



Universidad Autónoma del Estado de México

Centro Universitario UAEM Texcoco

Proyecto:

Aplicación de sensores móviles e inteligencia computacional en la localización de víctimas en edificios colapsados por sismo.

REPORTE FINAL

Cuerpo Académico:
Aplicaciones de Sistemas Inteligentes

Integrantes:
Dra. Rosa María Rodríguez Aguilar
Dra. Yedid Erandini Niño Membrillo
Dra. Alma Delia Cuevas Rasgado (Líder)

ÍNDICE

1	Introducción.....	5
2.1	Planteamiento del problema	6
1.2	Justificación	6
1.3	Objetivo General.....	7
1.4	Objetivos Específicos	7
2.5	Hipótesis	7
1.7	Alcances y limitaciones	7
2	Marco Teórico	8
3.1	Sensores	8
2.2	Clasificación de los sensores	9
2.3	Raspberry Pi	11
2.4	CPU	12
2.5	GPU	13
2.6	GPIOs	13
2.7	MQTT (Message Queue Telemetry Transport).....	14
2.8	Trabajos relacionados	16
2.9	Procesamiento de la información del dispositivo de rescate	17
3	Metodología.....	18
3.1	Ciclo de vida de desarrollo de software.....	18
3.2	Prototipo	19
4	Análisis	20
4.1	Requerimientos Funcionales:	20
4.2	Diagramas de casos de uso de nivel 0	24
4.3	Componentes	24
4.4	Diagrama de Casos de Uso: Activar sensores.	24
4.5	Diagrama de Casos de Uso: Lectura de los sensores.....	25
4.6	Diagramas de caso de uso de nivel 1 Activación de los sensores	25
4.2	Diagrama de casos de uso de nivel 1 Lectura de los sensores.....	26
5	Diseño.....	28
6.1	Diseño de los componentes del prototipo.....	28
6.2	Funcionamiento	29
6.3	Descripción.....	31
6.4	Ajustes	32

6.5	Sensor de sonido.....	34
6.6	GPS.....	35
6.7	Raspberry Pi B+	35
6.8	Diagrama General de la placa.....	37
6	Conclusión.....	38
7	Referencias	39

1 Introducción

Los primeros años del segundo milenio serán recordados como los años en que las nuevas invenciones en materia tecnológica han permeado y cambiado muchos aspectos de la vida cotidiana de la población mundial. Una de estas invenciones son el uso y compra accesible de dispositivos con capacidades de cómputo muy superiores y 10 veces menor comparados con los creados hace apenas una década antes. Dichos dispositivos llamados ordenadores de placa simple o (*SBC - Simple Board Computer*) han venido a revolucionar de manera inimaginable el uso de computadoras debido a su coste o tamaño. Esta investigación se centra en el uso de este tipo de dispositivos, específicamente la Raspberry Pi como dispositivo de telemetría y distintos sensores electrónicos para la localización de personas atrapadas en escombros posterior a sismos en el país.

En los últimos 20 años la capacidad de cómputo de datos ha aumentado de manera exponencial en dispositivos cada vez más pequeños, esto junto con la masificación y uso de redes inalámbricas y dispositivos móviles ha propiciado el desarrollo, creación y reinención de tecnologías que creíamos consolidadas.

Cada vez es más común el uso de dispositivos de red y uso de protocolos de comunicación en objetos de uso común; desde calzado hasta edificios pasando por el mismo cuerpo humano. Esto ha propiciado para que algunos conceptos relativamente nuevos como lo es el *Internet de las cosas (IoT, Internet of Things)* y otros no tan nuevos han recobrado más fuerza como lo es: la *Ciencia de Datos*.

El uso de sensores electrónicos junto con dispositivos de alta capacidad computacional en tamaños muy reducidos, redes móviles e interconexión mediante protocolos de bajo consumo de banda ancha como lo es MQTT (Message Queue Telemetry Transport) ha facilitado el desarrollo de dispositivos para recolección de datos que sirven como apoyo en la toma de decisiones en el rescate de personas. Hoy en día se investigan y desarrollan robots que apoyen en ámbitos que van desde la prevención de salud, asistencia en el hogar hasta los departamentos de defensa de muchos países.

Esta investigación tiene el interés en la creación de un dispositivo que asista en la localización de personas atrapadas en escombros que dejan a su paso desastres naturales como sismos en las ciudades. Se enfoca principalmente en la comunicación de datos recolectados de sensores conectados a una SBC para su análisis.

Específicamente se refiere al desarrollo de un prototipo de hardware que recolecta datos de la temperatura, movimiento y sonido en el ambiente, son obtenidos mediante *scripts* de programación y enviados a una instancia remota mediante el protocolo de comunicaciones *MQTT*.

El documento se organiza de la siguiente manera: se presenta el planteamiento del problema, la justificación, se presentan los objetivos e hipótesis, el marco teórico y el referencial para mostrar la situación actual del tema en materia de investigación, se presenta la metodología a seguir para el Análisis y diseño, las conclusiones y referencias.

2.1 Planteamiento del problema

En casos de rescate de personas atrapadas entre escombros y debido al colapso de un edificio la Organización de las Naciones Unidas (ONU) decide cancelar las misiones de rescate entre 5 y 7 días después de que este ocurra. Esta norma cambia en el caso de México, ya que solamente se consideran 72 horas de tiempo de vida para rescatar a las personas atrapadas.

Aunque existen casos en los que se ha podido rescatar personas después de una semana del desastre como en el caso del sismo de 1985 en la Ciudad de México. La localización de personas es vital para incrementar los esfuerzos en determinada situación y no perder el valioso tiempo en lugares del siniestro donde no hay personas vivas.

Uno de los principales problemas en la localización de personas es que se pone en peligro la integridad de los rescatistas, esto debido a que la mayoría de los casos se deben maniobrar en estructuras bastante dañadas e inestables, sin considerar que muchas veces el espacio de trabajo por el que hay que maniobrar es bastante reducido para acceder a el.

El tiempo que se pierde en la preparación y remoción de escombros para maniobra es considerable y hay casos en los que puede ser en vano ya que se dirigen esfuerzos a zonas en las que no hay personas atrapadas o vivas.

Debido a lo anterior se plantea lo siguiente:

¿Desarrollando un dispositivo de telemetría que envíe información remotamente de distintos sensores, se podrá localizar más rápidamente a personas vivas en escombros y sin poner en peligro la vida de los rescatistas?.

1.2 Justificación

En México se estima que murieron 12,843 personas en el sismo del 19 de septiembre de 1985 por causas de politraumatismo, aplastamiento, asfixia y causas asociadas al terremoto. La cifra estimada de muertes por las mismas condiciones en el año 2017 suma 471 personas en los 2 sismos de alta intensidad que sucedieron en el mes de septiembre en México. Se estima que más de 12 millones de personas fueron afectadas en más de 400 municipios y casi 6 mil viviendas fueron afectadas solo en la Ciudad de México.

El tiempo de recuperación después de un sismo puede ser muy lento debido a varios factores, uno de los principales es la falta de información y datos para que los expertos ya sea rescatistas o las autoridades que se encargan de tomar decisiones puede ser casi nula. En el caso del rescate de personas atrapadas en escombros de edificios colapsados el tiempo es muy importante debido a que cada minuto después del colapso la esperanza de vida se reduce.

El uso de sensores, dispositivos no tripulados y protocolos de comunicación para asistir en el rescate de personas en desastres naturales ha cobrado importancia debido a que este tipo de dispositivos ayuda a agilizar la recolección de datos que se brindan a los expertos para la toma de decisiones. Si bien en este tipo de casos las decisiones pueden ser difíciles poniéndolas en un contexto de humanidad, la incertidumbre humana también es reducida

1.3 Objetivo General

Desarrollar el prototipo de un dispositivo de telemetría que reporte remotamente los datos de sensores de movimiento, temperatura y localización geográfica.

1.4 Objetivos Específicos

1. Usar una Raspberry Pi como dispositivo de telemetría para la interacción de distintos sensores.
2. Conectar sensor de temperatura infrarrojo por protocolo I2C para reportar la temperatura ambiental y de un objeto.
3. Conectar sensor de sonido para reportar datos.
4. Conectar sensor de movimiento reportar datos.
5. Programar un script que tome los datos provenientes de los sensores y reportarlos a una instancia remota por MQTT.
6. Activar un servidor remoto que reciba los datos de sensores del dispositivo

2.5 Hipótesis

Si se construye un prototipo de un dispositivo de telemetría que reporte los datos de distintos sensores disminuirá el tiempo de identificación de personas en riesgo con respecto a la búsqueda manual.

1.7 Alcances y limitaciones

Alcances

- El prototipo obtiene datos de sensores de sonido, temperatura y movimiento que son reportados mediante una red inalámbrica.
- El prototipo reporta a una instancia pública los datos de los sensores conectados al tiempo real para su análisis y manejo.

Limitaciones

- El prototipo no tendrá una interfaz gráfica para ver los datos recabados
- El prototipo no guardará los datos recabados
- El prototipo no cuenta con motores o algún tipo de dispositivo para operar su movimiento
- El prototipo no recaba datos de algún dispositivo de video

2 Marco Teórico

3.1 Sensores

Un sensor en general es aquello que tiene sensibilidad ante alguna magnitud variable de su ambiente o medio en el que se encuentra.

En el ámbito electrónico un sensor es un objeto que puede medir alguna magnitud física o química y transformarlas en electricidad por medio de un transductor. Las magnitudes químicas o físicas que puede medir se les llama variables de instrumentación, estas pueden ser de distinto tipo y se puede tratar de: luminosidad, temperatura, velocidad, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, fuerza, torsión. Humedad. pH.

Un sensor está en contacto con la variable de instrumentación que lo condiciona a diferencia del transductor que solamente convierte estas señales en voltaje.

En resumen se podría decir que un sensor es el objeto capaz de abstraer magnitudes del mundo real y convertirlas en una señal eléctrica que se pueda medir y observar.

