

Universidad Católica de Salta
Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Informática

**“Sistema de Geolocalización de mascotas en la
Ciudad de Salta”**



Guzmán, Bernardo Carlos

Directora:

Lic. María Lorena Talamé.

<Año- 2022>

Título: Ingeniero en Informática

Profesor Guía (Firma y Aclaración):

Tribunal Evaluador I (Firma y Aclaración):

Tribunal Evaluador II (Firma y Aclaración):

Tribunal Evaluador III (Firma y Aclaración):

Fecha de Exposición del Trabajo Final:

ÍNDICE

ÍNDICE	2
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
Resumen	6
<u>Introducción</u>	7
<u>Capítulo I: Planteo del Problema</u>	9
1.1. Descripción del Problema y su Importancia	9
1.2. Motivación para Abordarlo	10
1.3. Materias que Aportan al Desarrollo	11
<u>Solución Propuesta</u>	11
1.4. Justificación	11
1.5. Objetivos	12
1.5.1. Objetivos Generales	12
1.5.2. Objetivos Específicos	12
1.6. Alcance del Trabajo	13
<u>Capítulo II: Estado del Arte</u>	14
2.1. Antecedentes del Proyecto	14
2.2. Trabajos Propuestos	15
<u>Capítulo III: Marco Teórico</u>	18
3.1. Geolocalización	18
3.1.1. Sistema de Información Geográfica	19
3.2. Tecnología GPS	19
3.2.1. Funcionamiento de un Receptor GPS	20
3.3. Tecnología Celular GSM	21
3.3.1. Servicios GSM	21
3.3.1. Arquitectura del Sistema GSM	22
3.4. Tecnología GPRS	23
3.5. Arquitectura GPRS	23
3.6. Base de Datos	23
3.5.1. Sistema Gestor de Bases de Datos	26
3.7. API REST	26
3.8. Arduino	27
3.8.1. Arduino UNO	28

3.7. La Importancia de la Mascota en el Seno Familiar	29
<u>Capítulo IV: Aspectos Metodológicos</u>	30
4.1. Metodología y/o Procedimiento.....	30
4.2. Tipo de Diseño	30
4.3. Recursos Necesarios	31
<u>Capítulo V: Desarrollo e Implementación del Sistema Propuesto</u>	34
Introducción	34
5.1. Diseño Rápido: Etapas del Sistema.....	34
5.2. Búsqueda, Análisis y Selección de los Dispositivos, Tecnologías y Red Móvil.....	35
5.2.1 Canal de Comunicación.....	38
5.2.2 API REST.....	39
5.2.3 Servidor Central	40
5.2.4 Base de Datos.....	41
5.2.5 Aplicación Móvil	42
5.2.6 Entornos de Desarrollo	42
5.3. Desarrollo de la Etapa de Localización	42
5.4. Desarrollo de la Interfaz Móvil	51
5.4.1. Descripción de la Aplicación o Instructivo de Uso	52
5.5. Diseño Físico del Prototipo	56
<u>Capítulo VI: Ingeniería del Proyecto</u>	63
6.1. Asignación de Recurso Humano.....	63
6.2. Gestión de Riesgo.....	68
6.3. Costo del Proyecto	71
6.3.1 Costo de Mantenimiento.....	72
<u>Conclusiones</u>	74
Futuras Líneas de Desarrollo.....	75
<u>Bibliografía</u>	76
<u>ANEXO</u>	79

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.....</i>	25
<i>Tabla 2.....</i>	26
<i>Tabla 3.....</i>	31
<i>Tabla 4.....</i>	32
<i>Tabla 5.....</i>	36
<i>Tabla 6.....</i>	41
<i>Tabla 7.....</i>	63
<i>Tabla 8.....</i>	65
<i>Tabla 9.....</i>	65
<i>Tabla 1.....</i>	67
<i>Tabla 10.....</i>	69
<i>Tabla 11.....</i>	70
<i>Tabla 12.....</i>	70
<i>Tabla 13.....</i>	71
<i>Tabla 14.....</i>	71
<i>Tabla 15.....</i>	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	22
Figura 2.	28
Figura 3.	35
Figura 4.	37
Figura 5.	38
Figura 6.	40
Figura 7.	40
Figura 8.	41
Figura 9.	42
Figura 10.	43
Figura 11.	44
Figura 12.	45
Figura 13.	46
Figura 14.	46
Figura 15.	47
Figura 16.	47
Figura 17.	50
Figura 18.	51
Figura 19.	51
Figura 20.	51

Resumen

El siguiente proyecto consiste en el desarrollo de un sistema de geolocalización de animales domésticos, con la intención de buscar una solución al recurrente problema sobre el extravío de mascotas en la Ciudad de Salta. Estará conformado por tres componentes: por un lado, un dispositivo GPS el cual estará incluido en el collar de la mascota; por otro, una API REST y por último, una aplicación móvil para Android la cual permitirá conocer la posición exacta del animal. Se llevará a cabo siguiendo la metodología de desarrollo de software “*Prototipo*” debido a su adaptabilidad a la problemática planteada.

Introducción

Con el pasar de los tiempos, las tecnologías de la información y de las comunicaciones permitieron brindar soluciones a necesidades reales de la sociedad. Esto puede verse en la capacidad de penetración en los distintos campos de la actividad humana (Castells, M., 2009), orientados no sólo hacia la obtención de nuevos productos y servicios sino, fundamentalmente, hacia nuevos procesos de producción. Debido al avance fugaz de las TIC, impregnando y modificando la vida de las personas, posibilitan su fácil y rápido acceso dando por resultado la masividad de usuarios que interactúan dentro del nuevo mundo. En este sentido, es necesario ser conscientes que cualquier innovación en las tecnologías origina nuevas posibilidades para un número cada vez mayor de personas.

Particularmente, en el ámbito social ya existen diversos productos orientados a la búsqueda de animales extraviados, considerando a estos últimos como un actor fundamental en la vida de las personas. Algunos de estos productos son: **home again**, el cual consta de un microchip destinado a perros y gatos; **AVID**, es un microchip para la identificación electrónica animal mediante radio frecuencia; y **tractive**, es un dispositivo rastreador de mascotas en tiempo real.

Teniendo en cuenta los diferentes desarrollos llevados a cabo y el significado que tienen las mascotas dentro de las vidas de las personas, este trabajo se orienta al desarrollo de un prototipo para la localización de animales en tiempo real. A través del uso de la tecnología GPS/GPRS y la construcción de una aplicación para dispositivos Android, permitirá el rastreo desde cualquier lugar. La finalidad del desarrollo de este prototipo es el uso eficiente de la localización, que permite al usuario ubicar, rastrear y encontrar (en caso de extravíos) a la mascota, distinguiendo a este dispositivo como una alternativa para su uso.

Por ello, el desarrollo de este proyecto se estructura de la siguiente manera: en el Capítulo I se describen cuestiones vinculadas al planteo y delimitación del problema, los criterios de éxitos y la motivación que acompaña el desarrollo del sistema. Además, se vislumbran los objetivos planteados para llevar a cabo el sistema, la justificación y el alcance del proyecto, como así también la solución propuesta.

En el Capítulo II se hace un recorrido por otras propuestas y antecedentes sobre investigaciones similares que aportan a este proyecto.

En el Capítulo III se detalla el marco teórico que respalda al proyecto desarrollado, como los conceptos ordenadores para comprender con mayor precisión a qué tecnologías se recurrió para el desarrollo del sistema.

En el Capítulo IV se da a conocer aspectos metodológicos, es decir el camino que se escogió para la realización del proyecto, por lo que en él se destacan los pasos necesarios para el cumplimiento de los objetivos que se plantearon.

