltaje de entre los 4 a 30 voltios con una precisión de $\frac{3}{4}$ °C, es un sensor de tipo analógico además se puede conectar análogo digital para tener una medida en el formato mencionado, en la (Figura 4.11) podemos visualizar el sensor LM35 que es utilizado para realizar el monitoreo propuesto.

Además con la ayuda de Arduino podemos modificar la tensión del sensor para que trabaje a 1 mV para tener una mayor precisión en la medición.

médicos ya que por su exactitud en la toma de valores lo hace un equipo muy confiable., en la (Figura 4.12) podemos observar el modelo de OMRON para brazo comúnmente utilizado en hogares y en centros especializados de salud en el [21] (Anexo 1) podemos observar las especificaciones del tensiómetro OMRON.



Figura 4.12 Monitor OMRON

<http://www.omron-healthcare.com/es/products/bloodpressuremonitoring> 25/11/2015

4.2 CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE MONITOREO SYSADULMAY

4.2.1 Sistema de Sensores

Con todas los estudios realizados antes mencionados de todo el hardware que se puede utilizar para la construcción del prototipo propuesto y que nos ayude con el objetivo planteado se utilizó los microcontroladores Arduino, el primer microcontrolador va estar ubicado en el lado del paciente en el mismo que está conectado los sensores por medio del tensiómetro OMRON que cuenta con sensores de ritmo cardiaco y presión arterial, adicional con el sensor LM35 para la toma de la temperatura corporal que nos ayuda a la toma de los signos vitales del paciente adulto mayor, en el lado del servidor va estar conectado el módulo Xbee mediante el Explorer y el USB TTL encargándose de recibir todos los datos enviados de la toma de los signos vitales para su respectivo almacenamiento en la base de datos en la (Figura 4.13) podemos visualizar como está

conectado el microcontrolador con el tensiómetro OMRON que envía los datos por medio del puerto serial para su visualización por medio del computador.

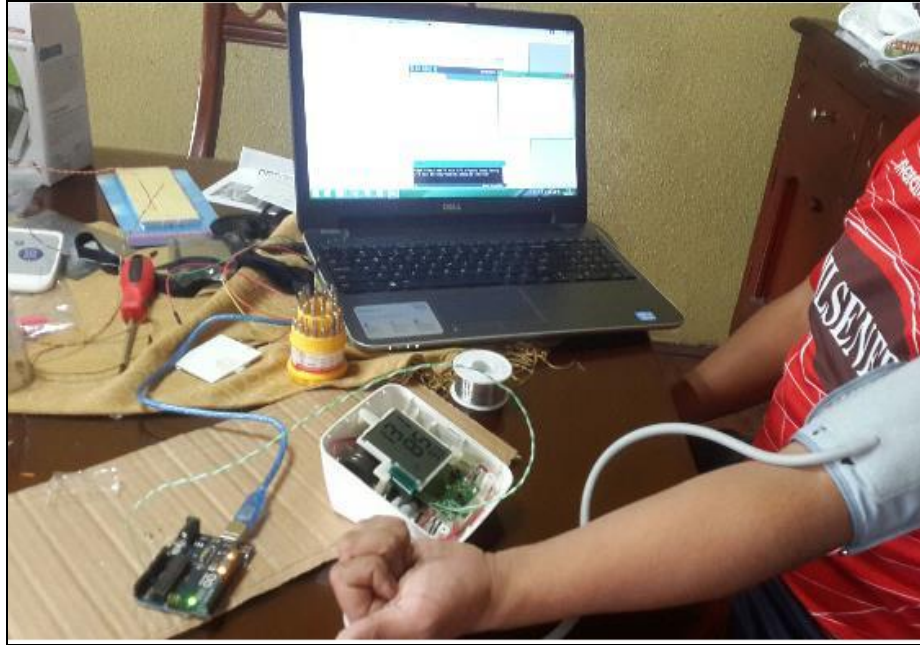


Figura 4.13 Arduino uno con OMRON para toma de signos vitales

[20] Para la visualización de los datos que está en el lenguaje del dispositivo OMRON que consta de una serie de números que conforman una cadena, la misma que fue necesaria transformar a hexadecimal para posteriormente poder visualizar sus datos en decimal, todo esto se lo realiza por medio de programación con el software de Arduino (sketch) mencionado software se lo puede descargar por la página web oficial de Arduino <https://www.arduino.cc/>, es gratuito y es soportada para distintas plataformas como Windows de 32 y 64 bits, Mac OS X y Linux, su instalación es sencilla (Figura 4.14) podemos ver como es el sketch de Arduino para su inicio de programación en los micro controladores de esta marca, cuya programación podemos ver en el (Anexo 2) a mayor detalle las líneas de código que fueron necesarias para lograr visualizar por medio de un computador.

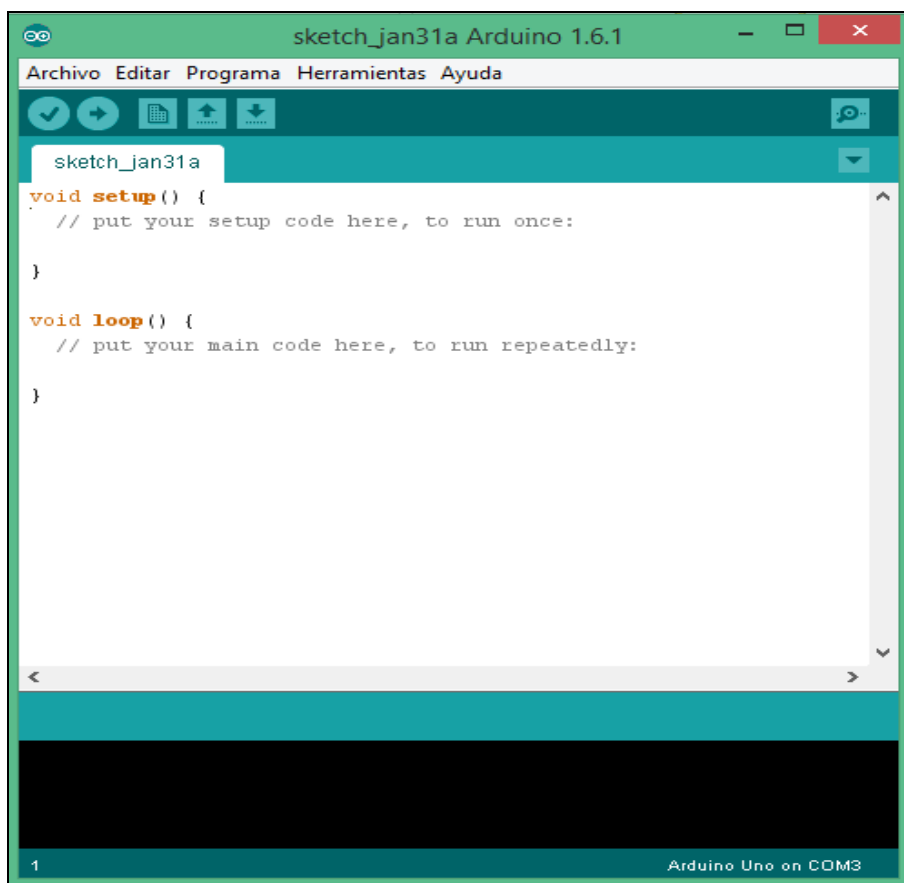


Figura 4.14 Inicio del Sketch de Arduino

Para observar los valores de la toma de los signos vitales en los adultos mayores, como es la presión arterial (Sístole, Diástole), pulso cardiaco y temperatura corporal, se realizó en el software de Arduino la programación que es muy similar al lenguaje C++, luego con lo obtenido su almacenamiento se realiza en la base de datos, estos resultados de la información de los signos vitales tomados en el adulto mayor se lo puede revisar tanto local como remoto (internet) vía Web ya sea por medio del computador o un dispositivo móvil, en la (Figura 4.15) se detalla el resultado del sketch de Arduino por medio del monitor serial donde consta los valores de la toma de los signos vitales.



Figura 4.15 Resultado por pantalla del sketch de Arduino (Anexo 1).

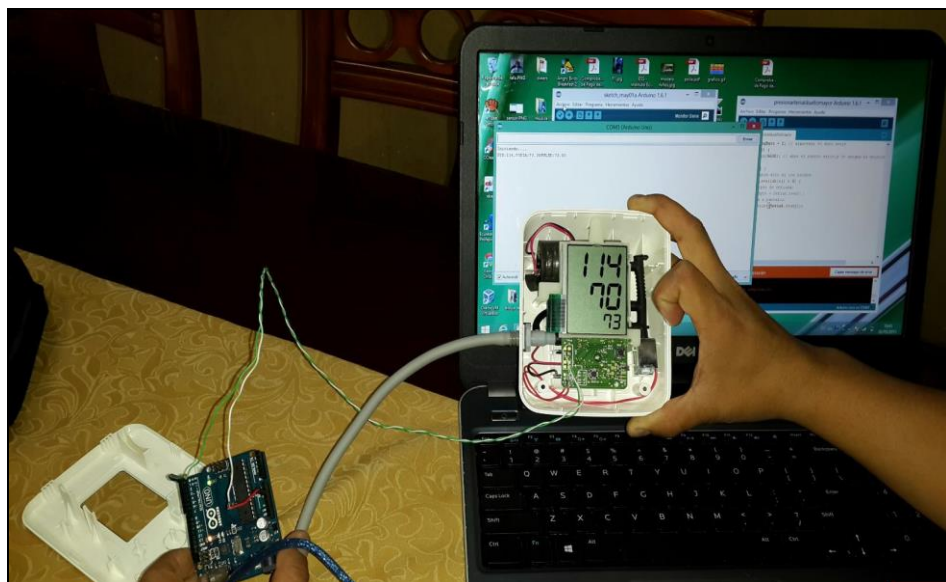


Figura 4.16 Conexión Arduino OMRON

Podemos resaltar en la conexión de un dispositivo OMRON (Tensiómetro) los sensores integrados usados en la toma de la Presión Arterial, Ritmo Cardíaco, los mismos que son utilizados para la creación del prototipo planteado, este dispositivo será conectado por medio de un microcontrolador en este caso Arduino, para tener los datos en decimales (ser visualizados en un computador) como se puede visualizar en (Figura 4.16) de tal manera que la información que nos da del tensiómetro (OMRON) sea la misma que el computador presenta, una vez obtenida la información pueda ser almacenada en una base de datos con el fin de que esta sea un registro histórico del paciente y lo mejor de todo es

que los valores de los signos vitales puedan visualizarse en línea cuando el especialista de la salud lo requiera.

De las pruebas realizadas con el tensiómetro si se lo lee por el puerto serial por medio del microcontrolador Arduino nos da una serie de números, una lectura común que maneja el tensiómetro OMRON, en la (Figura 4.17) podemos observar que al realizar una toma de los signos vitales (Diástole, Sístole y Pulso Cardíaco), los valores enviados conforman una cadena con una serie de números, de esta manera no serviría para nuestro objetivo, esta cadena de valores se repite constantemente hasta cuando empieza los valores 0 y 1.

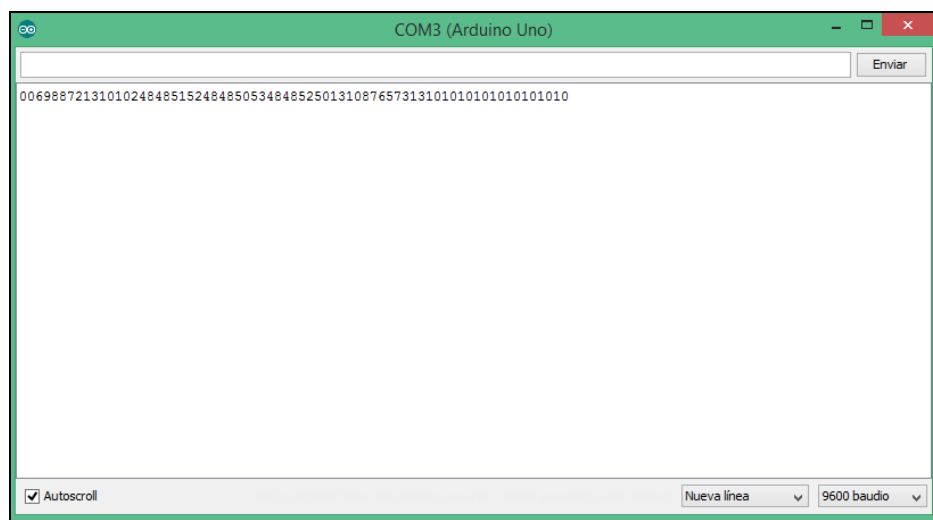


Figura 4.17 Valores obtenidos en Arduino mediante OMRON

El objeto de estas pruebas es buscar qué valores se repiten constantemente, de ahí poder asociarlos, en la (Tabla 4.4) se observa todos los valores recolectados para su análisis de diferentes personas en diferentes fechas, de ahí podemos analizar los valores que se repiten constantemente y los hemos resaltado con color negro sin embargo no se logró asociar estos números con los valores obtenidos en el monitor OMRON.

Por lo tanto se ha llegado a la conclusión de que es necesario llevar esta información a formato Hexadecimal para poder utilizar la programación que corresponde, posteriormente citada en el (ANEXO II).