Características generales de los sensores

Diseño

- Magnitud medida
- Características eléctricas
- Características mecánicas

Magnitud medida

- **Naturaleza:** Es la magnitud que detecta el sensor, esta se puede de tratar de presión, aceleración, temperatura, etc.
- **Rango:** Se refiere a los extremos refiriéndose a medidas de la magnitud, es decir sus límites superior e inferior.
- **Span de entrada:** Se refiere a la diferencia algebraica que hay entre el límite superior e inferior de la magnitud medida.

Características eléctricas

Estas se refieren a los medios en los que el sensor se comunica con el exterior. Son las interfaces físicas si tenemos en cuenta al sensor como una caja negra.

- **Salida:** Magnitud eléctrica producida por el sensor.
- **Endpoints:** Valores de salida en caso de inducir los 2 extremos que representan el límite superior e inferior
- **Span de salida:** Diferencia algebraica entre las magnitudes eléctricas en el caso de inducir valores de los límites superior e inferior
- **Excitación:** Expresada generalmente como un rango de tensión de voltaje que se debe suministrar para activar el funcionamiento del sensor.
- **Impedancia de entrada:**
- **Impedancia de salida:**

Características mecánicas

- **Peso**

- **Configuración:** Esquemáticos de todas las dimensiones y localización de componentes, conexiones mecánicas, eléctricas y de fluidos.

Identificación: Características relevantes representadas en una nomenclatura común

Características estáticas

Prestaciones del sensor a temperaturas ambientales normales

- **Sensibilidad:** Es el valor determinado por el cambio de la salida cuando la entrada es excitada.
- **Offset, Zero o null:** El valor de la salida cuando la entrada tiene un valor 0
- **Resolución:** Es el mínimo cambio en la entrada para que sea detectado por la salida.
- **Umbral:** El mínimo valor de excitación en la entrada que es detectado por la salida.
- **Repetitividad:** Diferencia en la salida cuando se excita con el mismo valor la entrada bajo las mismas condiciones en sucesivas ocasiones y en un sentido (creciente o decreciente).
- **Histéresis:** Diferencia de la salida cuando se excita con el mismo valor la entrada bajo las mismas condiciones en sucesivas ocasiones pero una vez en un sentido y otra vez en el sentido contrario.
- **Linealidad:** El punto más cerca a una línea recta del punto de calibración del sensor

Características dinámicas

Descritas por la respuesta del sensor a variaciones en condiciones normales a través del tiempo.

- **Respuesta en frecuencia:** Respuesta del sensor ante entradas periódicas.
 - **Rango de frecuencia**
 - **Desfase:** Retraso de la salida respecto a una señal de entrada
- **Respuesta transitoria:** Respuesta del sensor ante entradas en salto
 - **Tiempo de respuesta:** Tiempo requerido para que la salida alcance su valor final (del 95% o 98%)
 - **Tiempo de subida:** Tiempo requerido para que la salida pase de un porcentaje mínimo a un gran porcentaje de su valor final (del 10 al 90%)

Las características dinámicas no aplican todas a todos los sensores, esto está dado típicamente por el tipo de sistema de orden al que pertenece el sensor, estos van desde el sistema de orden 0 hasta el de orden 2.

Lo que determina el tipo de orden del sistema es el tipo de ecuación en el que están relacionadas la entrada y la salida; esto es, en los sistemas de primer orden la entrada y salida están relacionadas por una ecuación de primer orden. En los sistemas de segundo orden la entrada y salida están relacionadas por una ecuación de segundo orden. Esto físicamente está determinado por varios factores. El uso de resistencias, almacenadores de energía entre otros componentes hacen que la relación entre entrada y salida cambien.

2.2 Clasificación de los sensores

La siguiente clasificación atiende ciertos aspectos en los cuales se puede delimitar su funcionamiento y naturaleza.

Según su funcionamiento

Activos

Requieren de una fuente de energía externa que reciba corriente para su funcionamiento.

Pasivos

Las propias condiciones medioambientales en las que se encuentran bastan para su funcionamiento por lo cual no requieren de una fuente de corriente externa.

Según la naturaleza de funcionamiento

Posición

Varían en función de la posición que ocupa en cada instante

Fotoeléctricos

Varían en función de la luz que inciden sobre sí mismos

Magnéticos

Varían según el campo magnético que los atraviesan

Temperatura

Varían según la temperatura del lugar donde están ubicados

Humedad

Varían según el nivel de humedad existente en el medio en el que se encuentran

Presión

Varían según la presión que se ejerce sobre ellos

Movimiento

Varían según al movimiento al que son sometidos

Químicos

Varían según a los agentes químicos externos que inciden sobre ellos

Según los elementos utilizados en su fabricación

Mecánicos

Están creados o contienen componentes que pueden abrirse o cerrarse.

Resistivos

Utilizan componentes resistivos en su fabricación

Capacitivos

Se utilizan condensadores en su fabricación

Inductivos

Se utilizan bobinas en su fabricación

Piezoeléctricos

Se utiliza cristales como el cuarzo en su fabricación

Semiconductores

Se utilizan componentes semiconductores en su fabricación

Según las señales que producen**Analógicos**

Proporcionan información mediante tensión-corriente pudiendo tomar una infinidad de valores entre un mínimo y máximo

Digitales

Proporcionan información mediante una señal lógica digital es decir 0 o 1, o un código de bits

2.3 Raspberry Pi

La Raspberry Pi es una computadora de placa reducida creada en Reino Unido por la fundación Raspberry Pi.

A diferencia de los ordenadores tradicionales se dice que la Raspberry Pi es un ordenador de placa simple o SBC por sus siglas en inglés *Simple Board Computer* debido a que en una sola placa contiene todos los componentes necesarios de un ordenador. La principal característica de este tipo de ordenadores es su reducido tamaño, 8.5 x 5.3 cm son las dimensiones de la Raspberry Pi, si bien hay micro pc s como las placas mini-ITX y que a su vez tienen procesadores más potentes como los intel a los ordenadores de placa simple como la Raspberry Pi no le restan méritos (MOCQ, 2016)

Otra de las características de los ordenadores de placa simple como la Raspberry Pi es su bajo precio, normalmente su precio no rebasa los 100 USD.

Actualmente las SBC ofrecen la potencia necesaria para ejecutar software de ofimática, trabajos en desarrollo de software incluso en el mundo multimedia. Estas características han permitido que las SBC tengan cabida en distintas áreas del desarrollo para la humanidad.

Componentes de la Raspberry Pi

A pesar de lo pequeña que pueda ser una Raspberry Pi esta contiene esta tiene una gran cantidad de componentes. Entre estos componentes se encuentran puertos USB, GPIO (*General Purpose Input/Output* = puertos de entrada/salida de uso general), interruptores, timers entre otros.

SoC (*System on a Chip*)

Es un ordenador completo en un solo circuito integrado. Por lo general incluye el procesador, tarjeta de video, tarjeta de sonido, puertos para periféricos entre otros componentes.

La Raspberry Pi incluye un chip *SoC* construido por Broadcom con una arquitectura ARM denominado BCM2836.

Los procesadores ARM son diseñados y licenciados por la compañía británica ARM Holdings, la peculiaridad de estos procesadores es que esta compañía no los fabrica si no que solo vende los planos y un tercero se encarga de fabricarlos, cabe señalar que este tipo de procesadores son utilizados por una gran cantidad de dispositivos móviles de compañías como Apple, Samsungs o Broadcom (MOCQ, 2016).

El *SoC* tiene soldada directamente un módulo de *SDRAM* (*Synchronous Dynamic Random Access Memory* o *memoria dinámica síncrona de acceso aleatorio*) con una conexión *POP* (*Package on Package* o *circuito sobre circuito*) para reducir el espacio y mantiene separada la memoria del procesador, véase la Figura 1.

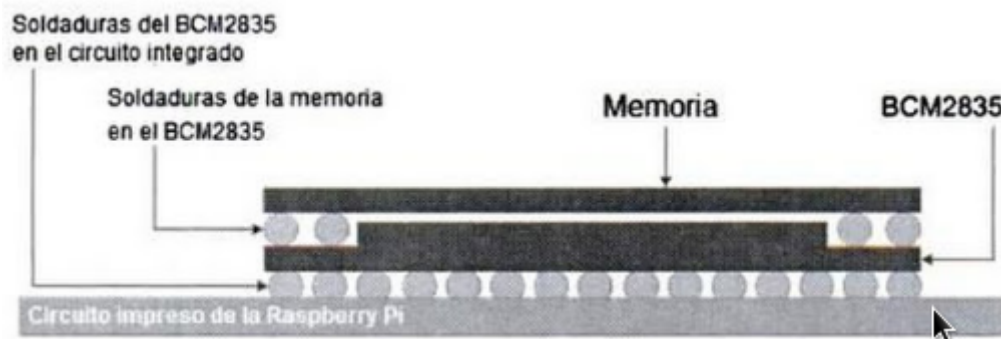


Figura 1. Circuito de la Raspberry Pi (MOCQ, 2016).

2.4 CPU

La CPU o Unidad Central de Proceso es un subconjunto del SoC. Es un microprocesador de la familia ARM11 que funciona con una frecuencia de 700MHz, usa una arquitectura RISC (*Reduced Instruction Set Computer* o *microprocesador con configuración de instrucciones reducida*) de 32 bits. Este tipo de microprocesadores son muy populares hoy en día ya que se usan para smartphones, tabletas electrónicas, smart TV's, consolas de videojuegos algunos modelos de ordenadores portátiles. Debido a esta gran popularidad se crearon versiones de sistemas operativos populares como iOS (para la primera generación de iPhone), GNU/Linux, Blackberry y algunas versiones de Windows y Google Chrome para las Chromebooks.

Si bien la frecuencia de trabajo óptimo de este microprocesador es de 700MHz se propone un modo turbo que preserva la garantía del dispositivo. Es posible configurar valores por encima de la frecuencia óptima dentro del límite de 1GHz, a esta práctica se le llama **overlocking**. Este tipo de práctica pone en riesgo el funcionamiento y duración de vida del componente pero el riesgo es financiero es muy bajo debido al precio de estas tarjetas.

2.5 GPU

La Unidad de Procesamiento Gráfico es la *Broadcom VideoCore IV*, esta soporta varias versiones de OpenGL (librería gráfica de código abierto) que se utiliza para el cálculo de imágenes 2D y 3D por muchas aplicaciones de juegos, modelización 3D entre otras. Esta también es compatible con OpenMAX que permite usar distintos codecs de vídeo de manera estandarizada.