Con respecto al Capítulo V, se elabora la descripción del proceso realizado para el desarrollo y aplicación del sistema de geolocalización de mascotas, así también la reparación y puesta en marcha del dispositivo, todo ello con el fin de cumplir con los objetivos.

El Capítulo VI consta de la ingeniería del proyecto, donde se hace referencia a cuestiones como el uso de recursos humanos que se necesita para llevar adelante el proyecto, los riesgos que pueden existir y las posibles soluciones a tener en cuenta, y además el costo total del mismo.

Por último, se desarrollan las conclusiones y recomendaciones pertinentes obtenidas a través de la finalización del proyecto.

Capítulo I: Planteo del Problema

1.1. Descripción del Problema y su Importancia

En la sociedad actual, el interés observado hacia los animales y el énfasis puesto en las diversas agrupaciones protectoras de los mismos, dieron por resultado la sensibilización y la concientización en la importancia de su cuidado.

Según datos estadísticos pertenecientes a las marcas de alimento balanceado **Pedigree** y **Whiskas** (INFOBAE, 2011), da cuenta que el 78% de los argentinos tiene mascotas en su casa, en su mayoría perros (63%), y en menor medida gatos (26%), a los cuales se los considera miembros de la familia. Actualmente, en América Latina, Argentina es el país con mayor penetración de mascotas en hogares, con 9 millones de perros y 3 millones de gatos, y supera en porcentajes a Chile (71%), México (54%), Brasil (44%) y Colombia (35%). Estas encuestas dieron a conocer que el perro es la mascota preferida de los argentinos, ya que 1 de cada 3 hogares donde tienen un perro, hay más de uno. De esta manera, se considera a las mascotas como un integrante más de la familia (más del 30%) e incluso un 15% de los casos como un hijo. A través de estos datos extraídos de la noticia proporcionada por INFOBAE, se observa una fuerte tendencia a la humanización de las mascotas, a su integración como parte de la familia, a ser valoradas y cuidadas por acompañar positivamente y emocionalmente las vidas de sus dueños.

Por otra parte, PetHub, una compañía que fabrica etiquetas de identificación, ofrece algunas estadísticas (Becker, K., 2017) muy reveladoras sobre las mascotas perdidas:

- Uno de cada tres mascotas se pierden en algún momento de su vida
- Menos del 2% de los gatos perdidos y sólo entre 15 y 20% de los perros perdidos logran volver con sus familias.
- La mayoría de las mascotas que regresan a sus hogares tienen etiquetas de identificación, microchip o tatuaje.

- El 80% de los dueños de mascotas creen que las etiquetas de identificación son crucialmente importantes; sin embargo, sólo el 33% informa que su mascota siempre porta una.

Sin embargo, se percibe que a pesar de ser una mascota un integrante más de las familias, aún se debe seguir trabajando en concientización y responsabilidad del cuidado de los animales.

En la actualidad, y de acuerdo a las voces de los referentes de ONG orientadas al bienestar animal (APAN, Animalada Salta y Centro de Adopción Salta), las pérdidas y extravíos de mascotas crecieron exponencialmente, dando lugar a escasos y rudimentarios recursos de búsqueda para poder encontrar a los animales. Ubicados en la ciudad de Salta, se encontró que, como método de búsqueda, la mayoría de las personas utilizan volantes pegados en la calle indicando los números de teléfono y recompensas por la devolución, o utilizan las redes sociales para publicar el volante, esperando el apoyo y con él, la difusión del resto de la sociedad. Así nace la necesidad de innovar en un método más preciso y efectivo para la localización de los animales extraviados.

1.2. Motivación para Abordarlo

La motivación que lidera el siguiente proyecto se encuentra principalmente ligado al interés y compromiso social en el cuidado y la protección de las mascotas, intentando, a partir de ello, brindar una posible solución respecto a la problemática del extravío de los animales.

Además, se encontró la existencia de diversos artículos académicos, pertenecientes a: Díaz Videla (2015), Rodríguez Ceberio (2019), Gómez, Atehortua, Orozco (2007), que indican la importancia de las mascotas en las vidas de las personas, los efectos negativos en los dueños de las mascotas como consecuencia del extravío y su posible pérdida definitiva. Siendo esto, otro factor motivador para el desarrollo de este proyecto.

Por ello, se pensó en la elaboración de una aplicación que sea de fácil acceso y manejo para el usuario, posibilitando que cualquier persona pueda

utilizarlo para su mascota sin poseer grandes conocimientos en informática. De esta manera, realizar el proyecto da la posibilidad de automatizar procedimientos en la búsqueda de mascotas de una manera distinta y más eficaz.

Por último, otra motivación que acompaña este proyecto se encuentra ligada al desafío en el desarrollo de un sistema basado en la geolocalización para mascotas, que abarca cuestiones referidas al desarrollo de un hardware y un software, y la puesta en funcionamiento del mismo.

1.3. Materias que Aportan al Desarrollo

El desarrollo de este proyecto se vio beneficiado por los conocimientos impartidos en materias académicas de la carrera, tales como: Redes, Bases de Datos, Ingeniería de Software, Sistemas II; y se ahondó en el estudio de la informática y electrónica ya que la estructura requiere de un enlace de comunicaciones con los móviles y capacidades para la elaboración de sistemas de información geográfica, interfaces gráficos de usuarios, acceso y gestión de bases de datos avanzados, ingeniería del software, entre otros. Así mismo, su desarrollo exige el conocimiento necesario para la integración de diversas tecnologías.

Solución Propuesta

1.4. Justificación

Es necesario sensibilizar y concientizar a la sociedad en cuanto a la prevención de extravíos de mascotas, por medio de nuevos canales tecnológicos que se encuentren al alcance de todos y que sean de rápido acceso.

Además, resulta pertinente brindar una posible alternativa de solución al problema observado respecto al extravío de mascotas en Salta, ya que no se tiene en cuenta los diversos programas ya diseñados en otros países por el desconocimiento pleno de estas aplicaciones y sus potencialidades.

Por ello, se propone implementar el siguiente proyecto que consiste en el desarrollo de una aplicación móvil SO Android que se conectará con un dispositivo GPS construido, a fin de conocer la ubicación exacta y el recorrido realizado por la mascota. El dispositivo estará asociado con un número de identificación de la mascota, que posibilitará la asociación de manera unívoca con el animal. De esa forma, las personas podrán localizar a su mascota.

Por último, cabe destacar que la finalidad de este proyecto es brindar a la ciudad de Salta una herramienta tecnológica de geolocalización que permita mejorar el rastreo y ubicación de mascotas, utilizando adecuadamente los recursos informáticos, agilizar y mejorar los procesos de búsqueda que faciliten el encuentro efectivo del animal, y, por último, sentar bases para la mejora de este y próximos dispositivos a desarrollar.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivos Generales

Este proyecto tiene como objetivo general el de construir un dispositivo GPS y su correspondiente aplicación Android que posibilite la localización y/o rastreo de mascotas extraviadas.

1.5.2. Objetivos Específicos

Atendiendo al objetivo general especificado anteriormente, se desglosan como objetivos específicos, los siguientes:

- Investigar las tecnologías existentes para seleccionar la más adecuada al desarrollo de este proyecto.
- Diseñar un prototipo de collar con tecnología GPS/GPRS para rastrear mascotas.
- Desarrollar una aplicación para dispositivo Android que permita representar y mostrar los datos obtenidos por el collar.
- Desarrollar una API REST que facilite el almacenamiento, la manipulación y la consulta de datos entre el dispositivo y el collar.