Valores Monitor OMRON	Sístole	Diástole	Pulso
698872131010248485166484850534848525013108765731310	118	74	66
698872131010248485248484850534848525113108765731310	128	74	67
698872131010248485150484850485648525313108765731310	100	55	69
698872131010248485151484849655648525413108765731310	102	53	70
698872131010248485169484851504848525513108765731310	124	100	71
698872131010248485154564849704848525613108765731310	109	62	72
698872131010248485251564850674848525713108765731310	135	88	73
698872131010248485149564849675648526713108765731310	99	57	76
698872131010248485168484850515648526613108765731310	122	71	75
698872131010248485153484849665648526513108765731310	106	55	74
698872131010248485166484850534848525013108765731310	118	74	66
698872131010248485169484850535648526813108765731310	124	75	77
698872131010248485157484850545648526913108765731310	114	77	78
698872131010248485268484851485648525413108765731310	154	97	70
698872131010248485167484850565648555113108765731310	120	81	115
698872131010248485157564850524848535013108765731310	115	72	82
698872131010248485252484850664848535113108765731310	136	86	83
698872131010248485170564850555648535213108765731310	127	79	84
698872131010248485269564850654848527013108765731310	157	84	79
698872131010248485167484850574848535413108765731310	120	82	86
698872131010248485153484849684848535513108765731310	106	58	87
698872131010248485157564850514848534813108765731310	115	70	80

Tabla 4.4 Valores obtenidos Monitor OMRON

En la (Figura 4.18) podemos observar el resultado que nos envía Arduino en formato Hexadecimal formando una cadena de 13 antes de llegar a la letra (W) que sería el final de nuestro vector.

[20]Cabe recordar que el lenguaje de Arduino visualiza número y caracteres en formato ASCII y los traduce a decimal, de ahí lo importante al momento de poder interpretar el formato Hexadecimal son los valores que están ubicados en la 3 y 4 posición referente al pulso, para el Diástole 8, 7 y 6 posición y Sístole 10, 11 y 12 posición.

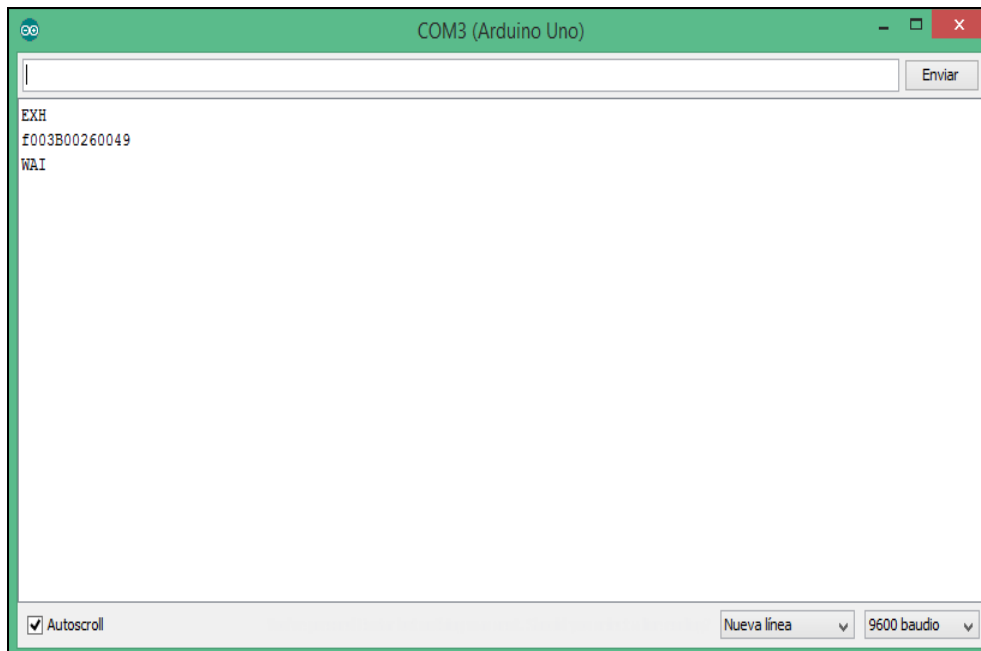


Figura 4.18 Valores en Hexadecimal OMRON / Arduino

4.2.2 Base de Datos

La base de Datos utilizada para nuestro prototipo es PostgreSQL, que es una base de datos relacional muy potente que está orientado a objetos que trabaja con XML, no tiene licenciamiento es decir es libre de pagos, esta base de datos es comúnmente utilizada para realizar proyectos en código abierto, se puede instalar en los diferentes sistemas operativos como Linux, Windows, MAC OSX, para este caso se utilizó la última versión liberada 1.20 25 de marzo del 2015 en la (Figura 4.19) podemos ver el logotipo que la caracteriza a esta base de datos, misma que es instalada en un sistema Operativo Windows 8.1, su instalación es sencilla no necesita muchos conocimientos en administración de base datos para su correcto manejo.

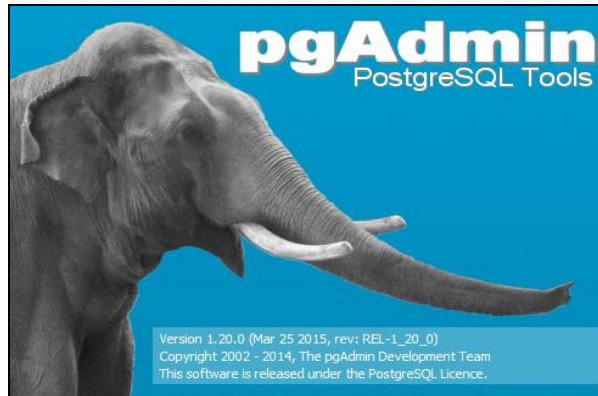


Figura 4.19 Logo de PostgreSQL

Se utilizaron dos tablas una denominada `tb_user` – `tb_valor` que almacenan los valores tomados desde Java mediante el puerto USB donde está conectado del microcontrolador Arduino con sus respectivos sensores, en estas tablas se almacenan todos los campos de la información de la toma de los principales signos vitales, la tabla denominada `tb_user` es la que llenan todos los datos del paciente, doctor tratante y un administrador, todos estos usuarios con sus respectivos datos son registrados por medio del ambiente web que a mayor detalle lo veremos más adelante, en la (Figura 4.20) podemos ver toda la información registrada en las pruebas realizadas, y en la (Figura 4.21) podemos ver la información ya con los valores obtenidos de la aplicación java que trabaja con el microcontrolador Arduino para poder recibir los valores de los principales signos vitales a través de nuestro prototipo planteado.

id	nombres	apellidos	direccion	telefono	edad	correo	password	tipo
1	Juan	lopez	quito	987654321	30	qwerty@yahoo.com	123456	paciente
2	Diego	Rodriguez	ambato	987654321	34	12823.com	123	admin
3	rafael	ruiz	sur	999287554	35	12@yahoo.com	123456	medico
4	Juan Eduardo	Fazmino Chicaiza	Caroelen	987996201	25	juanpinoe1@icloud.com	12345	medico
5	Juan Carlos	López	El Edén	992545958	25	jclops1@icloud.com	qwerty	paciente
6	daniel	perez	quito	995742343	22	da@yahoo.com	123456	paciente
7	Diego Fernando	Rodriguez Pinto	Capelo	998023004	24	rrodro2@icloud.com	fercho.1	paciente
8	Jorge	Tonato	Pelileo	995720839	25	jorg-666@hotmail.com	tntjorge	paciente

Figura 4.20 Datos de la tabla `tb_user`

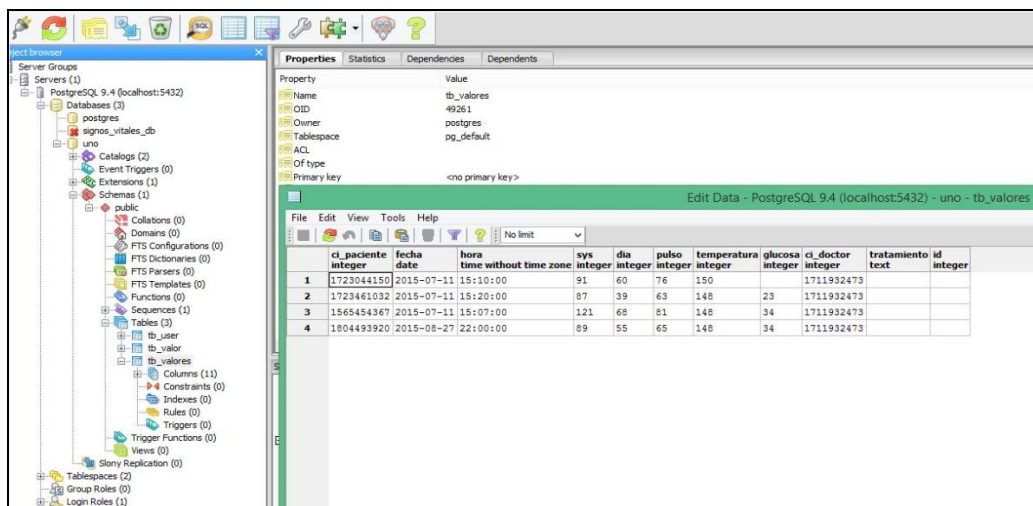


Figura 4.21 Datos de la tabla tb_valor

La relación entre estas dos tablas se lo realizo por medio de una clave primaria en la tabla tb_valor se utilizó en el campo (id), de la tabla tb_user el campo (ci), en la (Figura 4.22) podemos ver cómo están diseñadas estas dos tablas para almacenar los valores deseados, hay que considerar que el objetivo del prototipo planteado es poder recopilar y visualizar la información de la toma de los principales signos vitales del adulto mayor, con estos antecedentes afirmamos que las dos tablas que se construyeron van a satisfacer las necesidades del prototipo, ya que almacenan información inherentes a los usuarios y la información de los signos vitales del paciente adulto mayor.

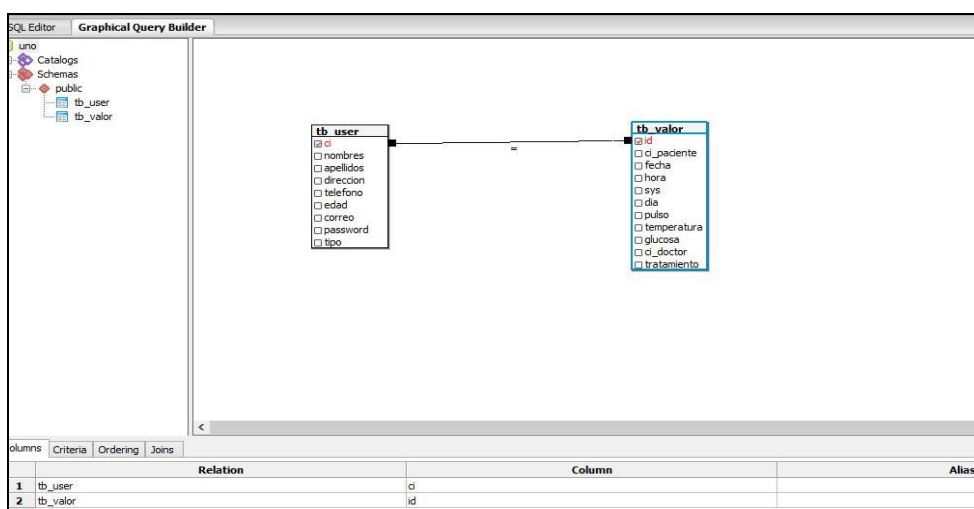


Figura 4.22 Realacion entre las dos tablas con su clave primaria.

4.2.3 Estación Base Web

Como lo revisamos en los capítulos anteriores una estación base es el lugar donde se recolecta toda la información solicitada, el fin de la creación y utilidad de la estación base es para el ingreso, visualización de los pacientes, doctores, administrador de la plataforma Web, así como también para observar los datos que son enviados desde la plataforma Java + Arduino hacia el ambiente Web; el objetivo de almacenar la información es tener y facilitar al especialista de la salud toda la información del paciente adulto mayor con sus respectivos valores de los principales signos vitales.

La construcción de la plataforma Web fue por medio de hojas de estilo para su mayor facilidad al momento de crear diferentes páginas web, usar un ambiente web es de gran ayuda ya que la visualización de la información además de ser a nivel local se la puede revisar por medio de internet, es decir su acceso puede ser a nivel mundial siempre y cuando este alojada dichas páginas Web en un servidor en la nube (Cloud), se utilizó programación PHP que es un lenguaje orientado a servidores, el código es invisible tanto para el navegador Web como para el cliente facilitando las seguridades cuando se intente hacer alguna intromisión de personas no autorizadas, la programación de los diferentes tipos de accesos y consultas se lo puede visualizar en el (Anexo III).

A continuación se describe las diferentes páginas Web creadas y que serán utilizadas para el objetivo propuesto, como podemos ver en la (Figura 4.23) nos indica la página principal del sistema, donde debemos ingresar un usuario y contraseña para poder acceder al sistema ya sea como administrador, médico o paciente, si la contraseña es correcta se conectara, caso contrario nos indicara que la contraseña o el usuario es errónea, como lo indica en la (Figura 4.24).