Lo que hace la GPU es calcular y graficar lo que envían las aplicaciones sobre coordenadas y vectores para aplicar texturas y mostrar objetos.

Esta es capaz de mostrar video 1080p a 30 imágenes por segundo y decodificar el H.264 High Profile la cuál es la norma para Blu-Ray y televisión digital. También es capaz de modificar MPEG-2 bajo licencia. Otra de las capacidades de esta es que puede administrar una cámara HD en directo y codificar video.

Aunque originalmente la GPU no era libre, a finales del 2012 la fundación Raspberry Pi puso a disponibilidad la documentación de la GPU por Broadcom.

2.6 GPIOs

Son las entradas y salidas de propósito general (*General Purpose Input/Output*) los cuáles son pines genéricos en la placa, estos se pueden programar para diferentes propósitos ya que no tienen un fin predefinido.

En la Raspberry Pi son de especial utilidad ya que contar con algunas líneas de control adicionales a la placa permiten conectar sensores o actuadores que amplifican el uso que se les puede dar a estas placas.

Cada GPIO puede ser configurado para usarlo para entrada o salida, pueden ser activados o desactivados. La placa por seguridad viene con todos los GPIOs desactivados.

Generalmente los valores que se pueden escribir o leer de los GPIOs son alto = 1 y bajo = 0. En el caso de la Raspberry Pi se cuentan con otro tipo de GPIOs que son usados para otro tipo de protocolos como los son UART y iC.

La siguiente tabla 1 detalla el uso de las clavijas GPIO configuradas en la Raspberry Pi

Tabla 1 detalles de las clavijas GPIO

Pines	Uso	Descripción
6, 9, 14, 20, 25, 30, 34, 39	Alimentación	Masa
2, 4	Alimentación	+5V
1, 17	Alimentación	+3.3V

8, 10	UART	UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) emisor-receptor asíncrono universal
19, 21, 23, 24, 26	Bus SPI	SPI (Serial Peripheral Interface) interfaz de periférico en serie

Continuación de la Tabla 1.

3, 5	Bus I ² C	Se compone de 2 entradas SDA (Serial Data Line) línea de datos en serie y SCL (Serial Data Clock) reloj de datos en serie. Con este bus se permite controlar un gran número de circuitos integrados compatibles con este tipo de bus
27, 28	i ² C EEPROM	Estas no se deberían de utilizar ya que se reservan para el dialogo con el EEPROM para las tarjetas de extensión de especificación HAT
7, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 22, 29, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 40	GPIO	Entradas / Salidas digitales

2.7MQTT (Message Queue Telemetry Transport)

Este es un protocolo **M2M** (*Machine-to-Machine*) que se usa en el IoT para comunicar a distintos dispositivos entre ellos o hacia distintos servicios o interfaces. Este protocolo está construido sobre la pila de TCP/IP y con el paso del tiempo se ha convertido en un estándar de comunicación para IoT.

Fue inventado en los 90's por la compañía IBM y el propósito para el que fue creado era el de comunicar oleoductos con los satélites, esto ya que soporta la comunicación asíncrona entre los emisores y receptores disociando sus mensajes tanto en espacio como en tiempo haciéndolo escalable en entornos donde la red no es confiable.

Utiliza un modelo de suscriptor y publicación, se convirtió en 2014 oficialmente en un estándar abierto de OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards, Organización para el avance en Estándares de información Estructurada*) y esto dio paso a su mayor adopción y a la creación de librerías y utilerías de código abierto disponibles en distintos lenguajes de programación (Yuan, 2017). Aunque este protocolo ha sido adoptado como un estándar para la creación de soluciones en IoT, no es exclusivo, también se ocupa en soluciones para aplicaciones web y móviles o la combinación de todas estas.

La aplicación de este protocolo tiene distintos campos, pero en general el caso óptimo de este protocolo es en problemas donde se necesite que varios dispositivos necesiten intercambiar datos entre ellos mismos en tiempo real en internet y que ocupen la mínima cantidad posible de banda ancha en la red (Hillar, 2017),

Los siguientes son solo algunos de los campos en donde se aplica el protocolo MQTT

- Telemetría en automóviles
- Monitoreo del tráfico automovilístico y aéreo
- Monitoreo ambiental
- Medicina
- Mensajería en la red

Razones para su uso

Estas son algunas de las razones para usar MQTT en soluciones para IoT, sistemas embebidos y aplicaciones web o móviles (Hillar, 2017)

- Transmite altos volúmenes de datos usando el mínimo uso de banda ancha en la red
- Distribuye altos volúmenes de datos en paquetes pequeños
- Transmite fácilmente datos de un cliente a muchos servidores
- Es posible escuchar eventos cuándo suceden (arquitectura orientada a eventos)
- Soporta arquitectura orientada eventos de manera bidireccional y con poca latencia a la hora de emitir los paquetes
- Provee confiabilidad de emisión sobre redes no confiables o frágiles
- Trabaja bien con dispositivos que usan baterías o que tienen muy poco consumo de energía
- Ofrece protocolos de seguridad para la emisión de mensajes.

Diferencias entre MQTT y HTTP

En el mundo de internet es muy familiar el protocolo HTTP y sus aplicaciones, es lógico que se opte por este protocolo para hacer IoT pero las siguientes son buenas razones por las cuáles el protocolo HTTP no es una buena solución para este tipo de aplicaciones (Yuan 2017)

- **HTTP es sincronizado:** En la arquitectura cliente-servidor una vez que el cliente hace la petición al servidor, el cliente debe esperar a que el servidor responda esto puede mermar la escalabilidad debido a el gran número de dispositivos con el que se puede trabajar. A mayor número de dispositivos, mayor número de peticiones entre ellos.
- **HTTP es unidireccional:** el cliente debe iniciar una conexión, esto es especialmente un problema debido a que en IoT no se sabe en qué momento un dispositivo va a mandar datos a otro de su red o a todos.
- **HTTP es 1-1:** El cliente hace una solicitud y el servidor responde, la transmisión masiva a varios clientes puede ser un problema en este protocolo

- **HTTP tiene reglas y cabeceras** que no es adecuado para una red congestionada o con muchos dispositivos

2.8 Trabajos relacionados

Hay muchos proyectos de rescate de personas usando la robótica, por ejemplo: búsqueda con robots de rescate^{1, 2 y 3}. Consultando la Biblioteca Digital de la ACM sobre robots de rescate, robots para búsqueda y hallazgo, administración de robots de rescate, etc. tenemos robots buscadores acuáticos⁴. En (Soto, 2017) se describe un robot que crece como un cilindro. El robot se coloca en el concreto y activa un interruptor para crecer, desde un extremo del cilindro un mecanismo se extiende como una masa inflando el cilindro y moviendo el concreto para sacar a una persona que posiblemente pueda estar debajo del concreto.

Toda la información sobre rescate con robots muestran textos, videos, imágenes, etc. Otros como en (Murphy, 2015) muestran un video donde los robots acuden al rescate después de un desastre, en (Murphy, 2015) se comenta que existen 3 niveles de desafíos en el tema de rescatar víctimas usando robots:

1. El procesamiento de la Información del robot
2. La Movilidad del robot en el medio ambiente,
3. La Manipulación del robot, (herramientas para que el robot llegue a su objetivo).

La **contribución** de esta investigación está dirigida al primer desafío (1) que se explica más adelante. Con respecto al desafío (2) los investigadores de la Universidad Stanford han desarrollado “vine-like”, el robot “que crece” (Stanford, 2016) este es un robot que ha sido desarrollado para rescate de personas en: desastres urbanos, rescate de rehenes y explosiones. Los robots de rescate en desarrollo están siendo hechos con habilidades de búsqueda, reconocimiento y mapeo de imágenes, remoción o apuntalamiento de escombros, entrega de suministros, tratamientos médicos y recuperación de víctimas. En el desafío (3), se ha visto que existen robots de competencia como en (Rescue Robot League, 2018), esta competencia impulsa los avances en la tecnología. El robot llamado “Robocup” (contracción de Robot Soccer World Cup) juega futbol soccer, también puede navegar en un laberinto, el robot puede ser aplicado a la industria y ayudar a la gente a resolver problemas en el mundo real como se muestra en (Robocup, 2010), (Robocup, 2018).

En (3) hay un Proyecto en DARMSTADT (Germany) en la Universidad Técnica de Darmstadt (Von Stryk, 2018) en la cual el grupo de Robótica, Simulación y Optimización de Sistemas desarrolla robots autónomos que son útiles en situaciones reales. En (2 y 3) se describe un Centro para el Robot de asistencia y Rescate, llamado CRASAR (The Center for Robot-Assisted Search and Rescue) es un organismo sin fines de lucro organizado para fomentar el desarrollo de sistemas no tripulados usado efectivamente para la administración emergencias en agencias formales, más información en (Crasar, 2018).

¹ <https://www.google.com/search?q=robots+to+rescue&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b>

² https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Rescue_and_protection_robots

³ https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=robots+for+rescue&btnG=

⁴ <https://dl.acm.org/results.cfm?within=owners.owner%3DHOSTED&srt=score&query=robots+for+search+and+rescue&Go.x=0&Go.y=0>

2.9 Procesamiento de la información del dispositivo de rescate

Después del terremoto del 7 de septiembre que afectara a los estados de Oaxaca y Chiapas, en los diarios según (Olivares, 2017) apareció una cantidad de decesos menor al ocurrido en la realidad, esta cifra nos ayuda a justificar lo importante que es llegar a tiempo al lugar de rescate y con la tecnología requerida para realizar los trabajos de recuperación de víctimas. Después del ataque del 11 de Septiembre en el World Trade Center, el uso de robots representó una gran ventaja en los trabajos de rescate, por ejemplo en (Robin R., 2004) se menciona que el Centro para el Robot de asistencia y Rescate envió robots al área de desastre estableciendo así el primer rescate urbano usando robots. Se usaron siete robots entre ellos: El micro-Tracs, Inuktun micro-VGTV y el modelo Solem, mismos que son tele-operados a través de vehículos de rastreo y cables dentro del edificio. Esos robots son movidos a través de las tuberías y ventilación del edificio, en aquel momento no se contaba con odómetros o sensores de temperatura. El sensor más usado fueron cámaras de video que ayudaron a los operadores a identificar las víctimas.