1.6. Alcance del Trabajo

Los criterios que se tendrán en cuenta para considerar exitoso el proyecto son:

- ✓ Desarrollar una aplicación para la localización de la mascota, con una interfaz gráfica y moderna que facilite el manejo por parte del usuario, obteniendo así un eficiente acceso de los datos.
- ✓ La construcción y prueba del prototipo para controlar que sea funcional.
- ✓ Presentación de los resultados obtenidos a través de la aplicación construida.

Queda fuera del alcance de este proyecto:

- ✓ Optimizar la batería del dispositivo GPS a una duración mayor a 3 horas.
- ✓ Optimizar medidas de seguridad en los datos.
- ✓ El funcionamiento del prototipo en la mascota.

Capítulo II: Estado del Arte

Para llevar adelante este proyecto, fue necesario recurrir a la búsqueda de investigaciones y trabajos similares que han intentado brindar posibles soluciones a la cuestión de la pérdida de mascotas. Por ello, este capítulo se organiza de la siguiente manera:

- Antecedentes del proyecto: se destaca una serie de experiencias basadas en el desarrollo similar de un sistema de geolocalización para mascotas.
- Trabajos propuestos: se presentan publicaciones, desarrollo de proyectos, tesis y artículos científicos que abordan la temática escogida de este trabajo.

2.1. Antecedentes del Proyecto

Indagando en diferentes fuentes, se encuentran diversas y posibles soluciones (antecedentes) similares al modelo de sistema de geolocalización que se busca desarrollar, ya implementadas en otros países. Entre ellas se destacan:

Implantación de un Microchip

Su aplicación consiste en la implantación del dispositivo, aproximadamente del tamaño de un grano de arroz, por bajo la piel en el cuello, en medio de los dos hombros. Por lo general, suele causar dolor en los animales y se realiza bajo anestesia local. En diferentes países, este chip tiene un número de reconocimiento que es único y contiene datos del dueño del animal asociados a este número. En algunos países lograron aplicar el uso de los mismos, llegando a alcanzar un alto nivel de concientización, a tal punto que en la mayoría de centros y refugios de animales cuentan con lectores de chips, los cuales arrojan los datos del dueño del animal que tiene el microchip y posibilitan el reencuentro entre dueño y animal. Sin embargo, este dispositivo tiene como consecuencias la aparición de tumores malignos en la zona donde se implementó el microchip.

Tatuaje de Reconocimiento de las Mascotas

Este método se utiliza para identificar al animal, implica tatuar un código único o información sobre la oreja, la barriga o el interior de la pierna de una mascota totalmente desarrollada. No obstante, se puede descubrir varias falencias. La primera trata sobre la poca duración de la tinta de los tatuajes. La segunda refiere que muchas de las personas cuando encuentran al animal no recorren en la búsqueda del tatuaje, con el agravante que si éste posee abundante pelaje, se dificulta su visibilidad. Por último, se debe poner un número o información que no varíe con el paso del tiempo, de lo contrario no servirá.

Bipy “la Correa” Virtual

Este prototipo permite monitorear de manera remota la localización y actividad de la mascota. Además, posee información del perfil y permite la conexión vía voz a distancia (Clarín, 2018).

También posibilita brindar información sobre zonas seguras dentro de la casa y alertar cuando lo requiera. Posee un parlante incorporado donde el dueño puede acceder a conectarse con su mascota por medio de llamadas. Cuando sucede un extravío tiene la función de “perdí mi mascota”, allí se activa la búsqueda por medio de cinco formas: el GPS, las señales 4G, 3G y 2G (dependiendo de la ubicación de las antenas) y por último el protocolo SSID (Service Set Identifier) (Clarín, 2018).

2.2. Trabajos Propuestos

Así como se indagó sobre las posibles soluciones desarrolladas en otros lugares, también se realizó una búsqueda en publicaciones, desarrollo de proyectos, tesis y artículos científicos orientados a temas similares como el que se está abordando en este trabajo, los cuales dan un importante sostén y permite contextualizar el estado actual del tema.

Se encontró el trabajo de tesis de Mora (2004) denominado “Microchips implantados en animales para su identificación y rastreo en México: Factibilidad

de implementación”. Este trabajo analiza la factibilidad de la implementación del microchip AVID, para rastrear y localizar animales en la ciudad de México. Además estudia sobre el funcionamiento y la tecnología que utilizan los microchips y analiza los sistemas de rastreo asociados a esos chips para la localización de animales.

Otro trabajo es el de Moltoni, A., Irurueta, M., Negri L. Y Duro Sebastián (2010), denominado “Evaluación de collares para rastreo de animales basados en tecnología GPS”. El collar fue desarrollado por el Laboratorio de Electrónica del Instituto de Ingeniería Rural del INTA (Argentina) a través de uso del GPS, con el fin de registrar el movimiento para estudiar el comportamiento animal. Cabe aclarar que el objetivo de este trabajo estuvo puesto en la evaluación del funcionamiento del collar en animales del campo.

También se encontró el desarrollo de un collar con tecnología GPS, llevado a cabo por el INTA, en los laboratorios de Agro-electrónica del Instituto de Ingeniería Rural para monitoreo animal. El sistema desarrollado permite obtener datos georreferenciados de la posición del animal y trazar su recorrido. La información es cargada en el servidor de desarrollo de aplicaciones, instalado en el Instituto de Ingeniería Rural, y se puede acceder a la misma a través de una aplicación web (Gorandi, E., Clemares, N. Y Moltoni, A., 2014)

Por otra parte, se encuentra el proyecto de grado de Ramírez Osorio, F. Y Salazar Echeverry, J. (2016), denominado “Diseño y construcción de un dispositivo para la localización de mascotas”, perteneciente a la Universidad Tecnológica de Pereira. Su objetivo principal estuvo puesto en el diseño y la construcción de un dispositivo localizador de mascotas a través del estudio del funcionamiento del GPS y GPRS/GSM, el desarrollo de un programa de control y el ensamble de todos los módulos.

En esta línea también se encuentra el proyecto de grado de Gavilanes Bayas (2018), que se llamó “Sistema electrónico de detección y rastreo de mascotas”. El sistema propuesto estuvo compuesto por un módulo Xadow

GSM+BLUE, que permite conectarse a la red móvil y desde allí transmitir la información., Asimismo el componente Xadow GPS v2 le posibilita transmitir las coordenadas emitidas por el GPS.

“La información recolectada por el módulo GPS se transmite hacia un servidor que se encuentra alojado en un Hosting por medio del módulo GSM y dichos datos alojados se puede monitorear mediante una interfaz web y móvil utilizando las APIS de Google Maps, para generar marcadores en donde se detecte las coordenadas recibidas por todo el sistema. De esta manera se logra tener un monitoreo ya sea de fechas anteriores como en tiempo real dependiendo de la selección por parte del usuario que lo monitoree.” (Gavilanes Bayas, A., 2018, pp16)

Barrera, H. (2018) elaboró su trabajo de grado en Colombia, que se denominó “Investigación, diseño y prototipo de Software para localización e identificación de especímenes utilizando IoT (Caso práctico: mascotas perdidas o robadas)”. El autor analizó las tecnologías ya desarrolladas en la localización de mascotas extraviadas y buscó desarrollar un producto más completo que posea mejor rendimiento.

Por último, se halló el proyecto de grado de Martínez Portilla, M. (2019) cuyo nombre fue “Prototipo de una Aplicación Móvil para el Despliegue de Geolocalización y Mejoramiento de la Condición Física de las Mascotas”, proveniente de la Universidad Cooperativa de Colombia. El proyecto estuvo orientado a establecer un prototipo con el fin de evitar la pérdida de mascotas y brindar información pertinente a los dueños para ayudar a tener una buena condición física en sus mascotas.