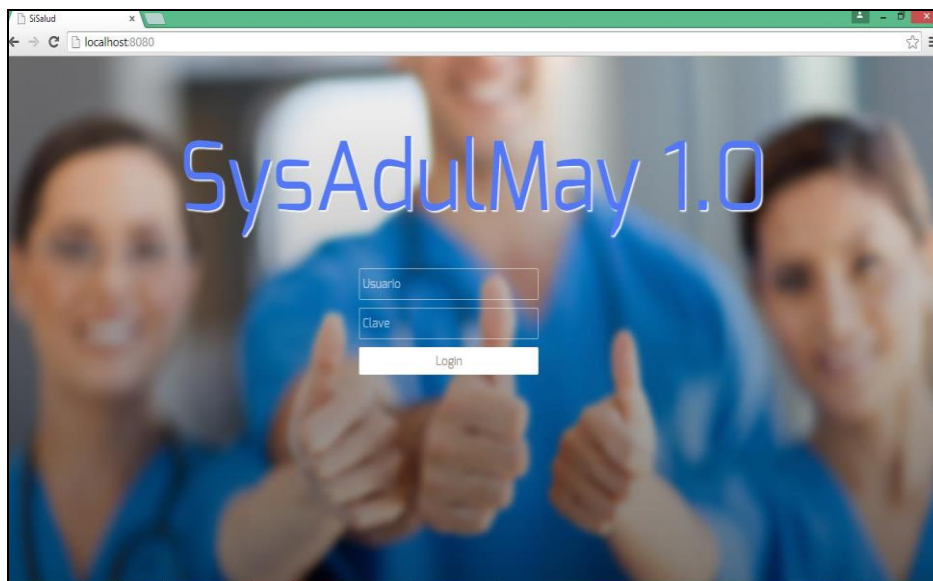


Figura 4.23 Ingreso al sistema ambiente Web

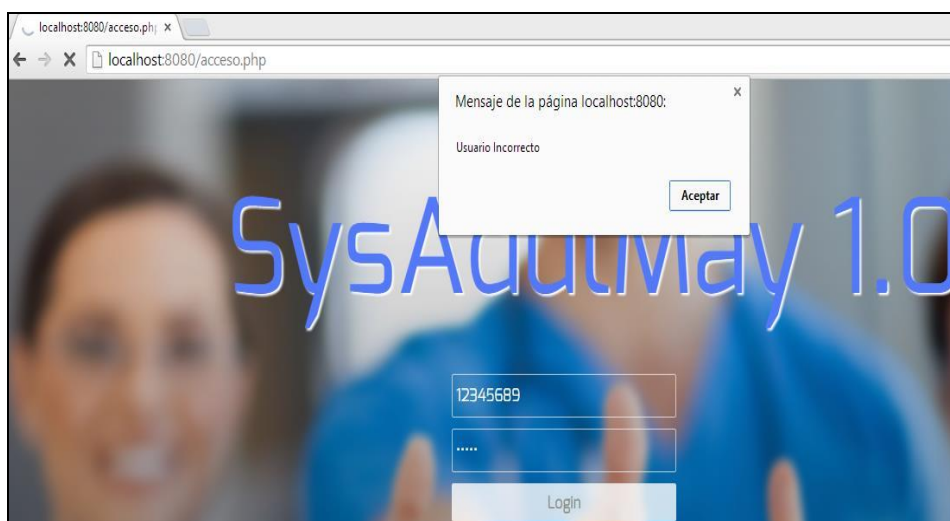


Figura 4.24 Ingreso incorrecto al Sistema.

Cuando se ingresa al sistema como Administrador, este posee los privilegios tanto para crear doctores y pacientes como lo podemos observar en la (Figura 4.25), este usuario es creado directamente en la base de datos.

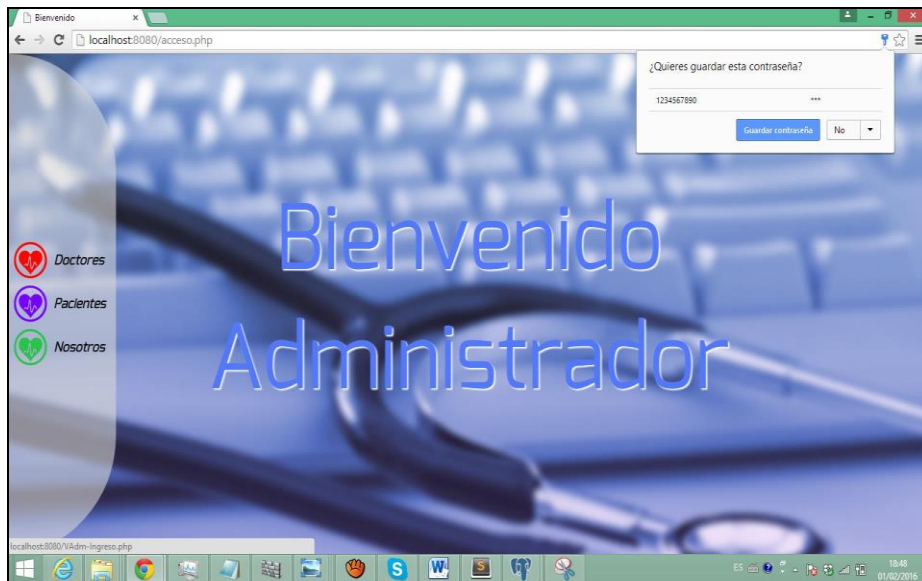


Figura 4.25 Link para creación de Doctores y Pacientes

Cuando se ingresa como administrador nos va a presentar dos opciones para poder realizar nuevos ingresos, si se escoge la opción Doctores o Pacientes nos permitirá realizar el ingreso de los principales datos personales, que a la postre nos servirán para tener información más detallada del paciente y del médico tratante, en la (Figura 4.26) podemos ver toda la información relacionada con las información requerida para ingreso de datos tanto del paciente y doctor, se toma en cuenta los datos personales más relevantes.

Figura 4.26 Información Pacientes / Doctores

En la pantalla Pacientes hay una opción configurada para que además de tener los valores de los principales signos vitales, el paciente pueda ingresar el valor de la glucosa obviamente después de haberse realizado el test respectivo, hay muchos dispositivos caseros hoy en día que pueden ser utilizados sin ningún inconveniente, el objetivo es que el médico tratante tenga una mejor visión de lo que está sucediendo con el paciente, hay que recordar que la mayoría de pacientes de la tercera edad sufren de este tipo de enfermedad que si no se tiene un correcto cuidado como muchas otras enfermedades pueden variar los valores considerados como normales, en la (Figura 4.27) podemos observar como el paciente puede realizar el ingreso del valor de la glucosa para que se almacene en la base de datos y el doctor pueda visualizar junto con los valores de los principales signos vitales.



Figura 4.27 Ingreso Glucosa Paciente

En la opción de búsqueda se visualiza los datos de los valores tomados al adulto mayor, en esta pantalla podemos ver el nombre del paciente, edad, teléfono, cédula de identidad, así como también los datos del médico tratante con su respectivo número telefónico, fecha y hora de la toma de los principales signos vitales, en la (Figura 4.28) podemos observar cómo y cuáles son los resultados de la búsqueda, los datos obtenidos de la valoración de los signos vitales del paciente, para obtener mencionados resultados se lo realiza mediante la fecha o automáticamente te da un histórico de ultimas tomas de valores de los signos, muy similar a la opción búsqueda que se lo realiza como médico.

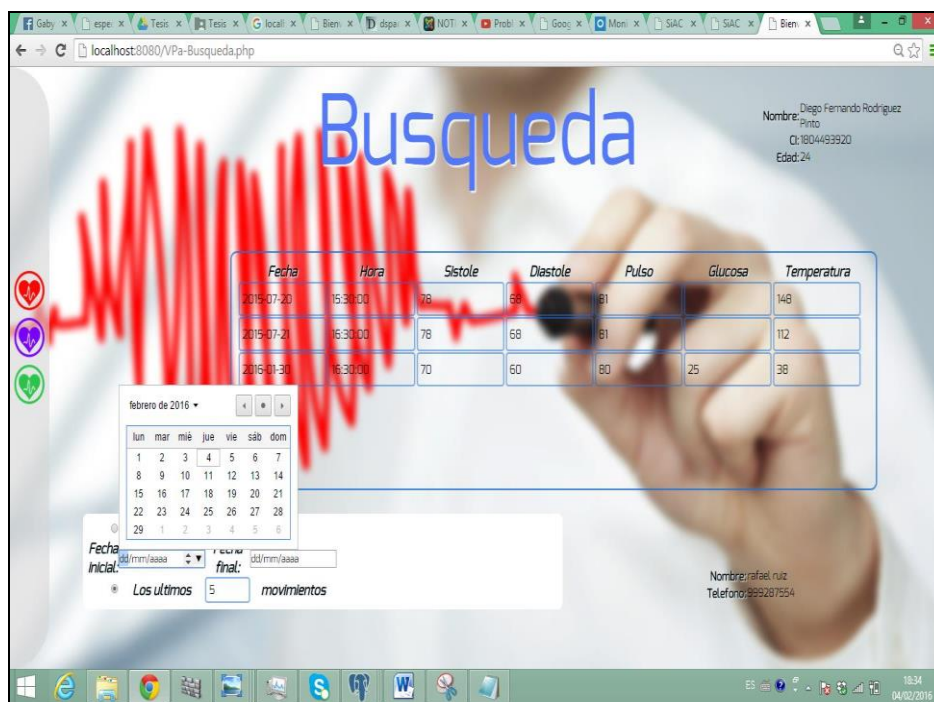


Figura 4.28 Revisión de los valores de los Signos Vitales,

La búsqueda de la página que va a visualizar toda la información requerida si se ingresa como doctor es exactamente a la página de paciente que lo mencionamos anteriormente (Figura 4.29), la información que se va poder observar es exactamente la misma la estructura, es similar con la diferencia que el doctor puede hacer una búsqueda ya sea por el nombre del paciente o por el número de cédula, en la figura (Figura 4.26) se presenta lo que mencionamos anteriormente.



Figura 4.29 Opciones de búsqueda para el médico.

4.2.4 Estación Base Java (NetBeans)

[22]Para la construcción de una estación base que procese la información enviada por los microcontroladores y sensores, se lo realizo con NetBeans IDE 8.0.2 por sus siglas en inglés (Integrated Development Environment) entorno de desarrollo integrado, gestionado por la empresa Sun Micro System, al ser un lenguaje de programación que está desarrollado en Java, el mismo que puede trabajar en diferentes lenguajes de programación como C, C++, Phyton, y para diseño de páginas Web (PHP), su instalación se le puede realizar en múltiples plataformas, lo más importante para este tipo de proyectos que no tiene fines de lucro es su gratuidad es decir es libre de cualquier pago y sin restricciones para usarlo, la instalación es súper sencilla no hay problemas que requieran ser resaltados en esta investigación.

Se utilizó este programa por que brinda muchas facilidades al momento de trabajar con puertos seriales, es comúnmente utilizado para proyectos con microcontroladores Arduino y se acopla perfectamente con la base de datos PostgreSQL, en el (Anexo IV) podemos observar las líneas de programación realizadas en NetBeans tanto para obtener los datos

desde el sketch de Arduino así como la conexión de la base de datos, en la (Figura 4.30) refleja el logotipo de NetBeans.



Figura 4.30 Logo NetBeans

Es importante mencionar que mediante este software que va estar interactuando con el microcontrolador Arduino a través del puerto serial (COM), se va a enviar toda la información de los principales signos vitales así como también las conexiones hacia la base de datos, es decir en este programa se va a generar todo lo necesario para poder visualizar local y remotamente en la Web tal como se indicó en el capítulo anterior, en la (Figura 4.31) podemos observar como es la información que vamos a obtener posterior a la toma de los signos vitales.

Es importante recalcar que este programa debe estar ejecutándose cuando se realice la tomar los signos vitales, caso contrario no se registrar ningún valor en la base de datos.

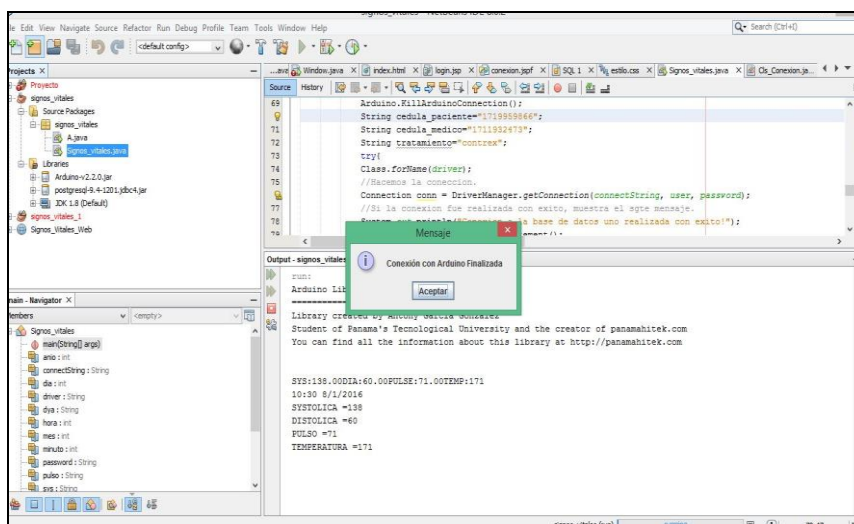


Figura 4.31 Toma de signos vitales y envió a la Base de datos

4.2.5 Comunicación Inalámbrica

La comunicación entre el nodo sensor y la estación base como mencionamos anteriormente se desarrolló por medio de los módulos Xbee que son los encargados de llevar la información inalámbricamente de los valores obtenidos de los signos vitales, para lograr ésta comunicación inalámbrica se utilizó 2 módulos Xbee S2 ya descritos y analizados en capítulos anteriores y así cumplir con su fin que es la comunicación inalámbrica.

La programación de los módulos para la comunicación inalámbrica se la realizo mediante un módulo Explorer que nos facilita la conexión con los Xbee, mediante el software X-CTU de la marca Digi International cuya instalación es sencilla y se puede descargar del siguiente link <http://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/xctu-software/xctu>, los valores a cambiar para la configuración son; el PAN ID (no importa el valor puede ser utilizado el valor de fábrica que es de 0), el valor de DH, DL, JV.

La DH que es la dirección alta debe ser la alta (SH) del otro módulo Xbee, la dirección DL debe ser la baja de la dirección baja del (SL) y para el parámetro de JV con el valor de 1, en la figura (Figura 4.32) podemos observar cómo está realizada la parametrización de los dos módulos, es importante mencionar que para la configuración en modo transparente

es decir de uno a uno, se debe configurar un módulo como Coordinador y el otro como Router.