La red wifi del robot Solem fue usado para recuperarlo una vez que fuera perdido. Solem usó un sistema de radiofrecuencias para tener una línea de señal donde transmitir video usando un algoritmo de compresión sin encriptación y con pérdida. El algoritmo de compresión redujo el ancho de banda, pero no eliminó la información crítica de la visión computacional. Otra desventaja fue que el video no encriptado podría ser interceptado por los noticieros, violando la privacidad de las víctimas.

La detección de víctimas requiere un análisis de posibles lugares en donde podría hallarse una víctima, (Mori, et al 2004) muestra cómo se puede detectar un cuerpo a partir de imágenes obtenidas de varias personas, es decir detectar sus extremidades.

Para detectar las extremidades de las víctimas se usó la segmentación porque se piensa que las extremidades podrían describir una parte del ser humano. Usando un algoritmo de agrupación de píxeles se forman regiones que al final son segmentaciones de un cuerpo humano. Posteriormente las extremidades detectaron el torso por ejemplo, y otras zonas importantes del cuerpo humano, al final, todas las partes son integradas obteniendo una silueta de la posición del cuerpo humano.

3 Metodología

En esta sección se presentan los elementos: Lenguaje de programación, Método, Herramientas, Librerías y demás utilidades del sistema.

3.1 Ciclo de vida de desarrollo de software

Se ha elegido el ciclo de vida de ingeniería de Software llamado: Prototipo incremental (Pressman, 1996) debido a que este ciclo de vida se ajusta a la construcción de dispositivos físicos y software. El prototipo va evolucionando de acuerdo a las pruebas realizadas en cada etapa de construcción.

Las pruebas que se realiza con el prototipo se presentan a través de pantallas de salida de la consola, detallándose sus significados en la misma.

Desarrollar un software implica la aplicación de metodologías, modelos y técnicas de forma eficiente. El modelo de software que se emplea en esta proyecto es el Prototipo. “Prototipos desechables, donde el objetivo del proceso de desarrollo evolutivo es comprender los requerimientos del cliente y desarrollar una definición mejorada de los requerimientos para el sistema. El prototipo se centra en experimentar los requerimientos del cliente que no se comprenden del todo.” (Pressman, 1996)

El uso de Prototipos no es exclusivo del modelo Iterativo. En la práctica los prototipos se pueden utilizar para validar los requerimientos de los usuarios en cualquier etapa del ciclo de vida, esto permite suavizar la transición entre los requerimientos iniciales y finales que surgen a lo largo del desarrollo del proyecto, produciendo grandes innovaciones.

Una vez obtenido el plan general o rápido que consiste en plantear los objetivos generales y particulares se inició la creación del modelado inicial que a lo largo del proceso es constantemente retroalimentado hasta su culminación. En esta etapa inicial de construcción del prototipo se ha generado un prototipo integrado por: sensor de movimiento, sensor de temperatura, GPS y una cámara; conectados a una Raspberry Pi 3 y a un dispositivo móvil. El prototipo cambió paulatinamente debido a las pruebas, dando como resultado una variación en los sensores utilizados desde el prototipo inicial, pero conservando siempre el objetivo general.

Como parte de los antecedentes del rescate de víctimas en situación de rescate, se realizó una investigación a nivel nacional e internacional para formular un panorama general de la situación actual en el país. Se analizaron artículos científicos que ayudaron a realizar un plan de trabajo en el que destacan la creación de los módulos del sistema: recolección y transmisión de imágenes, así como recolección de los datos de los sensores e interpretación de sus lecturas. Con lo anterior se creó el módulo de recolección y transmisión de datos recopilador por los sensores, y transmitidos a un dispositivo móvil.

En la figura 1 se muestran las etapas del ciclo de vida por prototipo donde en la etapa inicial se generará una propuesta del proyecto y modelado del mismo que dará pie a la construcción del prototipo con el que el usuario podrá verificar su utilidad y producirá la construcción de un sistema.

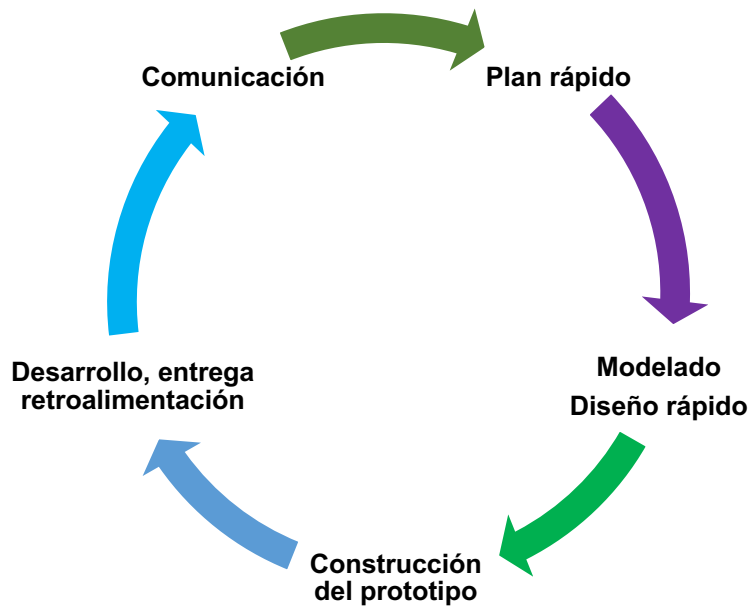


Figura 2 Etapas del ciclo de vida de un prototipo (Pressman, 1996) que inicia con el diseño del Plan rápido y termina con la Comunicación.

3.2 Prototipo

El prototipo se compone de 4 sensores y una raspberry pi, los sensores considerados son los siguientes:

1. Sensor de temperatura infrarojo
2. Sensor de movimiento
3. Sensor de sonido
4. GPS
5. Raspberry Pi modelo B+

Herramientas de software

Para esta parte del proyecto se ha usado en su mayoría proyectos de código libre y que se acoplan muy bien con la arquitectura del ordenador de placa simple. La parte del software se compone por:

- Sistema operativo Raspbian Stretch Lite
- Python 2.7
- PAHO-MQTT 3.1
- librerías de utilidad para GPS
- librerías de utilidad para I2C
- script de utilidad para generar certificados SSL

4 Análisis

A continuación se describen los diagramas UML (Lenguaje Unificado de Modelado –en español) del prototipo

4.1 Requerimientos Funcionales:

De acuerdo a lo establecido se detectaron los siguientes requerimientos funcionales los cuales serán necesarios para el funcionamiento dinámico del usuario final, véase la Tabla 2 al 12.

Tabla 2 Requerimiento funcional 1 Activación de los sensores

Numero de requisito	RF1		
Nombre del requisito	Activar sensores		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Administrador		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El Administrador del sistema activa el sistema usando la consola del sistema operativo Linux. El sistema inicia escuchando los datos que leen los sensores y así se mantiene hasta que un usuario se conecta, los sensores envían sus lecturas al usuario.		

Tabla 3 Requerimiento funcional 1 Lectura de los sensores

Numero de requisito	RF2		
Nombre del requisito	Leer sensores		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Usuario		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El Usuario se conecta a la URL http://tdr.richartl.info que permite ingresar al servidor de Amazon para leer los datos que los sensores están detectando en tiempo real. Estos datos son reflejados a través de gráficas X,Y y datos comprensibles por el usuario.		

Tabla 4 Requerimiento funcional 3 Activar el sensor de sonido

Numero de requisito	RF3	
Nombre del requisito	Activar el sensor de sonido	
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción

Fuente del requisito	Administrador		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El Administrador se conecta al dispositivo de telemetría para activar el sensor de sonido, que se queda “escuchando” a través del canal.		

Tabla 5 Requerimiento funcional 4 Activar el sensor de movimiento

Numero de requisito	RF4		
Nombre del requisito	Activar el sensor de movimiento		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Administrador		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El Administrador se conecta al dispositivo de telemetría para activar el sensor de movimiento, que se queda “escuchando” a través del canal.		

Tabla 6 Requerimiento funcional 5 Activar el sensor de temperatura

Numero de requisito	RF5		
Nombre del requisito	Activar el sensor de temperatura		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Administrador		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El Administrador se conecta al dispositivo de telemetría para activar el sensor de temperatura, que se queda “escuchando” a través del canal.		

Tabla 7 Requerimiento funcional 6 Activar el sensor de ubicación

Numero de requisito	RF6		
Nombre del requisito	Activar sensor de ubicación		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Administrador		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El Administrador se conecta al dispositivo de telemetría para activar el sensor de ubicación, que se queda “escuchando” a través del canal.		

Tabla 8 Requerimiento funcional 7 sensor de sonido

Numero de requisito	RF7		
Nombre del requisito	Activar sensor de sonido		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Usuario		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El dispositivo de telemetría se conecta con el sensor de sonido que envía los datos acorde al sonido que identifica.		

Tabla 9 Requerimiento funcional 8 sensor de sonido

Numero de requisito	RF8		
Nombre del requisito	Activa sensor de movimiento		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Usuario		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El dispositivo de telemetría se conecta con el sensor de movimiento que envía los datos al dispositivo acorde al movimiento que identifica.		

Tabla 10 Requerimiento funcional 9 el sensor de temperatura

Numero de requisito	RF9		
Nombre del requisito	sensor de temperatura		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Usuario		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El dispositivo de telemetría se conecta con el sensor de temperatura que envía los datos acorde al grado de temperatura que identifica.		

Tabla 11 Requerimiento funcional 10 sensor de ubicación

Numero de requisito	RF10		
Nombre del requisito	sensor de ubicación		
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito	<input type="checkbox"/> Restricción	
Fuente del requisito	Usuario		
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial	<input type="checkbox"/> Media/Deseado	<input type="checkbox"/> Baja/Opcional
Descripción	El dispositivo de telemetría se conecta con el sensor de ubicación que envía los datos acorde a la ubicación que identifica, la ubicación se representa a través de un mapa de Google Maps.		