Capítulo III: Marco Teórico

En este apartado se vislumbran los aportes teóricos pertinentes que sostienen al tema propuesto en este trabajo. Cabe destacar que se explicitan conceptos ordenadores propios de la operativa del sistema diseñado, las tecnologías que lo constituyen, el funcionamiento y aplicación, así también se evidencian aspectos teóricos respecto a la importancia que adquieren las mascotas en el seno familiar desde un enfoque sociológico.

3.1. Geolocalización

Parafraseando a Pérez Rodríguez, M. D. (2015), la geolocalización es la capacidad de asignar coordenadas geográficas a la información por medio de herramientas informáticas. En palabras de López, G. (2012), la geolocalización es un concepto que hace referencia a la situación que ocupa un objeto en el espacio y que se mide en coordenadas de latitud (x), longitud (y) y altura (z) (p: 25).

Esto quiere decir que la geolocalización hace referencia a la capacidad de proporcionar la latitud y longitud del punto en el que se encuentra un objeto sobre la superficie terrestre. Por tanto, la mayoría de los receptores proporcionan los valores de estas coordenadas en unidades de grados (°) y minutos ('). Tanto la latitud como la longitud son ángulos y por ello deben medirse con respecto a un 0° de referencia bien definido.

La latitud representa el Hemisferio Norte y el Sur, ésta se mide con respecto al Ecuador (latitud 0°). En este sentido, si un punto determinado se encuentra en el hemisferio norte o sur, su coordenada de latitud irá acompañada de la letra N o S, respectivamente. También existe otra forma de expresar la latitud que consiste en: si el punto está en el hemisferio norte será representado por números positivos y si se encuentra en el sur, será con números negativos.

Por otra parte la longitud Este y Oeste, se mide de acuerdo al meridiano de Greenwich, es decir que si se obtiene un ángulo al este u oeste respecto a

este meridiano, se expresa con la letra E o W, respectivamente, acompañando al número que da la longitud.

3.1.1. Sistema de Información Geográfica

La geolocalización recurre a Sistemas de Información Geográfica (SIG) para “capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión” (Wikipedia en Lopez, G., 2012). En tal sentido, los sistemas de información geográfica integran de manera organizada al hardware, al software y a los datos geográficos.

Siguiendo esta línea, Lopez, G. (2012) plantea tres fases en la que se representa la información de estos sistemas, ellos son:

- 1- Introducción de datos: este hace referencia al almacenamiento de datos pertinentes en el software del SIG.
- 2- Gestión de los datos: en esta fase, se puede asociar información a los puntos georreferenciados, para poder gestionarlos (elaborar análisis, diagnósticos, predicciones).
- 3- Salida de los datos: la información será plasmada sobre un mapa, en el cual se pueden incorporar tablas, gráficos y fotografías.
- 4- Mediante estas fases, se puede dar cuenta el valor que posee los SIG, ya que permite analizar, de manera compleja las bases de datos.

3.2 Tecnología GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System, GPS) desarrollado por Estados Unidos, se ha incorporado masivamente a todo tipo de trabajos que precisen determinar la posición en que se encuentra un barco, un avión, un coche o una persona en nuestro planeta.

Según Pérez Rodríguez, M. D. (2015), el GPS se conforma por un conjunto de 28 satélites operativos que emiten una señal en todo momento. La recepción de varias de estas señales es lo que permite al GPS portátil calcular e

indicar la posición sobre la Tierra. Mientras más visible sea a los satélites, más precisos serán los cálculos. Con varias posiciones el receptor podrá suministrar otros datos derivados, como la posición exacta y relativa, la velocidad de navegación o desplazamiento, entre otras.

En el campo civil existe un amplio abanico de usos: la navegación aérea y marítima, el control de flotas de camiones, la medición de la deriva de los continentes, la utilización del sistema para realizar senderismo por la montaña, etc.

3.2.1. Funcionamiento de un Receptor GPS

Se puede afirmar que el sistema GPS tiene como fin calcular la posición de un punto determinado en un espacio de coordenadas, partiendo del cálculo de las distancias del punto a un mínimo de tres satélites cuya localización es conocida (Pozo, A., Ribeiro, A., García, M., García, L., Guinea, D. Y Sandoval, F., 2000). Estas distancias son calculadas entre el tiempo de vuelo de la señal desde el satélite y la velocidad de propagación. El tiempo que se mide debe ser preciso, por tanto, los relojes instalados en los satélites y los receptores estén sincronizados.

Los receptores GPS tienen la capacidad de recibir la información precisa de la hora y la posición del satélite. Estos receptores reciben dos tipos de datos, por un lado, los datos denominados almanaque y por otro, los que se conocen como efemérides. Los datos almanaque consisten en la ubicación general de satélites, dicha información puede ser recibida desde cualquier satélite y una vez que el receptor GPS tiene la información del último almanaque recibido y la hora precisa, sabe dónde buscar los satélites en el espacio.

Por otra parte, los datos, que se conocen como Efemérides, son datos precisos provenientes del satélite que ha logrado ser capturado por el receptor GPS, estos datos obtenidos son exclusivos de ese satélite y a través de ello se

puede calcular la distancia exacta del receptor al satélite. Cuando el receptor captó la señal de, al menos, tres satélites, calcula su propia posición en la Tierra por medio del punto de encuentro de la posición de los satélites captados. De esta manera se obtiene de manera más exacta la posición.

3.3. Tecnología Celular GSM

El GSM (Sistema global para las comunicaciones móviles) es un sistema telefónico celular de segunda generación, desarrollado al principio para resolver los problemas de fragmentación inherentes a los sistemas de primera generación en Europa. Antes del GSM, todos los países europeos usaban distintas normas de telefonía celular, por lo que era imposible que un suscriptor de cualquier país usara un solo teléfono en toda Europa. El GSM fue el primer sistema telefónico celular totalmente digital, diseñado para usar los servicios de la ISDN (red digital de servicios integrados) para proporcionar una amplia gama de servicios a la red.

3.3.1 Servicios GSM

La intención original era hacer GSM compatible con ISDN, en términos de servicios ofrecidos y formatos de señalización de control. Desafortunadamente, las limitaciones de ancho de banda del canal y de costo evitan que el GSM funcione a la velocidad básica de datos de 64 kbps de ISDN.

Los servicios telefónicos GSM se pueden clasificar en forma amplia en tres categorías:

- Servicios de portador
- Teleservicios
- Servicios suplementarios

Una función única de GSM que no existe en los sistemas anteriores, es el servicio de mensajes cortos (SMS), que es bidireccional para mandar mensajes alfanuméricos hasta de 160 bytes de longitud.