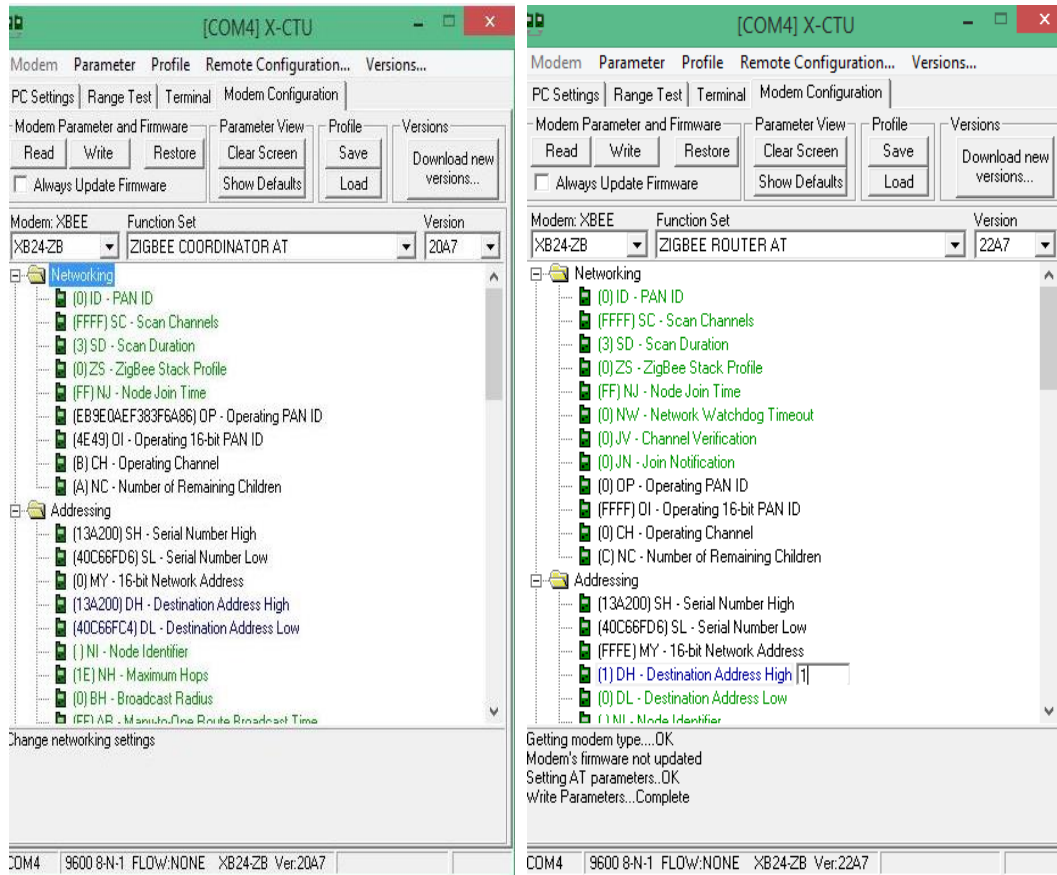


Figura 4.32 Configuración de módulos Xbee X-CTU

El hardware utilizado para la creación de las comunicaciones hacia la estación base, se consideró un módulo Explorer, el mismo que fue usado para la configuración de los módulos Xbee, adicional se utilizó un módulo USB TTL (transistor – transistor de lógica) para Arduino, el cual va estar conectado al computador recibiendo los valores obtenidos por el nodo sensor, en la (Figura 4.33), podemos observar como esta las conexiones de lo anteriormente mencionado.

Es importante tener en cuenta los puertos que son asignados en el computador, ya que de ahí depende la comunicación del prototipo, para este caso los puertos asignados son; COM3 (Nodo Sensor) y COM4 (estación base), una vez realizada las respectivas configuraciones la estación base empieza a recibir los datos inalámbricamente.

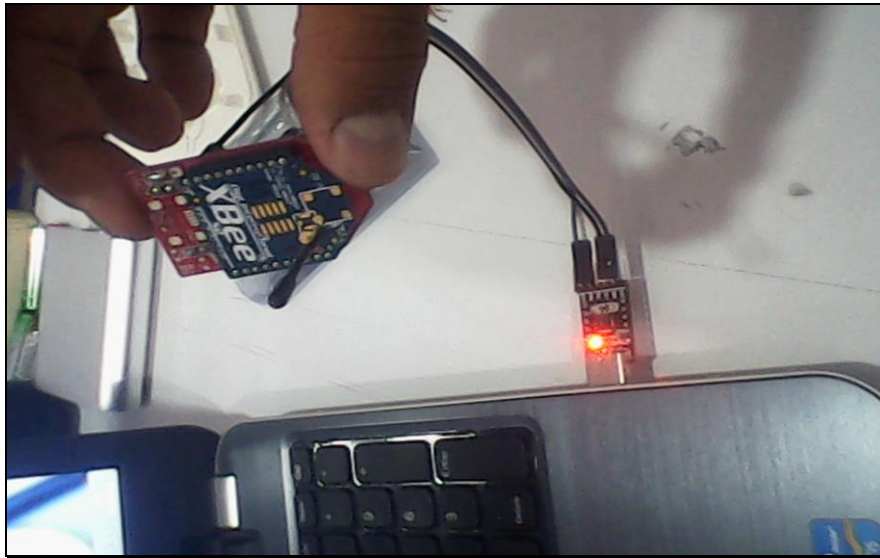


Figura 4.33 Conexión XBee Estación Base

4.2.6 Evaluación funcionamiento Red Inalámbrica

Las pruebas realizadas fueron en el habitad de un adulto mayor (departamento) donde la estación base va estar conectada a una distancia de 15 metros desde la ubicación del paciente con el nodo sensor que realiza la toma de los signos vitales, hay que tomar en cuenta el tipo de construcción que influye mucho al momento de realizar la comunicación inalámbrica, en la (Tabla 5.1) se observan los tipos de materiales que cusan interferencia y pueden provocar que haya perdida de información, en nuestro caso se realizó el estudio en una dependencia cuya característica de construcción es de bloques, teniendo una comunicación perfecta ya que los módulos Xbee S2 trabajan a una distancia de 100 metros de línea de vista; sin embargo al tratar de realizar las pruebas desde un segundo piso hacia un primer piso la comunicación no era la adecuada.

Material	Interferencia
Madera	Baja
Vidrio	Baja
Ladrillos	Media
Bloques	Media
Agua	Media
Cerámica	Media
Metal	Alta

Tabla 5.1 Materiales / Interferencia

En la (Figura 4.34) tenemos el escenario perfecto para la comunicación inalámbrica desde el nodo sensor hacia la estación base cuya distancia está en los 15 metros, hay que tomar en cuenta que las pruebas fueron realizadas con módulos Xbee S2 que por su costo y objetivo nos sirvió de la mejor manera, sin embargo hay que hacer hincapié que hay tipos de módulos que pueden alcanzar hasta el 24km de distancia (línea de vista), estos se pueden utilizar cuando la información va ser directa con el data center de un centro de salud o un hospital.



Figura 4.34 Distancia entre Nodo sensor y Estación Base

Si bien es cierto la velocidad de transmisión según el datasheet de los módulos Xbee S2 (lo estudiamos en capítulos anteriores) es de 100 metros a línea de vista y con una velocidad de 250kbps, considerando que el la información es solo datos como son los

signos vitales tomados al paciente, con el programa X-CTU el mismo que se utilizó para la configuración de los módulos Xbee, mediante este programa podemos realizar la validación de la señal y de ahí conocer cuántos datos se envían de manera correcta y cuál es el rango de su cobertura, esta opción se encuentra en Range Test del X-CTU, nos presenta cuantos paquetes están enviados correctamente y cuantos fueron desechados, se inicia presionando Start, en la (Figura 4.35) observamos la opciones de recibir y transmitir y la cantidad de bytes que se van a enviar, por defecto es de 32 bytes.

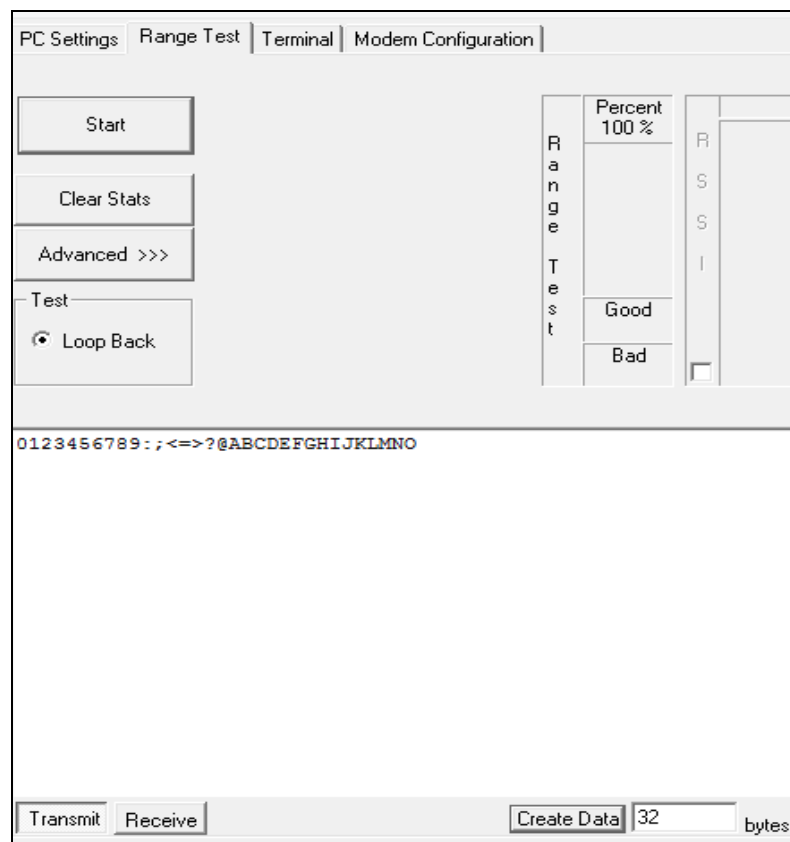


Figura 4.35 Prueba Test de Rango

De las pruebas realizadas para determinar la distancia de comunicación en interiores nos dió un rango aceptable de 40 metros aproximadamente, en la (Figura 4.36) se puede visualizar el resultado de las pruebas realizadas en el habitat del adulto mayor con los equipos colocados desde la sala hasta el dormitorio donde fueron ubicados tanto la estación base como el nodo sensor con una distancia de 15 metros aproximadamente, esto nos demuestra que el rango óptimo de la señal al 100% es en la distancia antes mencionada, el parámetro RSSI nos indica la señal recibida de las pruebas.

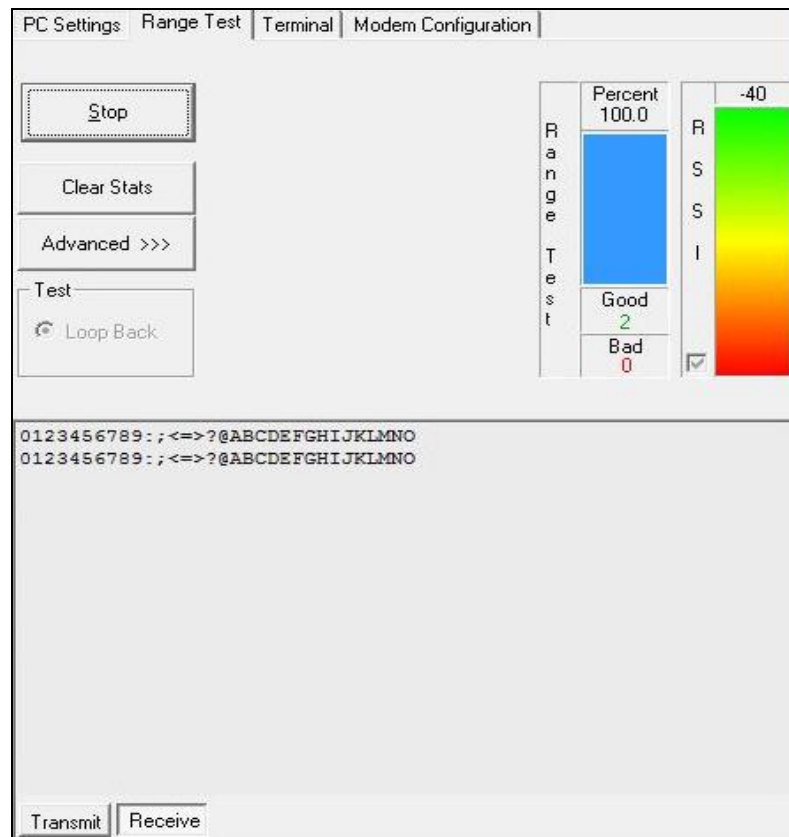


Figura 4.36 Rango de señal de aprox. 15 metros

De las pruebas realizadas desde el primer piso hasta un tercer piso, podemos observar en la (Figura 4.37) el rango de propagación es casi nula, hay perdida de paquetes en su totalidad a pesar que se observa información enviada por el nodo sensor, la señal entre los dos puntos es tenue.