4.2 Diagramas de casos de uso de nivel 0

Los diagramas de casos de uso con uno de los cinco tipos de diagramas de UML, Lenguaje Unificado de Modelado (Booch, 2000), que se utiliza para el modelado de los aspectos dinámicos de un sistema. La mayoría de las veces se usa para modelar la vista de casos de uso de un sistema; es decir, el contexto del sistema. Aunque el prototipo no está programado en el paradigma orientado a objetos, se ha usado este tipo de diagramas para el modelado y solamente se muestra en la parte del análisis del prototipo.

4.3 Componentes

Normalmente el diagrama de casos de uso contiene:

1. casos de uso
2. Actores
3. Relaciones de dependencia, generalización y asociación

Los diagramas de casos de uso se usan para : 1) modelar el contexto de un sistema y 2) modelar los requisitos del sistema.

4.4 Diagrama de Casos de Uso: Activar sensores.

Como se observa en la Figura 3, el **Actor** representado por un monigote, que es el *Administrador* se conectará al servidor para iniciar el **caso de uso** *Activar sensores* representado por una elipse. Los comandos que realiza se han descrito en el apartado de Diseño. La activación la debe realizar un usuario especializado ya que no tiene la usabilidad para que un usuario sin los conocimientos del área pueda hacerlo. La activación de sensores contiene el módulo de lectura. El paquete se llama RICB.

El otro **actor** del sistema es el usuario, quien no tiene los conocimientos especializados solo el conectarse con el sistema y activar con ello el caso de uso *Leer sensores* que está incluido (relación de asociación) en el caso de uso *Activar sensores*. El paquete del sistema se llama RICB en la cual se encuentran los programas y bibliotecas del sistema.

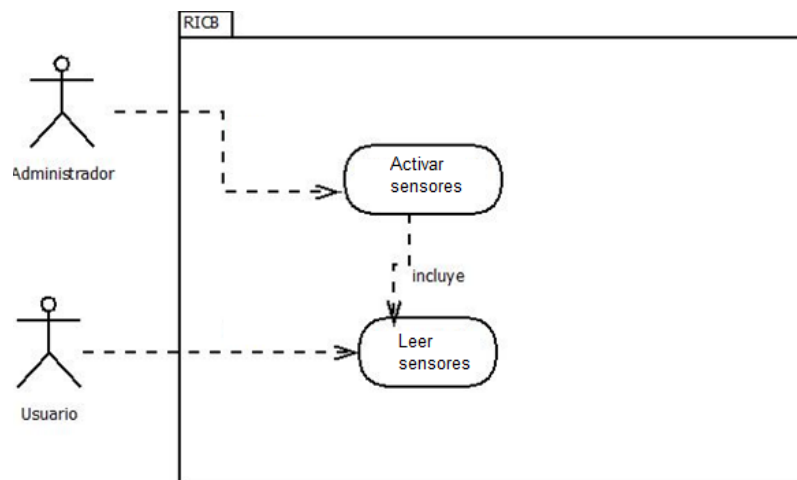


Figura 3 Diagrama de casos de uso general o nivel 0, del sistema RICB

4.5 Diagrama de Casos de Uso: Lectura de los sensores.

En la figura 2 se puede observar que el caso de uso: **Leer sensores** lo puede realizar cualquier persona que pueda acceder a la URL e interpretar los resultados de esta lectura debido a la facilidad de uso porque las salidas de las lecturas se reflejan en cada una de las gráficas tipo X,Y. Este caso de uso está incluido en el **Activar sensores**. Obviamente si los sensores no se activan no podrán leerse en tiempo real.

4.6 Diagramas de caso de uso de nivel 1 Activación de los sensores

En este nivel, el caso de uso **Activar sensores** se divide en varios casos de uso más pequeños, que se presentan en la Figura 4.

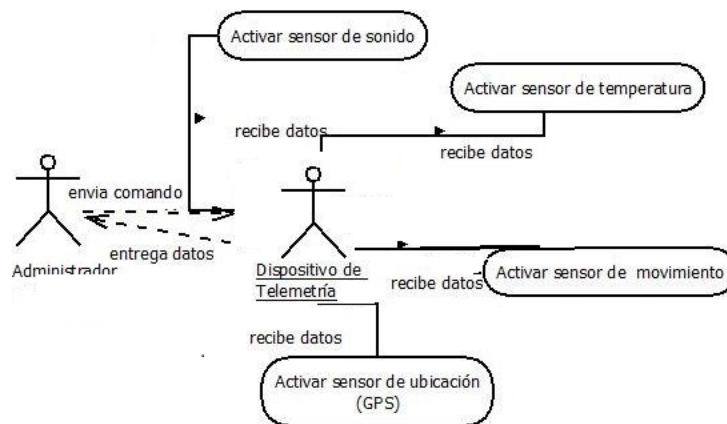


Figura 4 Diagrama de casos **Activar sensores** a detalle en la cual se puede ver que el dispositivo de telemetría está representado por un actor.

Proyecto:	RICB
Nombre del Caso de Uso:	ActivarSensores
No. de Caso de Uso:	CU-1
Responsable:	Ricardo Alberto Pérez Candelas
Actores:	Administrador, Usuario, Dispositivo de Telemetría
Descripción:	El Administrador se conectará al servidor para iniciar la activación de los sensores de la tarjeta, que contiene el módulo de lectura.
Precondiciones:	1. El administrador se conecta al dispositivo de telemetría
Poscondiciones:	1. Se habilita la lectura de los sensores, para habilitar la lectura en tiempo real
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador activa el sensor de sonido <ol style="list-style-type: none"> a. El estado del sensor se encuentra en estado 0 2. El administrador activa el sensor de temperatura <ol style="list-style-type: none"> a. El sensor está en espera de lectura 3. El administrador activa el sensor de movimiento <ol style="list-style-type: none"> a. El estado del sensor se encuentra en estado 0 4. El administrador activa el sensor de ubicación <ol style="list-style-type: none"> a. El sensor se conectó al GPS

Flujos Alternativos:	1.1 Si el sensor no se activa, regresar a 1 2.1 Si el sensor no se activa, regresar a 2 3.1 Si el sensor no se activa, regresar a 3 4.1 EL sensor no se conecta al GPS, regresar a 4 4.2 El sensor se desactivo la conexión, se regresar a 4.
Incluye:	LeerSensores
Prioridad:	Alta
Frecuencia de Uso:	[Alta, cuando haya un siniestro]
Fecha:	[15 de noviembre de 2019]

4.2 Diagrama de casos de uso de nivel 1 Lectura de los sensores

Como se observa en la Figura 5, el usuario realiza la consulta de la lectura de sensores de forma independiente entre ellos. A través de un dispositivo móvil el usuario consulta lo identificado por cada sensor y acorde a los datos que este utiliza.

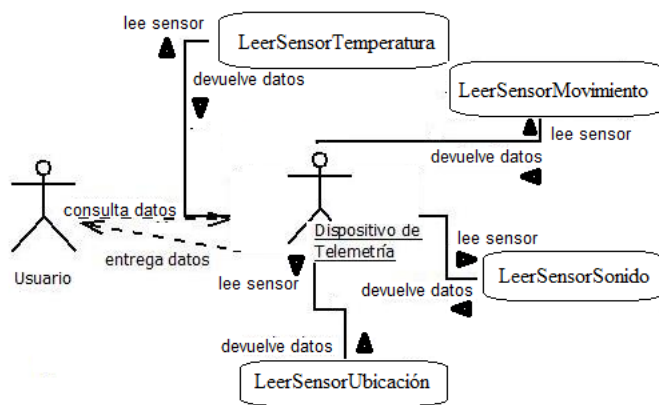


Figura 5 lectura de los sensores

Proyecto:	RICB
Nombre del Caso de Uso:	LeerSensores
No. de Caso de Uso:	CU-2
Responsable:	Ricardo Alberto Pérez Candelas
Actores:	Usuario, Dispositivo de Telemetría,
Descripción:	El Usuario se conecta a la URL http://tdr.richartl.info que permite ingresar al servidor de Amazon para leer los datos en tiempo real de los sensores.
Precondiciones:	1. El Usuario se conecta a la URL http://tdr.richartl.info 2. El sensor de sonido está activado 3. El sensor de temperatura está activado 4. El sensor de movimiento está activado 5. El sensor de ubicación está activado

Poscondiciones:	1. El dispositivo visualiza las gráficas X, Y
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sensor de sonido lee los datos en tiempo real del dispositivo de telemetría 2. El sensor de sonido envía los datos al dispositivo de telemetría 3. El sensor de temperatura lee los datos en tiempo real del dispositivo de telemetría 4. El sensor de temperatura envía los datos al dispositivo de telemetría 5. El sensor de movimiento lee los datos en tiempo real del dispositivo de telemetría 6. El sensor de movimiento envía los datos al dispositivo de telemetría 7. El sensor de ubicación lee los datos en tiempo real del dispositivo de telemetría 8. El sensor de ubicación envía los datos al dispositivo de telemetría
Flujos Alternativos:	Indicará el mensaje “sin conexión” en pantalla del dispositivo móvil.
Incluye:	LeerSensorSonido. LeerSensorTemperatura, LeerSensoMovimiento, LeerSensorUbicacion
Prioridad:	Alta
Frecuencia de Uso:	[<i>Todo el tiempo que esté activo el sistema</i>]
Fecha:	[<i>15 de noviembre de 2019</i>]

5 Diseño

En esta sección se diseñan las pantallas principales del sistema.