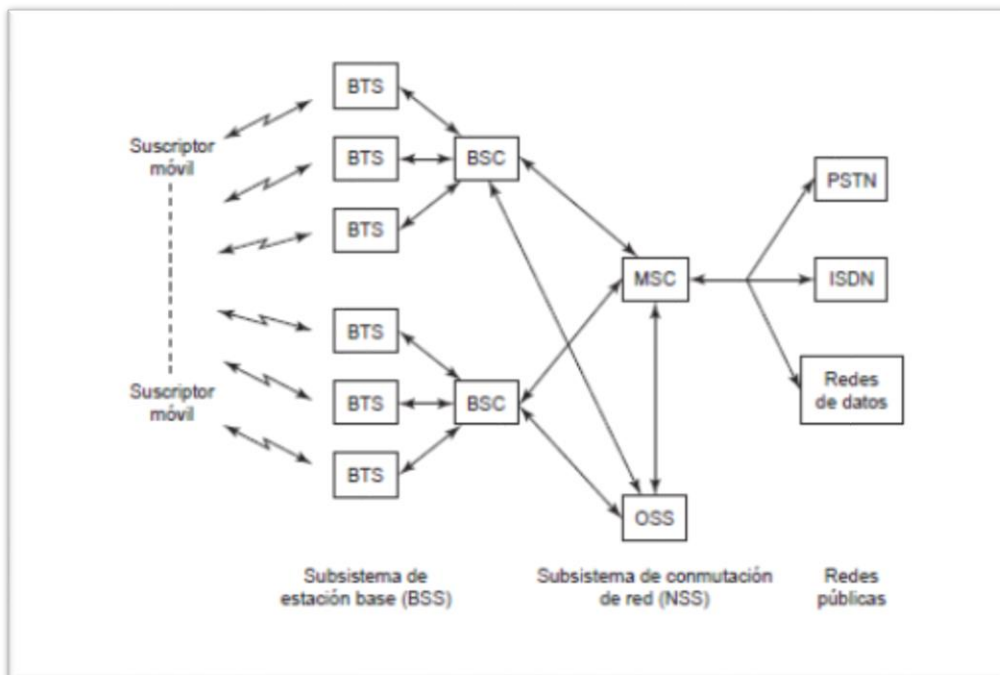
3.3.1 Arquitectura del Sistema GSM

Según Tomasi, W. (2003), GSM consiste en tres subsistemas principales interconectados, que interaccionan entre sí y con los suscriptores a través de interfaces especificadas de red. Los tres subsistemas principales del GSM son:

- Subsistema de estación base (BSS): Conocido como el subsistema de radio, proporciona y administra el acceso de los terminales al espectro disponible, también del envío y recepción de los datos.
- Subsistema de red y conmutación (NSS): Se ocupa de realizar las funciones de portar y administrar las comunicaciones entre teléfonos móviles y la red conmutada de telefonía.
- Subsistema de soporte operacional (OSS): Permite vigilar, diagnosticar y localizar fallas en aspectos generales de la red GSM.

Estos subsistemas los podemos identificar en la siguiente figura:

Figura 1.
Arquitectura GSM



Fuente: Tomasi, W., 2003: P.899.

Aunque la estación móvil es, técnicamente, otro subsistema, en general se le considera como parte del subsistema de estación base (Tomasi, W., 2003).

A veces se conoce al BSS como el subsistema de radio, porque proporciona y administra rutas de transmisión en radiofrecuencia entre las unidades móviles y el centro móvil de conmutación (Tomasi, W., 2003).

3.4. Tecnología GPRS

Según (Sánchez Wevar, J., 2005), el GPRS se orienta a la comunicación de paquetes de datos. Dicho sistema se encarga de actualizar los servicios de datos provenientes del GSM, con el fin de hacerlos compatibles con LANs, WANs e internet. “El principal objetivo de GPRS es ofrecer un acceso a redes de datos estándar, como TCT/IP. Estas redes consideran GPRS como una subred normal” (Sánchez Wevar, J., 2005: 27)

3.5. Arquitectura GPRS

Según (Sánchez Wevar, J., 2005), el GPRS utiliza los recursos radio solamente cuando hay datos que enviar o recibir, adaptándose así perfectamente a la muy intermitente naturaleza de las aplicaciones de datos. El uso de los enlaces de este modo conserva la capacidad de red y la interfaz. El GPRS, además de las entidades de GSM, necesita de elementos tales como:

- El nodo GGSN que actúa como canal entre la red GPRS y la red pública de datos como IP y X.25, conectando también con otras redes GPRS.
- El nodo SGSN (servidor que soporta GPRS).
- La estructura principal o red troncal GPRS (backbone).

3.6. Base de Datos

Para (Reinosa, E., Maldonado, C., Muñoz, R., Damiano, L., & Abrutsky, M., 2012), “una base de datos es un conjunto de datos estructurados y definidos a través de un proceso específico que busca evitar la redundancia, y

que se almacenará en algún medio de almacenamiento masivo, como un disco”
(p: 3)

Dentro del mundo de base de datos, existen diferentes modelos de datos que permiten estructurar y organizar de cierta manera los datos, algunos están orientados a aspectos, otros a objetos, etc. “Un modelo de datos brinda distintos conceptos y permite definir las reglas y estructuras para el almacenamiento de datos” (Reinosa et al. 2012:17) para luego ser manipulados.

A grandes rasgos, a los modelos de datos se los puede clasificar en modelo de datos basados en objetos y el orientado a registros o transacciones. Para el desarrollo de este proyecto se tomó el modelo de datos relacional que pertenece al modelo orientado a transacciones. Este modelo se compone por un conjunto de datos almacenados que se relacionan entre sí y permiten ser manipulados.. Según Ordoñez, M., Tapia, J. Y Asanza (2015) tiene como función primordial la de mantener integridad y seguridad de los datos ante cualquier problema, de allí que se considera como un sistema de datos integrados con vistas a ser manipulados.

La base de datos relacional posee elementos que le son propios. Desde los aportes de Ordoñez et. al (2016) se encuentran:

- **La tabla:** que es la que se encarga de alojar datos de la base de datos y se constituye por:
 - **Tupla:** serían las filas de la tabla.
 - **Atributo:** considerado como las columnas.
 - **Grado:** vendría a ser el número de atributos por los que está compuesta una tabla.
 - **Cardinalidad:** tiene que ver con el número de tuplas.
 - **Dominio:** posibilita identificar los valores válidos para un atributo.
 - **Valor nulo:** es cuando un atributo no posee ningún valor, es decir que no se relaciona con ninguno.

- **Relaciones:** permiten que los datos no sean redundantes.
- **Formularios:** recolectar y actualizar datos.
- **Consultas:** posibilita modificar, ver y analizar datos.
- **Informes:** permite mostrar datos que pueden ser impresos.

A continuación, se presenta la “Tabla de Empleados” la cual muestra la relación de empleados con sus campos y registros.

Tabla 1.
Tabla de empleados

	codigo	nombre	genero	cargo
1000	1000	Andrea Pineda	Femenino	Gerente de operaciones
1001	1001	Cristhian Durán	Masculino	Director técnico
1002	1002	Daniel Flores	Masculino	Jefe de área
1003	1003	Rocío Ruiz	Femenino	Analista

Fuente: Fundamentos de bases de datos (p.28), por Zea M, Honores J, Rivas W., 2016.

A modo de ejemplo de lo mencionado anteriormente, se presenta la tabla “Ubicación” como representación de la base de datos construida para este proyecto, la cual contiene información referida a la identificación de la mascota, su latitud, longitud y la fecha y hora en la que estuvo en ese punto.