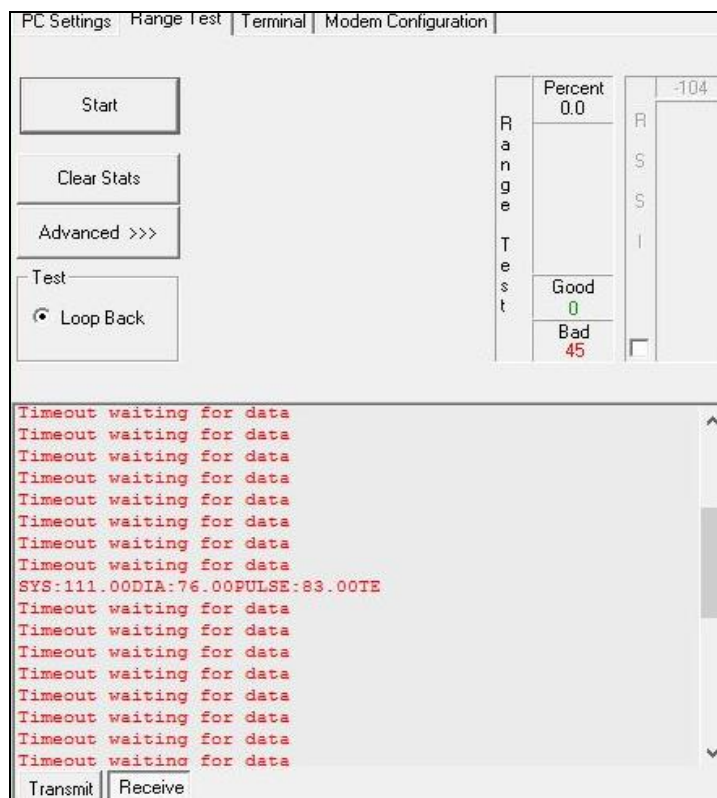


Figura 4.37 Rango de señal a más de 40 metros

4.2.1 Costos Prototipo AdulSysMay

Los costos del hardware utilizado para la construcción del prototipo se los observa en la (Tabla 4.5) donde detalla cada uno de los implementos utilizados, mismos que fueron profundizados sus estudios y funcionamiento en capítulos anteriores.

COSTOS DE HARDWARE DEL PROTOTIPO		
COMPONENTE	CANTIDAD	VALOR
ARDUINO UNO	1	30
OMRON	1	60
SHIELD XBEE	1	20
MODULOS XBEE	2	70
SENSOR LM35	1	1,5
XBEE EXPLORER	1	30
TTL USB ARDUINO	1	10
CAJAS PLASTICAS PROTOTIPO	2	30
TOTAL		251,5

Tabla 4.5 Valores de Hardware Prototipo

Cabe mencionar que los materiales descritos fueron utilizados exclusivamente para la creación del nodo sensor, que se usará para la toma de valores de signos vitales del paciente y para la estación base que es la que se encargada de receptor la señal; no se incluye los costos de análisis, diseño, programación del prototipo.

CAPÍTULO 5

5.1 CONCLUSIONES

- De la investigación realizada sobre las redes inalámbricas con sensores para el monitoreo de los principales signos vitales en pacientes adultos mayores, y con el análisis de que hardware es el más ideal para utilizar se logró la creación del prototipo, el mismo que cumple con todos los requerimientos planteados, mediante un profundo estudio a lo largo de la tesis.
- El prototipo creado nos permite visualizar la información de los principales signos vitales del paciente adulto mayor, dichos valores pueden observar en línea por un profesional de la salud, adicional el paciente puede ingresar un valor muy importante como es la glucosa mediante un dispositivo móvil, lo ideal es que todo este sistematizado, sin embargo se recomienda en futuras investigaciones incluir de manera automática se integre al monitoreo de los signos vitales el valor de la glucosa.
- Para la comunicación inalámbrica aparte de los microcontroladores, sensores (OMRON), Shield para Arduino, módulos Xbee, hubo la necesidad de crear un Shield a la medida en una placa, ya que los pines que transmiten y reciben información (RX, TX) estaban siendo ocupados por el módulo Xbee, al tratar de enviar la información no se podía porque ya estaba siendo utilizado para la transmisión de los signos vitales.
- Aprovechando de la placa creada para no tener una doble fuente de alimentación, se utilizó la fuente de energía del monitor OMRON que trabaja con 6 voltios, de esta manera se optimiza espacio y recursos en el nodo sensor, pero no es menos cierto que la vida útil de las pilas se acortan por el hecho que la alimentación no es solamente para el OMRON por que comparte energía con el microcontrolador y el

módulo de comunicación Xbee; de 300 tomas que puede realizar normalmente, conectando todo lo anteriormente mencionado las tomas se reducen a 40.

- Muchos de los sistemas de monitoreo desarrollados ya sea para domótica, ganadería, agricultura, militar, semaforización, climatización, han utilizado como medio de comunicación estándar el protocolo Zigbee, al trabajar con el protocolo y módulos de comunicación Xbee para la parte de comunicaciones inalámbricas obtenemos la ventaja de utilizar protocolos que son diseñados para ser utilizados en monitoreo con nodos sensores, si bien es cierto en la actualidad podemos tener algunas tecnologías inalámbricas para realizar comunicaciones, Zigbee se adaptó de la mejor manera a nuestro trabajo cuyo objetivo es transmitir los valores de los signos vitales desde un nodo sensor hasta una estación base.
- Para la toma de los principales signos vitales mediante el prototipo creado, podemos mencionar que el manejo es sumamente sencillo y adicional para la facilidad del paciente se creó un manual de usuario donde se indica cómo realizar la correcta toma de los signos vitales y un pequeño video explicativo de como colocarse el brazalete que va conectado en el nodo sensor.
- Como conclusión final de este estudio se creó un prototipo para la toma de los principales signos vitales, el mismo que se sugiere sea utilizado en los hogares de pacientes adultos mayores siendo de mucha ayuda para mejorar su estilo de vida al tener una atención oportuna.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir con este tipo de investigación ya que el momento el ingreso de la glucosa es manual obligando al paciente colocar el valor obtenido mediante un dispositivo móvil posterior a la toma realizada, cuando se llevó a cabo el estudio se consideró también implementar la toma de la glucosa mediante el prototipo creado, sin embargo no se encontró dispositivos que tengan las opciones de poder

utilizar la Transmisión y Recepción de datos (RX, TX) que son de mucha ayuda al momento de enviar datos por puertos seriales que manejan los microcontroladores utilizados en el prototipo creado.

- Con la aparición en estos últimos años de la nanotecnología se puede investigar acerca de sensores mucho más pequeños que puedan ser portables sin ninguna dificultad o que trabajen de manera invasiva es decir colocado dentro del cuerpo, con esto el sensado sea totalmente transparente para el paciente.
- Para una mayor propagación de transmisión se recomienda utilizar Módulos XbeePro ya que tienen una transmisión superior a los 24 kilómetros a línea de vista, de esta manera ya no sería necesario tener un computador en un lugar estratégico del paciente para alimentarse de datos, al contrario la información sería enviada directamente a un data center de algún centro hospitalario, con esto el paciente no se vería en la obligación de contar con un computador en casa para que llegue a su destino los datos sensados.
- Cabe mencionar que los microcontroladores Arduino son exclusivamente diseñados para realizar prototipos que no requieran mucha carga de trabajo, si se requiere implementar en algún centro hospitalario o a su vez comercializar se debe utilizar otro tipo de hardware que están diseñados para trabajar con mucha más exigencia.
- Para una correcta utilización se debe dar una capacitación al paciente de cómo manejar el prototipo creado de manera presencial, adicional al manual del usuario creado para satisfacer todas las inquietudes.
- Para mayor comodidad se sugiere que el prototipo sea colocado en una silla de ruedas previamente adaptado para que se pueda transportar, ya que el peso aproximado es de 450 onzas que equivalen a 0.99 libras.

- Las baterías del prototipo tiene una duración de 40 tomas antes de ser cambiadas las pilas, se recomienda utilizar pilas recargables.
- La toma debe ser realizada en un lugar cercano no mayor a 15 metros de donde se encuentre la estación base para tener una mejor señal ya que con los módulos utilizados tiene una línea de vista de 100 metros y en interiores una propagación de la señal de aproximadamente 40 metros.

Anexo I

Características del OMRON

ESPECIFICACIONES

Modelo:	HEM-742INT
Pantalla:	Pantalla digital LCD
Límites de medición:	Presión: 0 a 299 mmHg, Pulso: 40-180/min.
Memoria:	30 lecturas con fecha y hora
Precisión/Calibración:	Presión: ± 3 mmHg o 2% de lectura Pulso: $\pm 5\%$ de lectura
Inflado:	Automático por bomba eléctrica
Desinflado:	Válvula de liberación automática de presión
Liberación rápida de presión:	Válvula de liberación automática
Detección de presión:	Sensor de presión capacitivo
Método de medición:	Método oscilométrico
Detección del pulso:	Sensor de presión de tipo de capacitancia
Fuente de alimentación:	4 baterías "AA" (o adaptador de CA)
Vida útil de la batería:	Aprox. 300 usos cuando se emplea dos veces por día con 4 baterías de manganeso "AA" estándares nuevas
Temperatura de funcionamiento /Humedad:	50°F a 104°F (10°C a 40°C) /30 a 85% de humedad relativa
Temperatura de almacenamiento /Humedad:	-4°F a 140°F (-20°C a 60°C) /10 a 95% de humedad relativa
Peso de la unidad principal:	Aproximadamente 12 onzas (340 g) sin incluir las baterías
Dimensiones de la unidad principal:	Aprox. 5 5/8" (l) \times 4 3/4" (a) \times 3 3/8" (a) (141 mm \times 121 mm \times 86 mm)
Tamaño de la brazaleta:	Aproximadamente 5 3/4" (a) \times 17 1/2" (l) (146 mm \times 446 mm) Tubo de la brazaleta 23 5/8" (l) (600 mm)
Circunferencia de la brazaleta:	Se adapta a una circunferencia de brazo de 230 mm a 330 mm
Contenido:	Unidad principal, brazaleta para el brazo de adulto estándar, manual de instrucciones
Los accesorios opcionales vendieron por separado:	Adaptador de CA (Número de modelo HEM-ADPT1) y Brazaleta para brazo grande - Circunferencia de 330 mm a 430 mm (Número de modelo H-003D)
Código UPC:	0 73796 74294 2

NOTA: Estas especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.

<https://omronhealthcare.la/uploads/attachment/152487f135e10e9a1e6c4c1e144d1446119ed209H>

[EM-742INT-pdf.pdf 31/01/2016](#)