6.1 Diseño de los componentes del prototipo

A continuación se presenta el diseño de la pantalla principal del sistema, en la Figura 6:

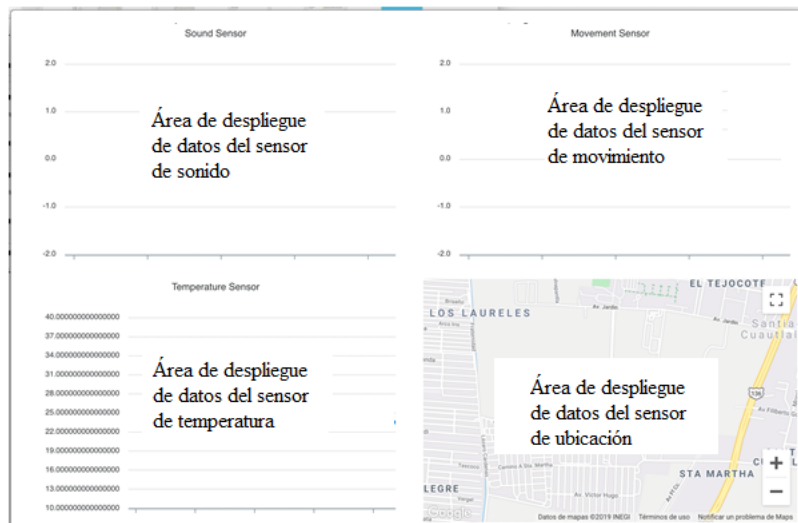


Figura 6 Pantalla del sistema en la cual se puede observar que se divide en cuatro cuadrantes, en la esquina superior izquierda se presentarán los datos del sensor de sonido, en la esquina superior derecha los datos del sensor de movimiento, la esquina inferior izquierda será para el sensor de temperatura y finalmente la esquina inferior derecha está destinada para mostrar la ubicación de la persona.

A continuación se describirá cada uno de los sensores, sus características y diseño:

Sensor de temperatura infrarrojo

Se trata de un sensor de temperatura sin contacto modelo MLX90614 fabricado por la empresa Melexis, se puede usar este sensor para medir la temperatura de un objeto a distancia. Existen distintos modelos de este sensor con un sufijo de 3 letras, la diferencia entre estos modelos es:

1. el voltaje de operación,
2. el número de sensores infrarrojos y
3. la posición del filtro.

La comunicación de este sensor es a través de SMBus el cual es un subconjunto del protocolo I cuadrada C (I2C) esto hace muy fácil su lectura ya que en este caso la placa de desarrollo tiene GPIOs exclusivamente para este propósito.

Este sensor incluye un regulador de voltaje que permite alimentarlo directamente con 5V.

Este tipo de termómetros tienen un gran número de aplicaciones en distintos campos y sistemas como control de temperatura en edificios, control industrias de temperatura, detección de movimiento y algunas otras aplicaciones de salud.

6.2 Funcionamiento

Se basa en la ley de Stefan-Boltzmann que dice que todo objeto por encima del cero absoluto (grados Kelvin) emite radiación y cuyo espectro es proporcional a su temperatura. Este sensor capta dicha radiación y la salida de este es una señal eléctrica que es proporcional a la temperatura de los objetos en su campo de visión. Como se puede ver en la Figura 7.

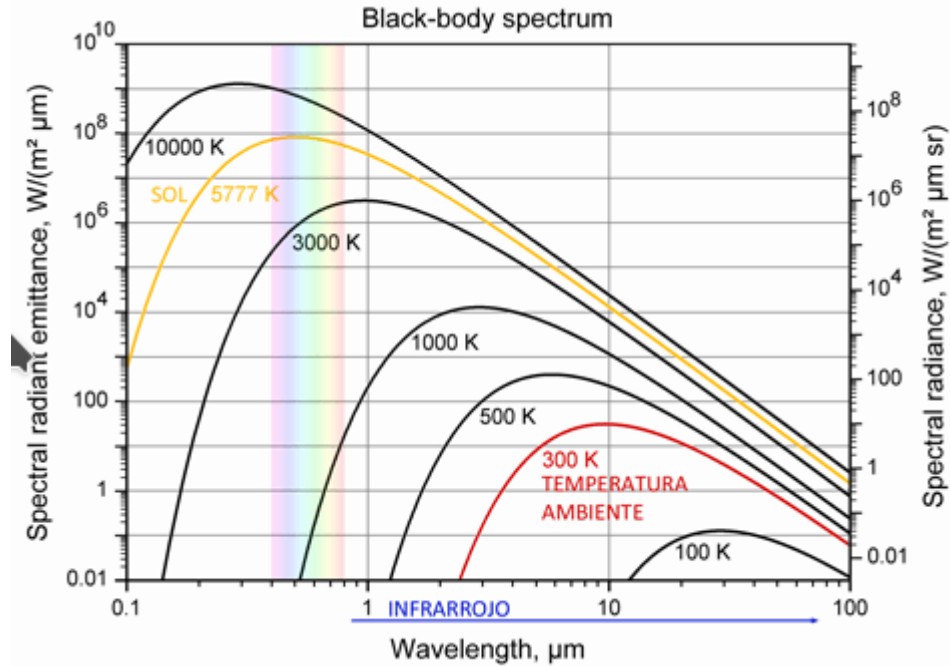


Figura 7 Datos que recibe y emite el sensor de temperatura

Se compone de un chip de silicio con una membrana micromecanizada sensible a la radiación infrarroja y los componentes eléctricos necesarios para amplificar y digitalizar la señal y calcular la temperatura.

El conjunto incluye un amplificador de bajo ruido, un convertor ADC de 17 bits, un DSP (procesador digital de señal) y compensación de la temperatura ambiente. Obsérvese la Figura 8.

Por defecto sensa de -40 a 85 $^{\circ}\text{C}$ para temperatura ambiente y -70 a 382 $^{\circ}\text{C}$ para temperatura de objetos. La precisión estándar es de 0.5 $^{\circ}\text{C}$ referente a la temperatura ambiente, aunque existen versiones médicas que ofrecen una resolución de 0.1°C en temperaturas entre 35 - 38°C .

Es importante tener en cuenta la lectura del sensor solo es estable cuando el sensor se encuentra en equilibrio térmico con el ambiente. También puede afectarle la suciedad en la ventana del sensor.

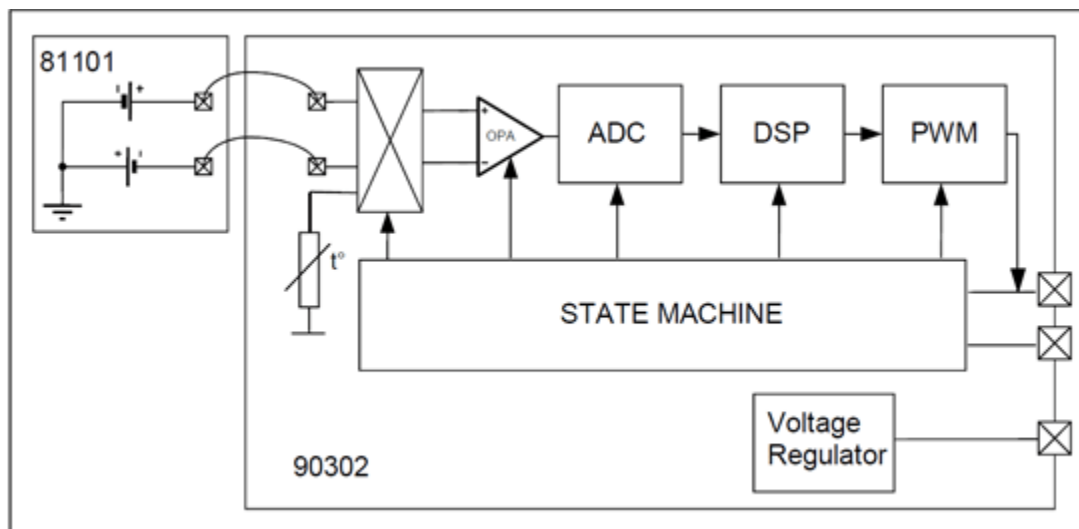


Figura 8 donde se puede observar la composición del sensor temperatura infrarrojo.

También es importante entender que el MLX90614 es sensible a todos los objetos ubicados en su campo de visión. El ángulo de visión depende del modelo, y varía desde 5° a 80°. En el ángulo más amplio de 80°, el área de medición a 0.5 tiene un diámetro de 0.83 metros

Es decir, los modelos de menos ángulo son apropiados para medidas puntuales en frente del sensor. Los sensores de ángulo amplio están diseñados para detectar incrementos de temperatura en una gran zona, por ejemplo, para detección de fallas en maquinaria.

Sensor de movimiento infrarrojo

Principios de funcionamiento

Este sensor se basa en el principio de que todo objeto, animal o persona emite radiación electromagnética infrarroja dependiendo de su temperatura, a mayor temperatura estos emiten más radiación infrarroja. Gracias a este principio se han diseñado sensores como este que miden un longitud de onda de alrededor 9.4 micrones y permiten la detección de movimiento. Estos sensores son conocidos como PIR que puede significar *Pyroelectric Infrared* o *Passive Infrared*.

Este sensor tiene un lente encapsulado semiesférico hecho de polietileno de alta densidad llamado **lente de Fresnel** cuyo objetivo es permitir el paso de la radiación infrarroja en el rango de los 8 y 14 micrones. Este lente le ayuda al sensor a detectar radiación en un ángulo de 110° además de concentrar energía en la superficie del sensor PIR que permite darle más sensibilidad al sensor. Véase la Figura 9.

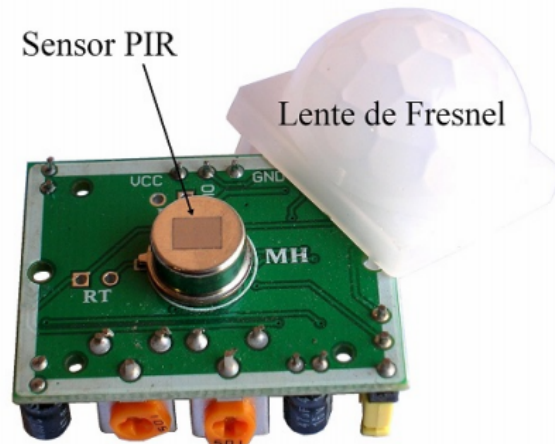


Figura 9 en la cual se pueden observar los componentes del sensor

6.3 Descripción

Para este proyecto se usa el sensor de movimiento infrarrojo modelo **HC-SR501** de bajo costo, este utiliza 2 potenciómetros y un jumper que permiten modificar el rango de distancia y el tiempo de activación, así como un jumper para calibrar la respuesta ante detecciones repetitivas.