Tabla 2.
“Ubicación”

id	fecha_hora	latitud	longitud
0426682c-e31f-47c8-b00f-cea6a510acd5	2021-02-02 21:14:45	-45.6565	-66.543434
0a712b2e-b1f6-4caf-ba1e-cfedf243f757	2021-02-04 21:10:23	-24.782390	-65.4300
0cd73446-fa56-425a-b0a3-e83c0e8600ed	2021-02-04 20:39:59	-24.782340	-65.430
0f0ded8d-e231-45c4-a847-f94560c59623	2021-02-03 22:53:17	-24.782477	-65.4300
1823c8f1-5078-4645-9f78-e295b5ba2b4f	2021-02-03 22:03:14	-24.782583	-65.431
19aa7ff4-bbe7-45a6-bca4-7fb2266b21d7	2021-02-04 01:34:07	-24.782260	-65.430
1ace8ff0-b305-4989-8ee8-08a19ba0dae4	2021-02-03 01:39:03	-24.782318	-65.430
1db2196a-3524-4eed-b76c-98c31b69659b	2021-02-03 21:45:26	-24.782190-24.782707	-65.430-65.43
24196997-a9a1-4777-898e-a898581d9a49	2021-02-04 20:45:47	-24.782370	-65.431
250b171d-7004-4ab2-b7b8-58451ba764a7	2021-02-04 00:02:57	-24.782445	-65.430
2b5d45e8-af47-4668-90c2-d53f86423a90	2021-02-03 23:35:24	-24.782442	-65.4310
30a2bf3c-dbc1-42dc-8587-dd7f3fc1e941	2021-01-29 22:37:06	-24.3000	-65.4300
3a609307-c081-4397-84d4-90a272bbd5ed	2021-02-04 21:12:41	-24.782367	-65.430.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.1 Sistema Gestor de Bases de Datos

Se conoce como Data Base Management a la herramienta que permite ser un interfaz entre la base de datos, el usuario y las aplicaciones. Así también posibilita almacenar, definir y manejar una base de datos, de esta manera controla y restringe la información que se obtiene de los datos.

3.7. API REST

Una API (interfaz de programación de aplicaciones) es un conjunto de definiciones y protocolos que se usa para diseñar e integrar el software de aplicaciones.

REST se describe mediante un conjunto de limitaciones arquitectónicas que tratan de minimizar la latencia y las comunicaciones de la red y, al mismo

tiempo, maximizar la independencia y escalabilidad de las implementaciones de los componentes. Las seis características de REST son las siguientes:

1. Cliente-servidor: requiere que un servicio ofrezca una o más operaciones, y que los servicios esperen que los clientes soliciten dichas operaciones.
2. Sin estado: requiere que las comunicaciones entre el consumidor del servicio (cliente) y el proveedor del servicio (servidor) no tengan estado.
3. Caché: requiere que las respuestas se etiqueten claramente como con caché o sin caché.
4. Interfaz uniforme: requiere que todos los proveedores del servicio y consumidores dentro de una arquitectura que cumple con la REST, compartan una sola interfaz común para todas las operaciones.
5. Sistema en capas: requiere la capacidad de agregar o quitar intermediarios en el tiempo de ejecución sin alterar el sistema
6. Código según la demanda (opcional): permite que la lógica dentro de los clientes (como exploradores web) se actualice independientemente de la lógica del servidor utilizando un código ejecutable enviado por los proveedores del servicio a los consumidores (Ca Technologies, sf).

3.8 Arduino

Arduino es una plataforma de Hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo y diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Es una herramienta destinada para hacer que los ordenadores puedan censar y controlar el mundo físico.

Esta herramienta puede ser utilizada para crear objetos interactivos, leyendo datos de una gran variedad de interruptores y sensores y controlando multitud de tipos de luces, motores y otros actuadores físicos. Los proyectos que involucran Arduino pueden ser autónomos o estar comunicados a una aplicación.

Posee un IDE que facilita su uso y la programación de manera simultánea. El lenguaje que utiliza Arduino es el lenguaje C++ que se encuentra basado en el lenguaje Wiring, es software libre y se puede descargar gratuitamente desde

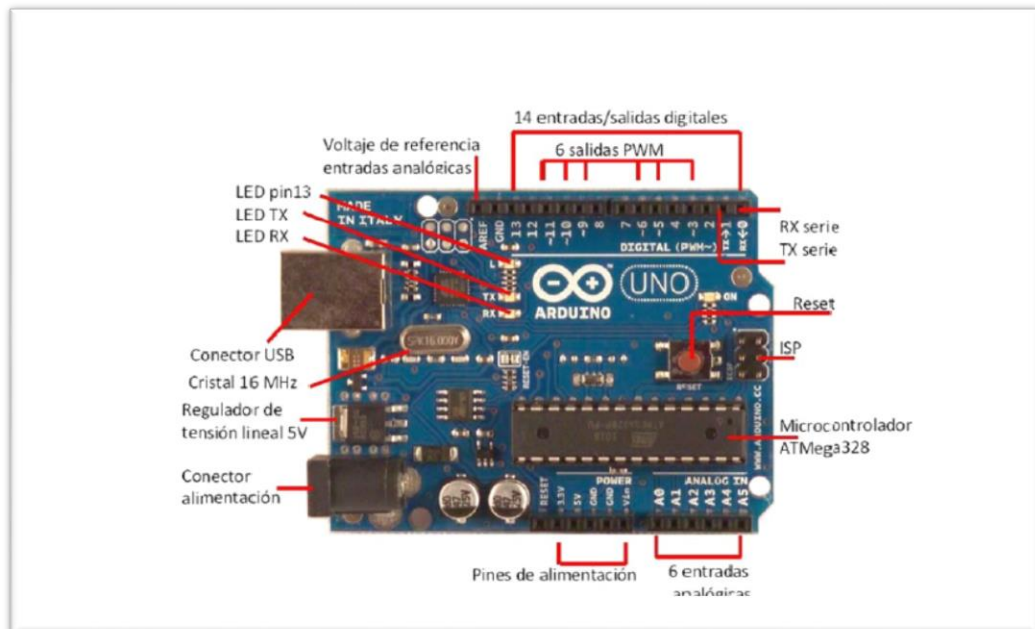
el sitio web oficial de Arduino (Herrero Herranz, j. Y Sánchez Allende, J., 2015). El entorno de desarrollo está basado en Processing (Herrero Herranz, j. Y Sánchez Allende, J., 2015) y posibilita editar, compilar y enviar el programa a la plataforma hardware que se esté usando.

3.8.1 Arduino UNO

De todas las plataformas de Arduino que existen, para el desarrollo de este proyecto se utilizó la plataforma de Arduino UNO. Dicha plataforma posee un microcontrolador de 8bits, 14 pines donde uno de ellos se puede configurar como entrada y salida digital.

Así como se observa en la siguiente imagen, esta placa, será la equivalente al “cerebro” en el cuerpo humano, permitirá de principio a fin, poner en marcha todos los componentes conectados a ella, procesando la información obtenida por el rastreador, para ser almacenada en la base de datos.

Figura 2.
Arduino UNO R3



Fuente: Herrazn y Allende, 2015

3.7. La Importancia de la Mascota en el Seno Familiar

A lo largo de todo este tiempo, se ha ido incrementando la adopción de mascotas como un miembro más de la familia. Según York y Mancus en Díaz Videla, M. (2017) los animales han tenido una profunda influencia en las diversas sociedades humanas desempeñando un rol fundamental a lo largo de la historia de la humanidad. En este sentido, las mascotas constituyen una parte importante de las familias; ellas desarrollan un sistema emocional familiar equilibrado a partir de la integración de los animales en las rutinas diarias (Díaz Videla, M. y Rodríguez Ceberio, & M., 2019).

La mascota debe adaptarse a las normas que se establece en la familia, pero así también la familia debe modificar algunas reglas para incluirlo. Diversas investigaciones dan cuenta que se integran a las mascotas porque se los considera como niños, hijos o un integrante importante. “Así, convertir a los animales en miembros de la familia es un proceso bidireccional, (...) donde los animales tienen un rol activo en elegir ser parte de la familia, y modifican y delinean activamente las reglas de las familias” (Díaz Videla, M. y Rodríguez Ceberio, & M., 2019: 51).