Anexo II

Programación Sketch Arduino signos vitales

```
#include <string.h>
//DECLARACION DE VARIABLES PARA CALCULO DE LA PRESION Y TEMPERATURA
int i = 0; // Contador
int a; int b; // Sistolica
float c; float S; // Sistolica
int al; int bl; // Diastolica
float cl; float D; // Diastolica
int a2; int b2; float P; // Pulso
char var[255]; // Variable que guarda datos que vienen del Omron
String stringOne, stringTwo, stringTree, stringFour ;
const int sensor = 0; // A0 entrada LM35
long milivolts;
long temperatura;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600); // baudrate del puerto con la PC
  //Serial.println("Iniciando...");
  delay(10000);
}
void loop() {
  //----Preguntamos si hay datos desde el Omron
  if (Serial.available() > 0) {

    temperatura = (analogRead(sensor) * 500.0) / 1023; // calcular los mv de entrada
    //temperatura = milivolts / 10; //calcular la temperatura sensor

char e = Serial.read();
var[i] = e; // variable que almacena datos que vienen del Omron
if (e == 'W') { // condicion para traduccion de datos(10000);
  //Datos de la decima segunda posicion de la Sistolica
  //los valores de 65 a 70 almacena el simbolo de la tabla en ascii
  if ((var[i - 12] >= 65) && (var[i - 12] <= 70))
  {
    a = (var[i - 12] - 55) * 16; //esta condicion es cuando el vector entra en los valores de 65 a 70
  } else {
    a = (var[i - 12] - 48) * 16; //del array de 2 bits (16 posiciones) se toma el valor del hexadecimal en posicion -12 y lo lee en ascii
  }
  //Datos de la decima primera posicion de la Sistolica
  //los valores de 65 a 70 almacena el simbolo de la tabla en ascii
  if ((var[i - 11] >= 65) && (var[i - 11] <= 70))
  {
    b = (var[i - 11] - 55); //esta condicion es cuando el vector entra en los valores de 65 a 70
  } else {
    b = (var[i - 11] - 48); //del array de 2 bits (16 posiciones) se toma el valor del hexadecimal en posicion -11 y lo lee en ascii
  }
  c = (var[i - 10] - 48) * 0.0625;
  S = (a + b + c) * 2;

  // Datos de la OCTAVA posicion de la Diastolica
  //los valores de 65 a 70 almacena el simbolo de la tabla en ascii
  if ((var[i - 8] >= 65) && (var[i - 8] <= 70))
  ,
}
```

```

    a1 = (var[i - 8] - 55) * 16; //esta condicion es cuando el vector entra en los valores de 65 a 70
  } else {
    a1 = (var[i - 8] - 48) * 16; //del array de 2 bits (16 posiciones) se toma el valor del hexadecimal en posicion -8 y lo lee en ascii
  }
  // Datos de la septima posicion de la Diastolica
  //los valores de 65 a 70 almacena el simbolo de la tabla en ascii
  if ((var[i - 7] >= 65) && (var[i - 7] <= 70))
  {
    b1 = (var[i - 7] - 55); //esta condicion es cuando el vector entra en los valores de 65 a 70
  } else {
    b1 = (var[i - 7] - 48); //del array de 2 bits (16 posiciones) se toma el valor del hexadecimal en posicion -7 y lo lee en ascii
  }
  c1 = (var[i - 6] - 48) * 0.0625;
  D = (a1 + b1 + c1) * 2;

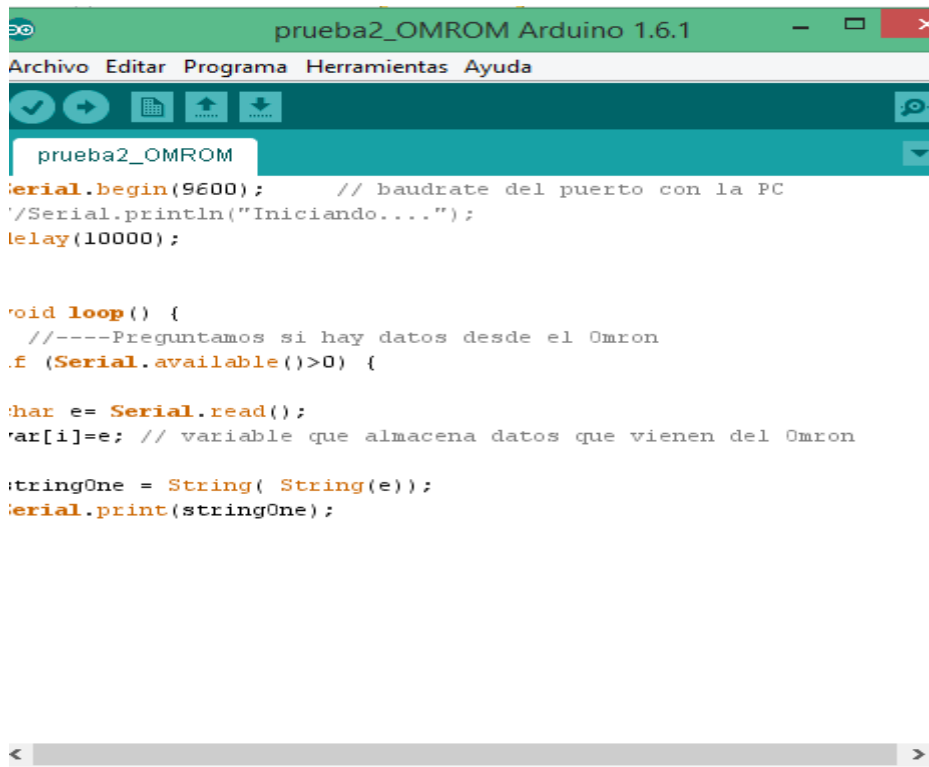
  // Datos de la cuarta posicion del pulso
  //los valores de 65 a 70 almacena el simbolo de la tabla en ascii
  if ((var[i - 4] >= 65) && (var[i - 4] <= 70))
  {
    a2 = (var[i - 4] - 55) * 16; //esta condicion es cuando el vector entra en los valores de 65 a 70 de la tabla ascii (interna de arduino)
  } else {
    a2 = (var[i - 4] - 48) * 16; //del array de 2 bits (16 posiciones) se toma el valor del hexadecimal en posicion -4 y lo lee en ascii
  }
  // Datos de la tercera posicion de la Diastolica
  //los valores de 65 a 70 almacena el simbolo de la tabla en ascii
  if ((var[i - 3] >= 65) && (var[i - 3] <= 70))
  {
    b2 = (var[i - 3] - 55); //esta condicion es cuando el vector entra en los valores de 65 a 70
  } else {
    b2 = (var[i - 3] - 48); //del array de 2 bits (16 posiciones) se toma el valor del hexadecimal en posicion -3 y lo lee en ascii
  }

  P = (a2 + b2);

  // Condición de error
  if (S <= 0 || D <= 0 || P <= 0)
  {
    Serial.println("Error");
  }
  else {
    // Condicion de medida correcta
    if (S > 0 && D > 0 && P > 0)
    {
      stringOne = String("SYS:" + String(S));
      stringTwo = String("DIA:" + String(D));
      stringTree = String("PULSE:" + String(P));
      stringFour = String("TEMP:" + String(temperatura));
      stringOne += stringTwo + stringTree + stringFour ;
      Serial.println(stringOne);
    }
  }
  i = i + 1; // incrementamos contador para almacenar datos
  // en nueva posicion
  if (i == 51) { // controlamos que no exceda las posiciones en 51
    i = 0;
  }
}
}

```

Programación Sketch Arduino transformar a Hexadecimal



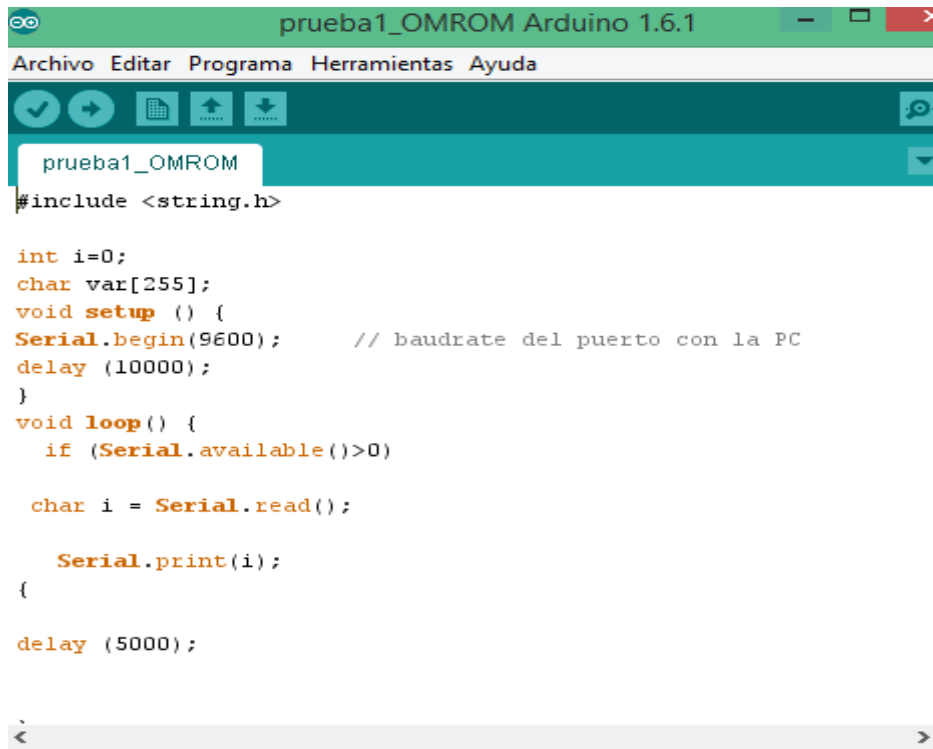
```
prueba2_OMROM Arduino 1.6.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
prueba2_OMROM
Serial.begin(9600); // baudrate del puerto con la PC
'/Serial.println("Iniciando...");
delay(10000);

void loop() {
  //----Preguntamos si hay datos desde el Omron
  if (Serial.available()>0) {

    char e= Serial.read();
    var[i]=e; // variable que almacena datos que vienen del Omron

    stringOne = String( String(e));
    Serial.print(stringOne);
  }
}
```

Programación Sketch Arduino obtener datos OMRON



```
prueba1_OMROM Arduino 1.6.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
prueba1_OMROM
#include <string.h>

int i=0;
char var[255];
void setup () {
  Serial.begin(9600); // baudrate del puerto con la PC
  delay (10000);
}
void loop() {
  if (Serial.available()>0)

    char i = Serial.read();

    Serial.print(i);
  {
    delay (5000);
  }
}
```

Anexo III

Programación PHP para el ingreso Web.

```
acceso.php x
1 <?php
2 session_start(); //se usa para llevar el valor de la cedula de ingreso hacia las demas paginas
3
4 $user="postgres"; //usuario de la BD
5 $password = "sistemas"; //contraseña de BD
6 $dbname = "uno"; //nombre de la BD
7 $port = "5432"; //puerto de comunicacion
8 $host = "localhost"; //direccion del hosting
9 $cadenaConexion = "host=$host port=$port dbname=$dbname user=$user password=$password";
10
11 $nombre = $_POST['user']; //toma el valor del formulario
12 $clave = $_POST['password'];
13
14 $conexion = pg_connect($cadenaConexion) or die("Error en la Conexión: ".pg_last_error()); //prueba conexion
15 $query = "select password, tipo from tb_user where ci = $nombre"; //sentencia de busqueda en SQL
16
17 $resultado = pg_query($conexion, $query) or die("Error en la Consulta SQL"); //vector de resultado de la consulta
18
19 $numReg = pg_num_rows($resultado); //numero de datos resultantes
20
21 if($numReg>0){
22     while ($fila=pg_fetch_array($resultado)){
23         $_SESSION['s_usuario']=$nombre; //se inicia la sesion
24         if ($fila['password'] == $clave){
25             if($fila['tipo'] == 'admin'){
26                 include("VAdm-Menu.php");
27             }
28             if($fila['tipo'] == 'medico'){
29                 include("VDoc-Menu.php");
30             }
31             if($fila['tipo'] == 'paciente'){
32                 include("VPa-Menu.php");
33             }
34         }
35     }
36     else{
37         echo '<script>alert("Clave Incorrecta")</script>'; //muestra cuadro de dialogo
38         echo "<script>location.href='index-no.html'</script>"; //dirige a la pagina de loggeo fallido
39     }
40 }
41 }
42 else{
43     echo '<script>alert("Usuario Incorrecto")</script>'; //muestra cuadro de dialogo
44     echo "<script>location.href='index-no.html'</script>"; //dirige a la pagina de loggeo fallido
45 }
46
47 ?>
```

Programación PHP Menú Administrador Web.

```
VAdm-Menu.php x
1 <!doctype html>
2 <html>
3 <head>
4 <meta charset="UTF-8">
5 <title>Bienvenido</title>
6 <link rel="stylesheet" href="Estilos/estilosV2-Menu.css">
7
8 </head>
9 <body>
10 <?php
11     session_start();
12     $ced=$_SESSION['s_usuario'];
13 ?>
14 <!-- TITULO -->
15 <div class="body-A"></div>
16     <div class="grad-adm"></div>
17     <div class="header">Bienvenido Administrador</div>
18
19 <!-- TODO EL MENU -->
20 <div id="barra-lateral">
21     <!--MENU - OPCION 1-->
22     <div id="contenedor-logos-1" class="contenedor-logos">
23         <div class="logo-1">
24         </div>
25         <!--<li><a href="Ven1Logg.html">OPCION 1</a> -->
26         <a href="VAdm-Ingreso.php"><p class="title-menu">Doctores</p></a>
27     </div>
28     <!--MENU - OPCION 2-->
29     <div class="contenedor-logos">
30         <div class="logo-2">
31         </div>
32         <a href="VAdm-IngresoP.php"><p class="title-menu">Pacientes</p></a>
33     </div>
34     <!--MENU - OPCION 3-->
35     <div class="contenedor-logos">
36         <div class="logo-3">
37         </div>
38         <a href="VAdm-Menu.php"><p class="title-menu">Nosotros</p></a>
39     </div>
40 </div>
41
42 </body>
```