Las siguientes son sus especificaciones técnicas:

- PIR LHI778 y el controlador BISS0001
- Se alimenta con un voltaje de 5 a 12 VDC
- Consumo menor a 1 miliamperio
- identifica entre una distancia de 3 a 7 metros (ajustable con un potenciómetro)
- Detecta en un rango de 90 a 110°
- La salida de alarma es ajustable en un rango de 3 segundos a 5 minutos, la salida es activa con nivel alto de 3.3 volts
- Su tiempo de inicialización es de 1 minuto una vez que se alimente, antes de este tiempo el módulo se puede activar 2 o 3 veces, después de este tiempo su funcionamiento será normal.
- Una vez que de salida de alarma deberán transcurrir 3 segundos para que vuelva a alertar, cualquier señal activa en este tiempo será ignorada.
- La temperatura de operación es entre -15° a +70° C

Obsérvese la Figura 10.

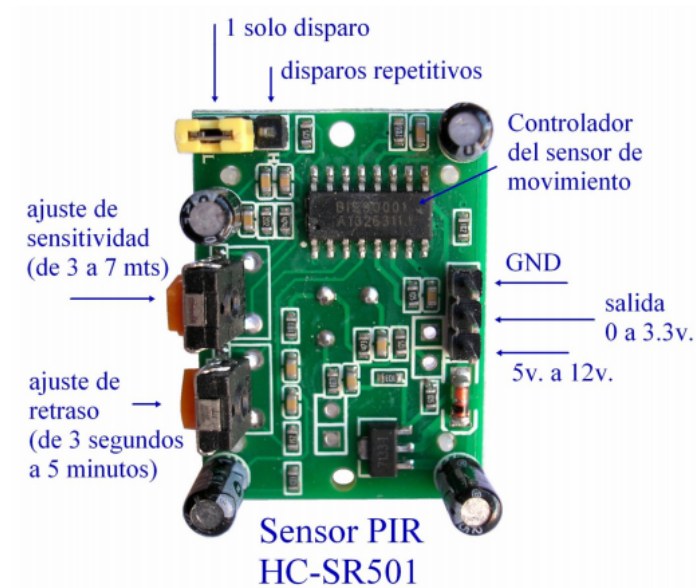


Figura 10 en la cual se pueden observar los componentes para configuración, entradas y salidas del sensor.

6.4 Ajustes

Como ya mencionó anteriormente, el sensor se detecta señales en un rango de entre 3 a 7 metros a un ángulo de 90° a 110° C frente al lente de Fresnel, también se puede ajustar el tiempo que tiene para refrescar la señal una vez que haya detectado movimiento, estos parámetros se pueden ajustar con 2 potenciómetros con los que cuenta el sensor, de acuerdo a la Figura 11.

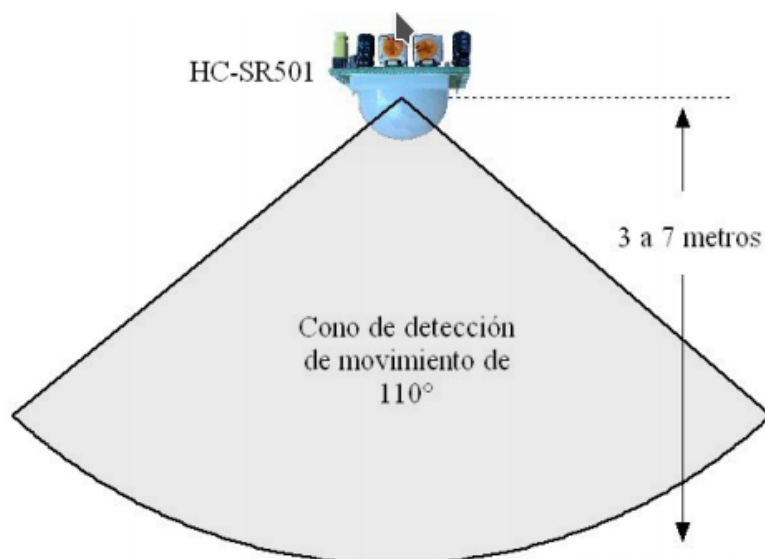


Figura 11 en la cual se muestra el rango y distancias en las que el sensor puede accionarse. La siguiente imagen puede ilustrar la forma en que se pueden ajustar dichos parámetros.

En la Figura 12, se muestran los componentes que se usan para poder configurar tanto rango de distancia como tiempo de acción del sensor.

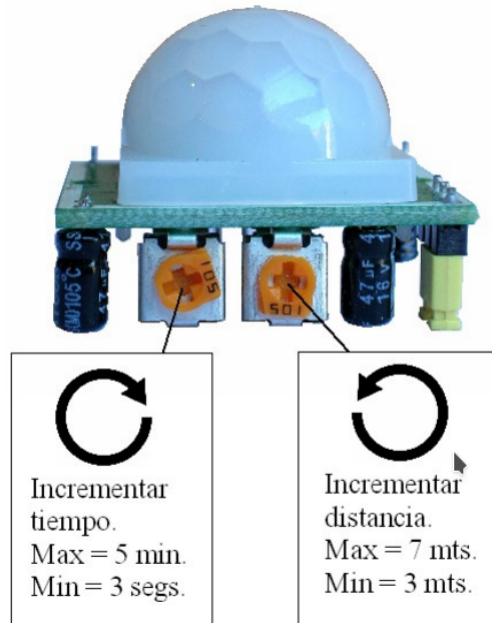


Figura 12, que presenta la forma en que se incrementa la distancia y el tiempo.

Como se ha mencionado anteriormente, el sensor también cuenta con un jumper con el cual se puede ajustar la manera en que operan los disparos.

- 1 solo disparo: cuándo ocurre la detección de movimiento la salida del sensor se activa el tiempo que se haya configurado con el potenciómetro, cualquier señal de movimiento entre este rango es ignorada.
- Disparos repetitivos: si el sensor capta movimiento la señal de salida se dispara, si durante el tiempo configurado en el potenciómetro es captada otra señal de movimiento el contador vuelve a iniciar. ya que no se ignora esta señal durante la duración de salida del sensor dando paso a que la salida siga activa otro ciclo de tiempo configurada en el potenciómetro.
- Una vez que la señal de salida regrese a inactivo, el sensor esperará 3 segundo para refrescarse, en este tiempo cualquier señal de movimiento es ignorada.

Un ejemplo gráfico se observa en la Figura 13.

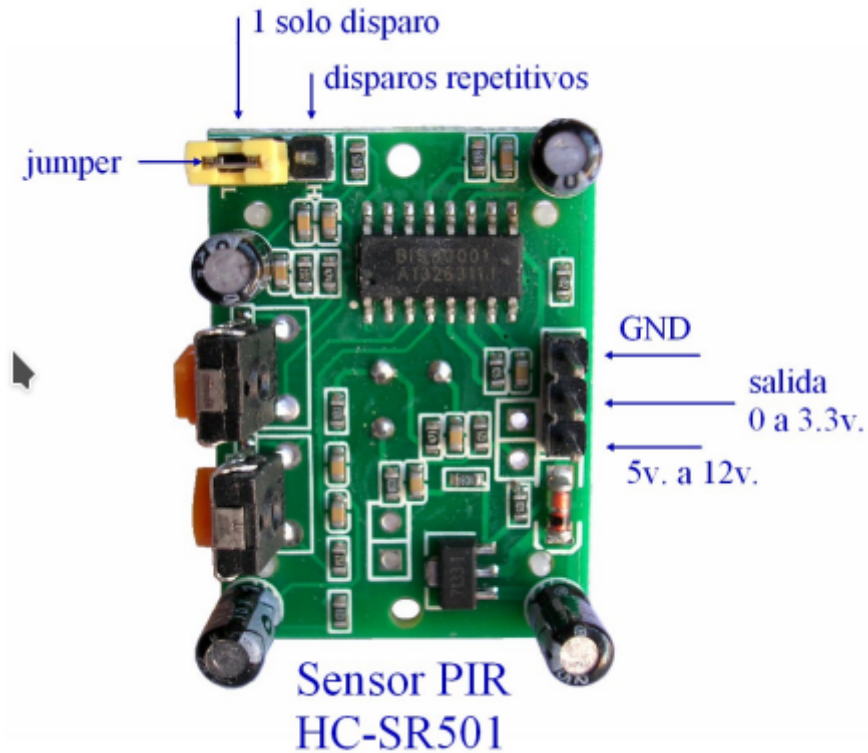


Figura 13 en la cual se muestran las 2 configuraciones que el sensor puede tener mediante la posición del jumper.

6.5 Sensor de sonido

El sensor utilizado es el modelo FC-04. Sus características son las siguientes:

- Se alimenta con un voltaje de 3.3 a 5 VDC
- Su salida es analógica
- Se puede calibrar la sensibilidad del sensor mediante un potenciómetro

Véase la Figura 14.



Figura 14 Muestra un ejemplo de este tipo de sensor

6.6GPS

GPS se refiere a las siglas para *Global Positioning System* o *Sistema de Posicionamiento Global*. Este sistema está conformado por muchos satélites que se encuentran orbitando a kilómetros de la atmósfera terrestre. Para que el sensor funcione de una manera óptima es necesario que al menos reciba señal de 4 satélites. Los receptores contienen algoritmos matemáticos para hacer cálculos que restan la diferencia del tiempo que tarda en llegar la señal y procesamiento para poder procesar la información que puede llegar fragmentada o incompleta.

El receptor que utilizamos utiliza un sistema GPS asistido, esto quiere decir que este utiliza segmentos de control que están instalados en la tierra que ayudan a los receptores a obtener información más precisa, este tipo de receptores son los más utilizados en celulares o dispositivos móviles que requieren una señal GPS más precisa que la de un módulo GPS solo.

El módulo utilizado es el modelo GPS NEO-6M, las características de este módulo son:

- Se alimenta con una tensión de 3 a 5 V
- Su baudrate es de 9600 bps por default
- Tiene una antena de cerámica la cual capta las señales de los satélites
- Se conecta a cualquier tarjeta de desarrollo como Arduino o Raspberry Pi mediante el protocolo UART lo que quiere decir que tiene terminales RX y TX así como GND y VCC, véase la Figura 15.