El rol tan marcado que se le otorga a las mascotas permite vislumbrar que las personas dedican tiempo, dinero, desarrollan un vínculo y sentimientos hacia estos seres, por este motivo, existe un mercado amplio que utiliza estas cuestiones para ofrecer productos orientados al bienestar de dichos animales.

Capítulo IV: Aspectos Metodológicos

4.1. Metodología y/o Procedimiento

Teniendo en cuenta que se quiere desarrollar un Sistema de Geolocalización para mascotas, la metodología escogida y que mejor se adapta para las acciones que se llevarán a cabo en este proyecto, es la del “Prototipado”.

4.2. Tipo de Diseño

Esta metodología está compuesta por 6 etapas:

1. Planeación y análisis de Requerimientos: Se procede a la obtención de información en base a las siguientes técnicas:
 - Revisión de documentos: consiste en la búsqueda de información pertinente del tema e investigación acerca de los sistemas ya existentes que dan solución a esta problemática.
 - Cuestionarios: facilitará la recolección de datos para inferir acerca de la aceptación del sistema y deducir si ésta es la solución correcta para esta problemática.
2. Diseño rápido: En base a lo recabado en la etapa anterior, se procede a la construcción, con un nivel suficiente de detalles, de los “planos del sistema”.
3. Construcción del Prototipo: En esta etapa se utilizarán los planos diseñados previamente. Además, se dividirá en tres partes: la primera será el ensamblado y configuración del dispositivo GPS, la segunda será el desarrollo de la Aplicación Móvil, y la tercera, el desarrollo de la API REST.
4. Evaluación del prototipo: Una vez construido el prototipo, se llevará a cabo un examen experimental sobre su funcionamiento.

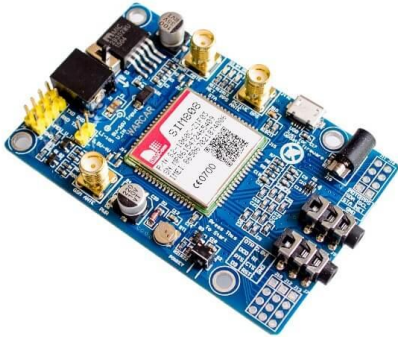
5. Refinamiento del prototipo: De acuerdo a lo observado en la etapa anterior, en caso de encontrar fallas o problemas, se volverá a la etapa Número 2, para una mejora.
6. Producto de Ingeniería: Una vez que el prototipo funciona correctamente, se procede al desarrollo del sistema de una manera íntegra, dando así, lugar a un producto de ingeniería.

4.3. Recursos Necesarios

Para el desarrollo del prototipo que conforma el proyecto, se necesitan las siguientes herramientas y elementos destinados para la elaboración del collar:

Tabla 3.

Tabla de herramientas para el Collar

Descripción	Cantidad	Características
Placa Arduino Uno R3	1	
Modulo GPS/GPRS	1	

Batería 3000 MAh	2	
Batería 9 V recargable	1	
Cargador de batería Universal	1	

Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración de la Aplicación móvil (APK), se precisan los siguientes elementos:

Tabla 4.
Tabla elementos para la APK

Descripción
Android Studio 64 bits
Pc
Microprocesador Intel Core I3 o Superior

Fuente: Elaboración propia

Capítulo V: Desarrollo e Implementación del Sistema Propuesto

Introducción

A continuación, se detalla el proceso transitado para alcanzar los objetivos propuestos. Cabe recordar que la solución propuesta por este proyecto está orientada, por un lado, al diseño y desarrollo de un Dispositivo GPS/GPRS, vinculado a una API REST y montado en un servidor privado en internet, y, por el otro, el desarrollo de la aplicación móvil para Android, la cual consume los servicios brindados por esa API REST.

De esta manera se diseñó la estructura del sistema, se analizaron las tecnologías disponibles en la Argentina, y se seleccionaron las más adecuadas. El sistema diseñado envía la información sobre la ubicación de la mascota en tiempo real al servidor en internet (API REST), permitiendo de esta forma, la lectura de esa información (ubicación actual o historial de ubicaciones) a través de la aplicación móvil, disponible en el Smartphone del usuario.

Para una mejor comprensión en los siguientes apartados, se hará una descripción de cada una de las etapas que atravesó la elaboración del proyecto.

5.1. Diseño Rápido: Etapas del Sistema

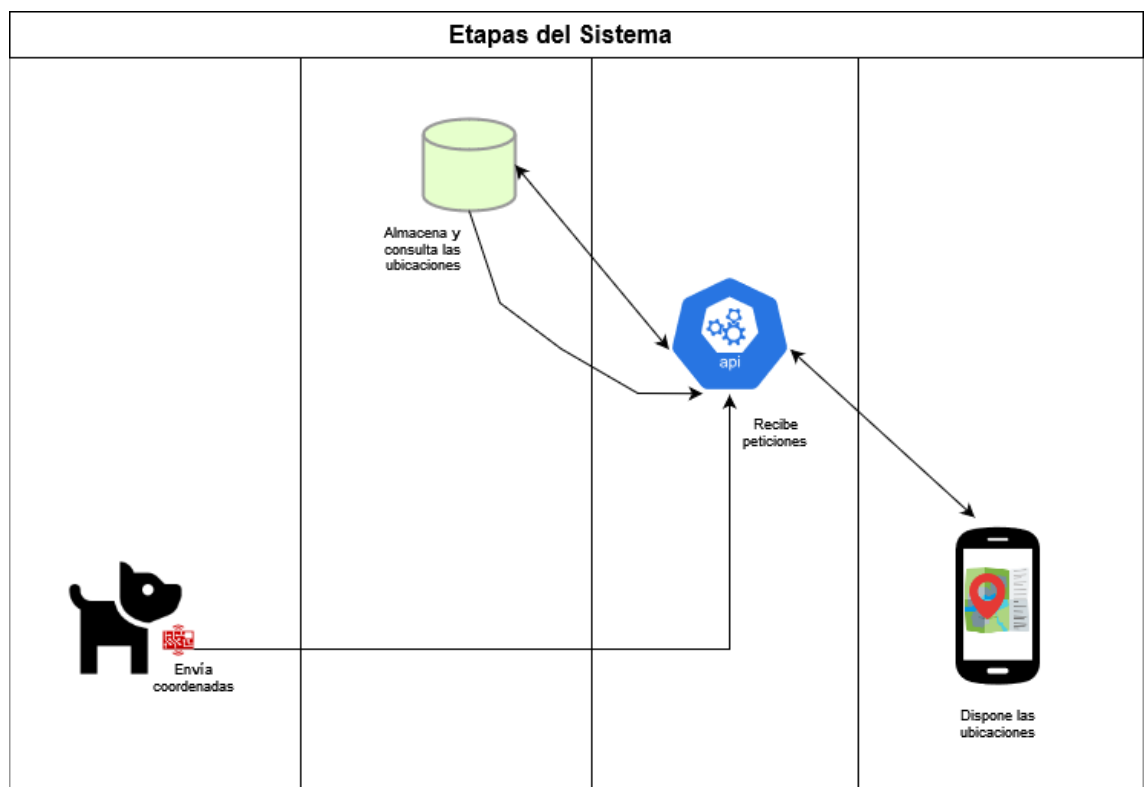
Para la construcción del Sistema de Geolocalización de mascotas, el proyecto estuvo dividido en cuatro fases diferentes pero complementarias entre sí. La primera etapa es la de **localización**, donde la Placa SIM 808 conectada a la Placa Arduino UNO R3, obtiene la ubicación exacta de la mascota en un momento determinado.