Búsqueda PHP Pacientes Web

```
VPa-Busqueda.php x
1 <!doctype html>
2 <html>
3 <head>
4 <meta charset="UTF-8">
5 <title>Bienvenido</title>
6
7 <link rel="stylesheet" href="Estilos/estilosV2-BusIN.css">
8 <link rel="stylesheet" href="Estilos/estilosV2-Menu.css">
9
10 </head>
11 <body>
12 <?php
13     session_start();
14     $ced=$_SESSION['s_usuario'];
15
16     $user="postgres";
17     $password = "sistemas";
18     $dbname = "uno";
19     $port = "5432";
20     $host = "localhost";
21     $cadenaConexion = "host=$host port=$port dbname=$dbname user=$user password=$password";
22     $conexion = pg_connect($cadenaConexion) or die("Error en la Conexión: ".pg_last_error());
23
24     $query = "select * from tb_user where ci = $ced";
25     $resultado = pg_query($conexion, $query) or die("Error en la Consulta SQL 1");
26     while ($fila=pg_fetch_array($resultado)){
27         $nombre = $fila['nombres'];
28         $apellido = $nombre. " ".$fila['apellidos'];
29         $edad = $fila['edad'];
30     }
31 }
32 ?>
33 <!-- TITULO -->
34 <div class="body-P"></div>
35 <div class="header-BUSIN">Busqueda</div>
36 <!-- TODO EL MENU -->
37 <div id="barra-lateral">
38     <!-- MENU - OPCION 1-->
39     <div id="contenedor-logos-1" class="contenedor-logos">
40         <div class="logo-1">
41             </div>
42         <!--<li><a href="Ven1Logg.html">OPCION 1</a> -->
43         <a href="VPa-Ingreso.php"><p class="title-menu">Ingreso</p></a>
44     </div>
45     <!-- MENU - OPCION 2-->
46     <div class="contenedor-logos">
47         <div class="logo-2">
48             </div>
49         <p class="title-menu">Busqueda</p>
50     </div>
51     <!-- MENU - OPCION 3-->
52     <div class="contenedor-logos">
53         <div class="logo-3">
54             </div>
55         <a href="VPa-Menu.php"><p class="title-menu">Nosotros</p></a>
56     </div>
57 </div>
58
59 <!-- TABLA TRANSPARENTE CON LOS DATOS DEL PACIENTE -->
60 <div class="tablaTr">
61 <table width="267" border="0">
62 <tbody>
63 <tr>
64 <td width="77" align="center"><p class="titleOT-ing">Nombre: </p></td>
65 <td width="180" align="center"><p align="left" style="font-size:14px" ><?php echo $apellido; ?>
66 </p></td>
67 </tr>
68 <tr>
69 <td width="77" align="center"><p class="titleOT-ing">CI: </p></td>
70 <td width="180" align="center"><p align="justify" style="font-size:14px"><?php echo $ced; ?>
71 </p></td>
72 </tr>
73 <tr>
74 <td width="77" align="center"><p class="titleOT-ing">Edad: </p></td>
75 <td width="180" align="center"><p align="justify" style="font-size:14px"><?php echo $edad; ?>
76 </p></td>
77 </tr>
78 </tbody>
79 </table>
80 </div>
81
82 <!-- CREAON DE LA TABLA-->
83 <div class="tabla2">
84
```

```

85 <table width="701" border="0">
86 <tbody>
87 <tr>
88 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">Fecha</td>
89 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">Hora</p></td>
90 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">Sistole</p></td>
91 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">Diastole</p></td>
92 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">Pulso</p></td>
93 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">Glucosa</p></td>
94 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">Temperatura</p></td>
95 </tr>
96
97 <?php
98
99 $query = "select * from tb_valor where ci_paciente = $ced";
100
101 $resultado = pg_query($conexion, $query) or die("Error en la Consulta SQL");
102 $numReg = pg_num_rows($resultado);
103 $i = $numReg-5;
104 while ($fila=pg_fetch_array($resultado) and $i<$numReg){
105     ?>
106     <tr>
107 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">
108 <input name="textfield2" type="text" id="textfield1" value= <?php echo $fila['fecha'];?> readonly >
109 </p></td>
110 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">
111 <input name="textfield2" type="text" id="textfield2" value= <?php echo $fila['hora'];?> readonly >
112 </p></td>
113 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">
114 <input name="textfield3" type="text" id="textfield3" value= <?php echo $fila['sys'];?> readonly >
115 </p></td>
116 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">
117 <input name="textfield4" type="text" id="textfield4" value= <?php echo $fila['dia'];?> readonly >
118 </p></td>
119 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">
120 <input name="textfield5" type="text" id="textfield5" value= <?php echo $fila['pulso'];?> readonly >
121 </p></td>
122 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">
123 <input name="textfield5" type="text" id="textfield5" value= <?php echo $fila['glucosa'];?> "" readonly="readonly">
124 </p></td>
125 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">
126 <input name="textfield5" type="text" id="textfield5" value= <?php echo $fila['temperatura'];?> readonly >
127 </p></td>
128 </tr>
129 <?php
130 $i++;
131 $doctor = $fila['ci_doctor'];
132 }
133 ?>
134 </tbody>
135 </table>
136 </div>
137
138
139 <div class="radiobutton2">
140 <table width="300" border="0" cellspacing="0">
141 <tbody>
142 <tr>
143 <td width="43" align="center"><p class="title0T-ing">
144 <input type="radio" name="radio" id="radio1" class="radio" checked/>
145 </p></td>
146 <td align="center" colspan="2"><p class="title0-ing">Por fecha: </p></td>
147 </tr>
148 <tr>
149 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">Fecha inicial:</td>
150 <td width="81" align="center"><p class="title0-ing">
151 <input name="f_inicial" type="date" required="required" id="f_inicial" max="2020-01-01" min="2015-01-01" >
152 </p></td>
153 <td width="200" align="center"><p class="title0-ing">Fecha final:</p></td>
154 <td width="81" align="center"><p class="title0-ing">
155 <input name="f_final" type="date" required="required" id="f_final" max="2020-01-01" min="2015-01-01">
156 </p></td>
157 </tr>
158
159 <tr>
160 <td width="43" align="center"><p class="title0T-ing">
161 <input type="radio" name="radio" id="radio1" class="radio" checked/>
162 </p></td>
163 <td width="447" align="center"><p class="title0-ing">Los últimos</p></td>
164 <td width="81" align="center"><p class="title0-ing">
165 <input type="text" name="textfield20" id="textfield20" value="5">
166 </p></td>
167 <td width="447" align="center"><p class="title0-ing">movimientos</p></td>
168 </tr>

```

```

169
170     </tbody>
171 </table>
172 </div>
173
174
175 <?php
176
177 $query = "select * from tb_user where ci = $doctor";
178 $resultado = pg_query($conexion, $query) or die("Error en la Consulta SQL 1");
179 while ($fila=pg_fetch_array($resultado)){
180     $nombre_doc = $fila['nombres'];
181     $apellido = $nombre_doc. " " . $fila['apellidos'];
182     $telefono = $fila['telefono'];
183 }
184 ?>
185 <!-- TABLA TRANSPARENTE-2 CON LOS DATOS DEL DOCTOR-->
186 <div class="tablaTr2">
187     <table width="258" border="0">
188     <tbody>
189     <tr>
190         <td width="88" align="center"><p class="titleOT-ing">Nombre: </p></td>
191         <td width="202" align="center"><p align="left" style="font-size:14px" ><?php echo $apellido; ?>
192         </p></td>
193     </tr>
194     <tr>
195         <td width="88" align="center"><p class="titleOT-ing">Telefono: </p></td>
196         <td width="202" align="center"><p align="left" style="font-size:14px" ><?php echo $telefono; ?>
197         </p></td>
198     </tr>
199     </tbody>
200 </table>
201 </div>
202
203 </body>
204 </html>
205

```

Ingreso Glucosa PHP Pacientes Web.

```

VPa-Ingreso.php
1 <!doctype html>
2 <html>
3 <head>
4 <meta charset="UTF-8">
5 <title>Bienvenido</title>
6
7 <link rel="stylesheet" href="Estilos/estilosV2-BusIN.css">
8 <link rel="stylesheet" href="Estilos/estilosV2-Menu.css">
9
10 </head>
11 <body>
12 <?php
13     session_start();
14     $ced=$_SESSION['s_usuario'];
15 ?>
16 <!-- TITULO -->
17 <div class="body-P"></div>
18 <div class="header-BUSIN">Ingreso de datos</div>
19
20 <!-- TODO EL MENU -->
21 <div id="barra-lateral">
22     <!--MENU - OPCION 1-->
23     <div id="contenedor-logos-1" class="contenedor-logos">
24         <div class="logo-1">
25             </div>
26             <!--<li><a href="Ven1Logg.html">OPCION 1</a -->
27             <p class="title-menu">Ingreso</p>
28         </div>
29     <!--MENU - OPCION 2-->
30     <div class="contenedor-logos">
31         <div class="logo-2">
32             </div>
33         <a href="VPa-Busqueda.php"><p class="title-menu">Busqueda</p></a>
34     </div>
35     <!--MENU - OPCION 3-->
36     <div class="contenedor-logos">
37         <div class="logo-3">
38             </div>
39         <a href="VPa-Menu.php"><p class="title-menu">Nosotros</p></a>
40     </div>
41 </div>
42

```

```

43 <!-- CREACION DE LA TABLA-->
44 <div class="tabla1">
45 <form method="post" name="ing_glucosa">
46 <table width="501" border="0">
47 <tbody>
48 <tr>
49 <td width="272" align="center"><p class="title-ing">Ingresar el valor de la glucosa</p></td>
50 <td width="219"><p class="title-ing">
51 <input type="text" name="glucosa" id="glucosa">
52 </p></td>
53 </tr>
54 <tr>
55 <td align="center" colspan="2">
56 <!-- con colspan fusiono las celdas -->
57 <input type="submit" name="env_glucosa" value="Ingresar">
58 </td>
59 </tr>
60 </tbody>
61 </table>
62 </form>
63 </div>
64
65 </body>
66 </html>
67
68 <?php
69     date_default_timezone_set('America/Bogota');
70
71     $user="postgres";
72     $password = "fercho.1";
73     $dbname = "uno";
74     $port = "5432";
75     $host = "localhost";
76     $cadenaConexion = "host=$host port=$port dbname=$dbname user=$user password=$password";
77
78     if(isset($_POST['env_glucosa'])){
79
80         $glucosa = $_POST['glucosa'];
81         $fecha = date("Y/m/d");
82
83         $conexion = pg_connect($cadenaConexion) or die("Error en la Conexión: ".pg_last_error());
84         $query = "update tb_valor set glucosa=$glucosa where ci_paciente=$ced and fecha='$fecha'";
85
86
87
88         $resultado = pg_query($conexion, $query) or die("Error en la Consulta SQL".pg_last_error());
89         if($resultado){
90
91             echo $resultado;
92         }
93         else{
94             echo '<script>alert("Dato mal Ingresado")</script>';
95         }
96     }
97 >>

```

Búsqueda PHP Doctores Web.

```
VDoc-Busqueda.php x
1  <!doctype html>
2  <html>
3  <head>
4  <meta charset="UTF-8">
5  <title>Busqueda</title>
6
7  <link rel="stylesheet" href="Estilos/estilosV2-BusIN.css">
8  <link rel="stylesheet" href="Estilos/estilosV2-Menu.css">
9
10 </head>
11 <body>
12 <?php
13     session_start();
14     $ced=$_SESSION['s_usuario'];
15 ?>
16 <!-- TITULO -->
17 <div class="body-D"></div>
18     <div class="header-BUSIN">Busqueda</div>
19
20
21 <!-- TODO EL MENU -->
22 <div id="barra-lateral">
23     <!--MENU - OPCION 1-->
24     <div id="contenedor-logos-1" class="contenedor-logos">
25         <div class="logo-1">
26             </div>
27             <!--<li><a href="Ven1Logg.html">OPCION 1</a> -->
28             <a href="VDoc-Ingreso.php"><p class="title-menu">Ingreso</p></a>
29         </div>
30     <!--MENU - OPCION 2-->
31     <div class="contenedor-logos">
32         <div class="logo-2">
33             </div>
34         <p class="title-menu">Busqueda</p>
35     </div>
36     <!--MENU - OPCION 3-->
37     <div class="contenedor-logos">
38         <div class="logo-3">
39             </div>
40         <a href="VDoc-Menu.php"><p class="title-menu">Nosotros</p></a>
41     </div>
42 </div>
43
44 <!-- CREACION DE LA TABLA-->
45 <div class="tabla3">
46 <form method="post" name="ing_cedula" action="VDoc-Busqueda-Paciente.php">
47 <table width="458" border="0">
48 <tbody>
49 <tr>
50 <td height="29" colspan="2" align="center"><p class="title0-ing">Ingrese cualquiera de los campos solicitados</p></td>
51 </tr>
52 <tr>
53 <td width="162" align="center"><p class="title1-ing">Nombre:</p></td>
54 <td width="286" align="center"><p class="title2-ing">
55 <input type="text" name="Nombre" id="textfield2">
56 </p></td>
57 </tr>
58 <tr>
59 <td width="162" align="center"><p class="title1-ing">CI:</p></td>
60 <td width="286" align="center"><p class="title2-ing">
61 <input name="Ced_Paciente" type="text" required="required" id="textfield2">
62 </p></td>
63 </tr>
64 <tr>
65 <td align="center" colspan="2">
66 <!-- con colspan fusiono las celdas -->
67 <input type="submit" value="Buscar">
68 </td>
69 </tr>
70 </tbody>
71 </table>
72 </div>
73 </form>
74 </div>
75
76 </body>
77 </html>
78
```

Anexo IV

Programación obtener datos Arduino y conexión con base de datos (NetBeans)

```
package signos_vitales;
import Arduino.Arduino;
import gnu.io.SerialPortEvent;
import gnu.io.SerialPortEventListener;
import java.sql.ResultSet;
import java.util.Calendar;
import java.sql.*;
import java.util.logging.Level;
import java.util.logging.Logger;

public class Signos_vitales {
    static String sys,dya,pulso,temp;
    static Integer val_sys=0;
    static Integer val_dia=0;
    static Integer val_pulso=0;
    static Double val_temp=0.0;
    static int dia, mes, anio, hora, minuto;
    static String driver = "org.postgresql.Driver"; // el nombre de nuestro driver Postgres.
    static String connectString = "jdbc:postgresql://127.0.0.1:5432/uno"; // llamamos nuestra bd
    static String user = "postgres"; // usuario postgres
    static String password = "sistemas"; // no tiene password nuestra bd.

    public static void main(String[] args) {
        final Arduino Arduino = new Arduino();
        SerialPortEventListener evento;

        evento = new SerialPortEventListener() {
            @Override
            public void serialEvent(SerialPortEvent spe) {
                int cont = 0;
                if (Arduino.MessageAvailable() == true) {
                    String lectura_datos_arduino = Arduino.PrintMessage(); // lectura arduino en variable string
                    char[] charArray = lectura_datos_arduino.toCharArray(); //convertir a char array para procesamiento infomracion por partes

                    System.out.println("POSICION"+charArray.length+"igual "+ Arduino.PrintMessage());
                    System.out.println(lectura_datos_arduino);
                    sys= lectura_datos_arduino.substring(lectura_datos_arduino.indexOf("SYS:")+4, lectura_datos_arduino.indexOf("DIA:")+3);
                    dya= lectura_datos_arduino.substring(lectura_datos_arduino.indexOf("DIA:")+4, lectura_datos_arduino.indexOf("PULSE:")+3);
                    pulso= lectura_datos_arduino.substring(lectura_datos_arduino.indexOf("PULSE:")+6, lectura_datos_arduino.indexOf("TEMP:")+3);
                    temp= lectura_datos_arduino.substring(lectura_datos_arduino.indexOf("TEMP:")+5, lectura_datos_arduino.length());
                    Calendar fecha = Calendar.getInstance();
                    dia= fecha.get(Calendar.DATE);
                    mes= fecha.get(Calendar.MONTH);
                    anio= fecha.get(Calendar.YEAR);
                    hora= fecha.get(Calendar.HOUR_OF_DAY);
                    minuto= fecha.get(Calendar.MINUTE);
                    IDE 8.02
                    System.out.println(hora+":"+minuto+" "+dia+"/"+mes+"/"+anio);
                    System.out.println("SYSTOLICA =" +sys);
                    System.out.println("DISTOLICA =" +dya);
                    System.out.println("PULSO =" +pulso);
                    System.out.println("TEMPERATURA =" +temp);

                    val_sys=Integer.parseInt(sys);
                    val_dia=Integer.parseInt(dya);
                    val_pulso=Integer.parseInt(pulso);
                }
            }
        };
    }
}
```

```

        val temp=Double.parseDouble(temp);
    }
};
try {
    Arduino.ArduinoRX("COM3", 5000, 9600, evento);
    try{
        Thread.sleep(60000);
    }catch(Exception e){
        System.out.println("no");
    }
    //Arduino.MessageAvailable();
    Arduino.KillArduinoConnection();
    String cedula_paciente="1719959866";
    String cedula_medico="1711932473";
    String tratamiento="contrex";
    try{
        Class.forName(driver);
        //Hacemos la coneccion.
        Connection conn = DriverManager.getConnection(connectString, user, password);
        //Si la conexion fue realizada con exito, muestra el sgte mensaje.
        System.out.println("Conexion a la base de datos uno realizada con exito!");
        Statement sent = conn.createStatement();
        ResultSet rs;
        String fechas = anio+"/"+mes+"/"+dia;
        String hor = hora+": "+minuto+":00";
        String value = cedula_paciente.concat(", ").concat(fechas).concat(", ").concat(hor).concat(", ").concat(sys).concat(", ");
        System.out.println(value);

        String query = "Insert into tb_valor (ci_paciente, fecha, hora, sys, dia, pulso, temperatura, glucosa, ci_doctor,
        sent.executeQuery(query);
        sent.execute("END");
        sent.close();
        //Cerramos la conexion
        conn.close();
    }catch(Exception e){
        System.out.println(e);
    }
} catch (Exception ex) {
    Logger.getLogger(Signos_vitales.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
}