Figura 15. Un ejemplo de un sensor de ubicación

6.7Raspberry Pi B+

El cerebro del prototipo es un ordenador de placa simple, las características técnicas de este dispositivo son las siguientes:

- SoC Broadcom BCM2835
- CPU ARMv6 a 700 Mhz con aritmética de punto flotante y arquitectura de 32 bits
- Salida de video HDMI con conector de 3.5 mm
- RAM de 512 MB
- Salida de audio por conector estándar de 3.5 mm y HDMI
- Ranura para microSD, se recomienda usar memoria clase 4 de al menos 4 GB

- Ethernet 10/100 con conector RJ45
- 4 puertos USB 2.0 tipo A hembra
- 28 pines de entrada/salida de uso general con UART, Bus I2C y SPI
- Fuente recomendada 5 V, 600 mA (mínimo sin ningún periférico) por conector USB micro B hembra
- Voltaje máximo en cualquier salida de #.3 V
- Corriente máxima por pin GPIO 16 mA
- Dimensiones 8.56 cm x 5.6 cm x 1.7 cm aproximadamente.

Véase la Figura 16.

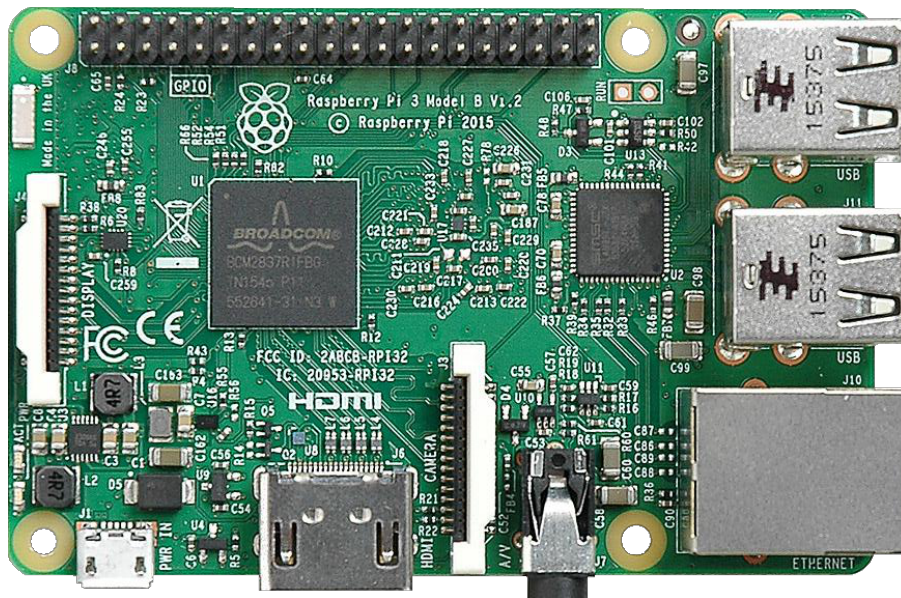


Figura 16 Distribución de la tarjeta Raspberry Pi.

La tarjeta Raspberry Pi está diseñada para tener un potente procesamiento de datos, véase la Figura 17.



Figura 17 Otra perspectiva de la Tarjeta Raspberry Pi.

Raspbian Stretch Lite

En general Raspbian es una distribución linux basada en Debian, esta es adaptada para procesadores ARM, en específico esta distribución de Raspbian se basa en la versión Debian 9 Stretch, como dato curioso, todas las distribuciones de Debian basan su nombre en personajes de la película animada Toy Story.

Existen 2 versiones de esta distribución, la versión Lite y Desktop, el prototipo usa la versión Lite ya que esta no tiene las librerías y dependencias que se usan para tener una sesión de escritorio visual, ya que para este proyecto se instalan las aplicaciones desde línea de comandos usando el protocolo SSH para conectarse remotamente al dispositivo mediante red.

Para algunos de los sensores se debe tener en cuenta ciertas configuraciones de comunicación, esto en los sensores de GPS y de temperatura infrarrojo ya que en cada caso ocupan un protocolo de comunicaciones diferente a los sensores analógicos como el de sonido.

El sensor GPS tiene un protocolo de comunicación UART o serial, dicha interfaz debe ser habilitada y configurada ya que por defecto esta se reserva para un dispositivo bluetooth. Dichas configuraciones se hacen desde la línea de comandos y con la utilidad que viene en el sistema operativo llamada ***raspberry-config***.

Para el sensor de temperatura el protocolo de comunicación es mediante un subconjunto de bus llamado I2C (I cuadrada c), se deben habilitar las entradas disponibles que tiene el dispositivo que, al igual que con el sensor GPS también se puede activar desde la utilidad ***raspberry-config***. Tal utilidad viene por defecto en la mayoría de distribuciones Raspbian, dicha utilidad cambia respecto a las prestaciones físicas del dispositivo es decir, ya que hay Raspberry Pi's con menos periféricos como los son Bluetooth, Wifi o cuentan con menos GPIO's o protocolos de comunicación como lo son I2C y UART esta utilidad no podrá configurarlas.

6.8 Diagrama General de la placa

A continuación se muestra un diagrama general de las arquitectura de este sistema, en la Figura 18.

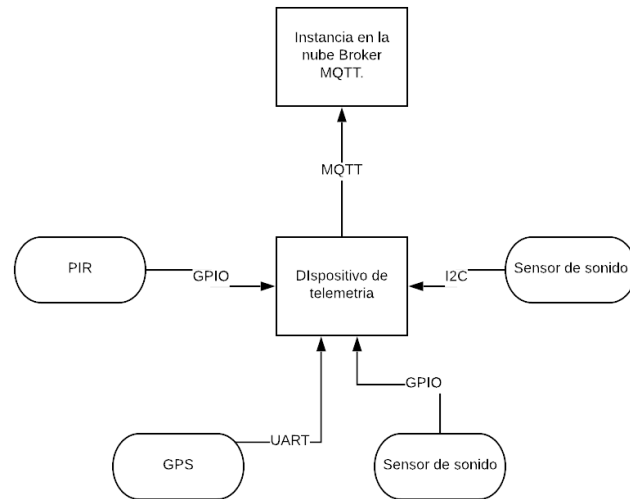


Figura 18. Se muestra la arquitectura general del sistema, en la cual se puede indicar los pines de la tarjeta correspondientes a la conexión de los sensores.

6 Conclusión

A partir de la creación de las tarjetas Arduino se ha despertado la curiosidad de conectar sensores para interactuar entre ellos, sin embargo esta tarjeta no tiene el soporte ni el procesamiento necesario para una programación más compleja. La tarjeta Raspberry Pi, puede realizar esta tarea sin problemas desde la versión 2, sin embargo debido a que no se realizaron las adquisiciones de los recursos materiales no se pudo codificar el diseño presentado en este reporte.

Los objetivos particulares no se consolidaron y no debido al conocimiento que se tiene del tema objeto de estudio sino a la falta de los recursos tecnológicos (Tarjetas Raspberry Pi, sensores, drones terrestres y aéreos).

7 Referencias

- Mori, G., Ren X., Efros A., Malil J. Recovering Human Body Configurations: Combining Segmentation and Recognition. Proceeding CVPR'04 Proceedings of the 2004 IEEE computer society conference on Computer vision and pattern recognition, pp. 326-333. USA, 2004
- Robin R. Disaster Robotics (Intelligent Robotics and Autonomous Agents), MIT Press 2004, <https://www.amazon.de/Disaster-Robotics-Intelligent-Autonomous-Agents/dp/0262027356?tag=teco07-21> video: https://www.ted.com/talks/robin_murphy_these_robots_come_to_the_rescue_after_a_disaster?language=en
- https://www.ted.com/talks/vijay_kumar_robots_that_fly_and_cooperate
- (Soto, 2017) Soft, growing robot for searching people under collapsed buildings, Homeland Security News Wire, July 2017 <http://www.homelandsecuritynewswire.com/dr20170721-soft-growing-robot-for-searching-people-under-collapsed-buildings>
- (Murphy R, 2018), TED: These robots come to the rescue after a disaster, Stanford, https://www.ted.com/talks/robin_murphy_these_robots_come_to_the_rescue_after_a_disaster/up-next?language=en
- (Rescue Robot League, 2018), https://en.wikipedia.org/wiki/Rescue_Robot_League
- (Von Stryk O., 2018), Simulation, Systems Optimization and Robotics Group, DARMSTADT, university, Alemania <https://www.sim.informatik.tu-darmstadt.de/en/index/>
- (Robocup, 2010) <https://www.youtube.com/watch?v=nI1DWboC73w>
- (Robocup, 2018) <https://www.youtube.com/watch?v=PKI378kadp8>
- (Crasar, 2018) consultado el 14 de Noviembre de 2019, <http://crasar.org/>
- (Crasar video, 2018) <https://www.youtube.com/watch?v=Vv7t4Bop22M>
- Olivares, E. (2017), periódico la Jornada, 30 octubre de 2017. En línea: <http://www.jornada.com.mx/2017/10/30/politica/005n1pol>
- (Yuan, 2017) Conozca MQTT, 4 de octubre del 2017, <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>
- (Hillar, 2017) MQTT Essentials - A Lightweight IoT Protocol, C. Hillar Gaston, *Working with the publish-subscribe pattern*
- (MOCQ, 2016) Raspberry Pi 2, utilize todo el potencial de su nano ordenador, Francois MOCQ, 2016, Edición Española por Ángel Mª Cornejo y Antonio Maestre Escalante
- (Llamas Luis, 2016) ARDUINO Y EL TERMÓMETRO INFRARROJO A DISTANCIA MLX90614. En línea <https://www.luisllamas.es/arduino-y-el-termometro-infrarrojo-a-distancia-mlx90614/>
- (Punto Flotante, 2017) Sensor infrarrojo de movimiento PIR HC-SR501, En línea, <https://www.puntoflotante.net/MANUAL-DEL-USUARIO-SENSOR-DE-MOVIMIENTO-PIR-HC-SR501.pdf>
- (Pressman R., 1996) Ingeniería de Software un enfoque práctico. 4ª Edición Prentice Hall, 1996.
- (OWNTRACKS TOOLS) generate-ca, Github, <https://github.com/owntracks/tools/blob/master/TLS/generate-CA.sh>