```

Anexo V

Diseño del Nodo Sensor Para Arduino

(Nodo Sensor) donde se puede observar los siguientes elementos con sus respectivas conexiones:

Arduino Uno

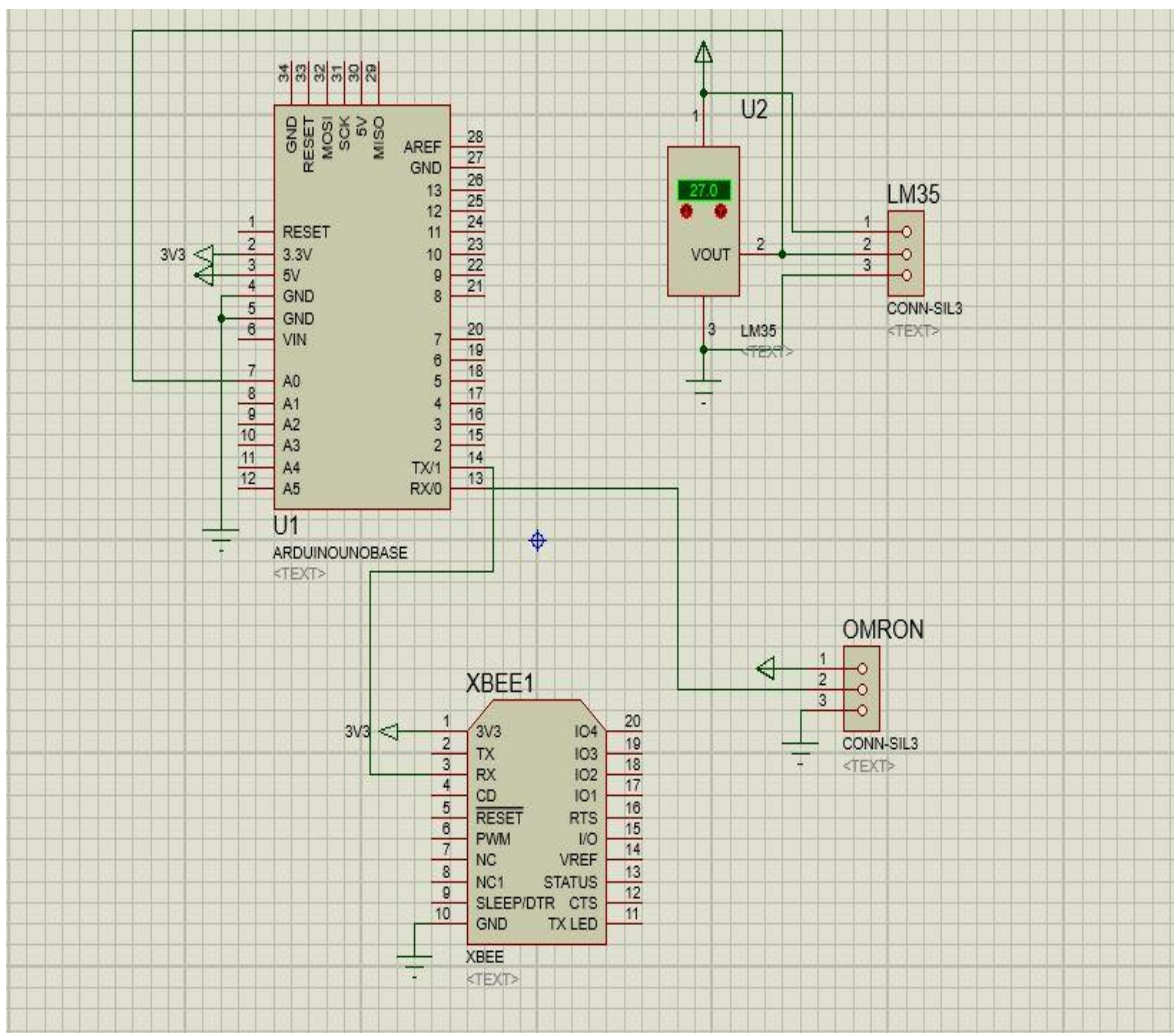
LM35

XBee

CONN-SIL3

OMRON 7113

La alimentación de Arduino es por medio de las baterías del OMRON



Anexo VI

Manual de Usuario Prototipo SysAdulMay

El Manual tiene como objetivo dar a conocer al usuario las principales funciones que tiene el prototipo para el correcto manejo del mismo.

Partes:

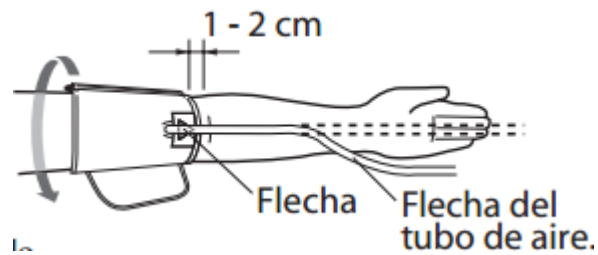
- Un brazalete que va conectado al (Nodo Sensor).
- 4 pilas doble AA (se recomienda las de 1.2 V)
- Módulo de comunicación Inalámbrica (Estación Base)
- Nodo Sensor.
- Sensor de Temperatura



Recomendaciones para la toma de los signos vitales:

- Debe estar en reposo por lo menos 10 minutos antes de la toma de los signos vitales.
- Debe permanecer en estado de relajación.
- No haber fumado e ingerido bebidas alcohólicas, energizantes.

- Al momento de la toma de signos vitales no debe hablar, por que alteraría los valores.
- El brazo debe estar descubierto a 1 o 2 centímetros por encima del codo.
- El tubo del brazalete debe estar centrada en la parte central interna del brazo.








Medicion:

- De manera preferencial sentarse en una silla con los pies apoyados sobre el piso.
- El brazo debe estar apoyado sobre una mesa, que quede alineado a nivel del corazón.
- Permanecer quieto y no hablar hasta que termine la medición.
- El brazalete no debe estar muy presionado, se debe considerar un ajuste necesario
- Presionar Start y esperar hasta que se desinflen completamente el brazalete.



- Si el prototipo marca la Letra E debe realizarse nuevamente la toma (Mensajes de ERROR) que emite el dispositivo.

INDICADORES DE ERROR

SÍMBOLO	CAUSA	CORRECCIÓN
	El monitor no pudo detectar el pulso.	Tome otra medición y quédese quieto hasta que se complete la medición.
	El brazalete no está lo suficientemente inflado. El brazalete no está colocado correctamente.	Quite el brazalete del brazo. Lea "Cómo tomar una medición".
	El brazalete está demasiado inflado.	Espere 2 ó 3 minutos. Tome otra medición.
	Las pilas están agotadas.	Cambie las cuatro pilas. Consulte "Colocación de las pilas".
	Error en el dispositivo.	Póngase en contacto con el servicio de atención al cliente.

Mantenimiento:

- No doblar el tubo del brazalete ya que este permite que ingrese el aire para la toma de signos vitales.
- Evitar que el prototipo sus dos partes estén expuestos al intemperie evitando que ingrese agua ya que puede ocasionar un corte de todos los circuitos.
- No golpear el ninguno de los dispositivos ocasiona daños irreparables con desconexiones.
- Guardar el dispositivo en un lugar libre de polvo para no tener inconvenientes en los circuitos.
- Solicitar un mantenimiento mínimo 2 veces al año.
- Las baterías tiene una duración con pilas nuevas de hasta un máximo de 40 tomas antes de ser reemplazadas.

Recomendaciones:

- Verificar que el dispositivo de recepción de datos este colocado correctamente en el computador y este corriendo la aplicación que envía los datos.
- No estar muy alejado del computador al momento de realizar la toma de los signos vitales.
- Antes de sacarse el brazalete verificar los datos se presente en el prototipo.
- Se debe capacitar muy bien al usuario de manera presencial ya que el mismo debe interactuar con el computador para poder ingresar el valor de la glucosa.

http://www.alvearmedicalcenter.com/pdf/manuales/2012/HEM-7113_M_Sp_060710.pdf

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/diabetes-y-enfermedades-hipertensivas-entre-las-principales-causas-de-muerte-en-el-2013/>
12-Diciembre-2014
- [2] <http://www.desarrollosocial.gob.ec/ciudadania-ecuatoriana-acoge-positivamente-campana-por-el-dia-mundial-de-la-alimentacion/>
10-Enero-2015
- Ministerio de Salud Beneficios del Adulto Mayor
[2] <http://www.salud.gob.ec/ministerios-del-frente-social-firman-convenio-en-beneficio-del-adulto-mayor/>
09-Mayo-2015
- [1] [3] http://www.lqtechnology.net/portal/index.php?Section=Elder_Cluster
04-Septiembre-2015
- [4] <http://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1288/349251.pdf?sequence=1>
21-Agosto-2015
- [5] <http://informaticaredes2012.blogspot.com/> 25-Septiembre-2015
- [6] <http://materias.fi.uba.ar/7500/Garbarino.pdf>
16-Agosto-2015
- [7] <http://definicion.de/signos-vitales/>
25-Septiembre-2015
- [8] <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002341.htm>
25-Septiembre-2015

- [9]<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Calor/historia/historia.htm> .
26-Septiembre-2015
- [10] Fundamentos de enfermería, Carmen Ledesma, México, editorial Limusa 2004
- [11]Procesando señales biomédicas pedro A Carrión / Juan Rodenas Gracia / José Joaquín Rieta Ibáñez, Universidad de castilla la mancha 2007 empresa editorial graficas izquierdo impresa en España 2007
- [12].libro de la salud del hospital Clinic de Barcelona y la fundación BBVA, dirigido por, Juan Rodés, Josep María Piqué, Antoni Trilla edición y producción, editorial Nerea S.A 2007.
- [13]<Http://escuela.med.puc.cl/publ/manualemiologia/210PresionArterial.htm>
01-Noviembre-2015
- [14]<http://primerosauxilios-enfermeria-jujan2013.blogspot.com/2013/09/la-valoracion-de-los-signos-vitales.html> .
01-Noviembre-2015
- [15]<https://www.arduino.cc>
02-Noviembre-2015
- [16]<http://xbee.cl/que-es-xbee/>
02-Noviembre-2015
- [17]<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoXbeeShield>.
02-Noviembre-2015
- [18]<https://learn.sparkfun.com/tutorials/arduino-shields>
10-Noviembre-2015
- [19]http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf
10-Noviembre-2015

- [20]<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3794/1/98T00063l.pdf>
04-Diciembre-2015
- [21]<https://omronhealthcare.la/uploads/attachment/152487f135e10e9a1e6c4c1e144d1446119ed209HEM-742INT-pdf.pdf>.
05-Diciembre-2015
- [22]<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4463/1/M-ESPEL-0044.pdf>
05-Diciembre-2015
- Tesis de Doctorado Redes Inalámbricas de Sensores
<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8417/tesisUPV3326.pdf>
03-Abril-2015
- Lógica reconfigurable en redes de sensores inalámbricos, Jose Torres, Guillermo Martinez,
Noviembre 01 2011.
- [http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/%28A%29 Redes de Sensores Inalambricos Utilizando ZIGBEE802154_a05yzX_.pdf](http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/%28A%29%20Redes%20de%20Sensores%20Inalambricos%20Utilizando%20ZIGBEE802154_a05yzX_.pdf).
24-Junio-2015
- <http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>.
25-Junio-2015
- http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/distribuidos/material/monografias/RedesInalamblicasSensores_1.pdf
15-Agosto-2015
- <http://redesdesensoreswsn.blogspot.com/2012/07/redes-de-sensores-inalamblicas-wsn-upt.html>
15-Agosto-2015
- <http://www.yachay.gob.ec/congreso-de-ingenieria-biomedica-investigacion-con-celulas-madre/>.
10-Diciembre-2015

- http://www.alvearmedicalcenter.com/pdf/manuales/2012/HEM-7113_M_Sp_060710.pdf
10-Enero-2016