La segunda fase, es **la comunicación**, la cual es una parte fundamental del esquema, ya que mediante ella, se comunicarán los diferentes componentes entre sí siendo el envío de datos crucial para este modelo.

La tercera etapa es el **almacenamiento** de los datos. Una vez que los datos llegan al servidor central, son almacenados en una base de datos.

La cuarta y última etapa es la de **consulta de los datos**, almacenados en la base de datos y presentados en una interfaz gráfica, moderna y sencilla para ser comprendida por el usuario final. La figura 3 se representan las etapas de procesamiento que realiza el sistema.

Figura 3.
Etapas de procesamiento del Sistema



Fuente: elaboración propia.

5.2. Búsqueda, Análisis y Selección de los Dispositivos, Tecnologías y Red Móvil.

En esta etapa se procedió a la investigación y evaluación de las diferentes opciones técnicas que se han tenido en cuenta para la construcción del prototipo.

En primer lugar, se contempló la plataforma para el desarrollo del dispositivo. Se evaluó dos opciones para iniciar el proyecto con placas BeagleBoard o placas Arduino. Dado el elevado costo de las primeras, se optó por una opción más accesible. Así se escogió Arduino, ya que es Open Source y se encuentra basado en un lenguaje familiar trabajado en la carrera (C++), el cual es muy utilizado para proyectos educativos. Posee una gran comunidad, para evacuar dudas y compartir conocimientos entre unos y otros. Además, es la plataforma recomendada para aquellos que deseen incursionar en electrónica.

Al tener elegida la plataforma, faltaba decidir con cuál de la amplia gama de placas se trabajaría. Para esto se consideró dos conceptos, el *tamaño* y el *consumo energético*, siendo lo principal el consumo energético, ya que el dispositivo tiene que funcionar sin estar conectado a la corriente.

Tabla 5.
Tabla comparativa de placas

Sección	Nano	Uno	Mega
Microcontrolador	ATMEGA 328	ATMEGA328P	ATMEGA2560
Voltaje de operación	5V	5V	5V
Voltaje de entrada(recomendado)	7-12V	7-12V	7-12V
Pines Digitales E/S	20	20	54
Pines digitales con PWM	6	6	15
Pines con entrada analógica	8	6	16
Corriente continua por pin E/S	40mA	20mA	20mA

Velocidad de Reloj	16 Mhz	16Mhz	16 Mhz
Memoria Flash	32 KB(2 KB bootloader)	32 KB(0,5 bootloader)	256 KB(8KB bootloader)
SRAM	2 KB	2 KB	8KB
EEPROM	1 KB	1 KB	4KB
Led Incluido	13	13	13
Convertidor USB a Serie	FTDI 232	ATmega	ATmega

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se puede observar en la tabla 5, la placa más pequeña es el Nano. Sin embargo, la que mejor administra la energía y tiene mayor compatibilidad con Shields (módulos que se pueden conectar a la placa base) es Arduino UNO. La placa Arduino Mega, si bien es cierto que tiene muy buenas características y mayor memoria, ocupa muchísimo más espacio que la Arduino Uno. Por lo tanto, la elegida fue la Arduino UNO R3.

Figura 4.
Placa Arduino



Fuente: *Candy-Ho Electronics.*

Se debió también hallar un componente (shield) para que conectado mediante la placa Arduino, permita encontrar la ubicación en un instante dado.

Los disponibles en el país eran dos:

- Shield GPS/GPRS/GSM A9.
- Shield GPS/GPRS/GSM SIM 808.

Si bien el que posee menor consumo energético y ocupa menos lugar físico es el Shield A9, al momento de la compra, el único disponible era el Shield SIM 808. En cuanto a funcionalidad, ambos ofrecen las mismas prestaciones y es por eso que se pudo continuar con la elaboración del dispositivo de rastreo con la plaqueta SIM 808.

El Shield SIM 808, es construido por la empresa Waveshare y está basado en el SIM 808 desarrollado por la empresa SIMCOM. Ofrece GSM/GPRS y para que se logre la comunicación de la placa Arduino con este shield, se pueden utilizar los comandos AT.

Los comandos AT, también conocidos como conjunto de comandos Hayes, nacieron para garantizar la compatibilidad entre los módems.

Figura 5.
Shield GPS/GPRS/GSM SIM 808



Fuente: Mercado libre.

5.2.1 Canal de Comunicación

Para la comunicación, en un principio, se pensó realizar esta conexión directamente desde el collar hacia el celular, mediante SMS. De esa forma,

habiendo instalado la aplicación móvil en el celular, ésta, interpretaría los datos para mostrar la ubicación de la mascota. Pero se encontró varias dificultades: en primer lugar, siempre se dependería del celular, es decir al cambiar de celular, se perdería el historial de ubicaciones de la mascota; en segundo lugar, el procesamiento estaría en el celular, es decir, se debería disponer de uno de gama media como mínimo.

Por ello, se incorporó el tercer elemento, central y muy importante, la existencia de un servidor donde está alojado un API REST, que se encarga de realizar el almacenamiento, consulta y modificación de los datos. La comunicación con ese servidor central, utiliza el servicio GPRS. Para enviar datos (2G) con exactitud se recurre a los Servicios HTTP provistos por la Shield SIM 808. Es importante destacar, que esta funciona como un nodo central, es decir, el collar no sabe que existe una aplicación móvil que consume los datos de la API, y la aplicación móvil no sabe que es el collar quien envía los datos.

5.2.2 API REST

Respecto a la API REST, se contempló dos tipos de tecnologías para que estén del lado del servidor, ellos son: **Spring Boot con Java y Express con Node.js**. Se realizó un análisis de las características de ambos lenguajes, entre ellas las más destacadas son:

Java	Node Js
Comunidad Madura	Comunidad en crecimiento
Fuertemente Tipado	Débilmente Tipado
Multi Hilo	Mono Hilo
Gran cantidad de librerías para seguridad	Pocas librerías disponibles para manejo de la seguridad.

En este caso, se prefirió elegir Spring Boot con Java, dado que es más robusto al hablar de aspectos de seguridad, posee su propio conjunto de

aplicaciones para ello, tal como Spring Security, por lo tanto la API fue desarrollada bajo esa tecnología.

Figura 6.
Spring boot



Fuente: cleventy.com.

5.2.3 Servidor Central

Para el servidor central se utilizó un Servidor virtual privado obtenido mediante suscripción mensual de la empresa Digital Ocean. Se le instaló el sistema operativo Ubuntu y se instaló un servidor Apache/Tomcat, en el cual se montó la API REST.

Figura 7.
Digital Ocean



Fuente: Blanes, Rafa G., 2018.

5.2.4 Base de Datos

Se contemplaron dos opciones, la primera de ellas fue Microsoft SQL Server y la segunda fue MySQL, si bien es cierto que ambas tienen muchas similitudes, tienen características muy diferentes, entre ellas:

Tabla 6.
Tabla de comparación de características

MS SQL Server	MySQL
Permite la detención en la ejecución de consultas.	No permite la cancelación de consultas a mitad del proceso.
No bloquea la BD mientras realiza Backup de los datos.	Bloquea la BD mientras se realiza el Backup de los datos.
Se necesita licencia paga.	Es openSource.
No permite elección entre del motor de BD.	Permite elegir el motor de BD.

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que se vieron aspectos muy interesantes en MS SQL Server, se decidió optar por MySQL, principalmente porque no tiene costo asociado para los fines de este proyecto, posee una gran comunidad de apoyo y lo único que sería pago, sería el soporte en caso de necesitarlo por cualquier error.

Figura 8.
MYSQL



Fuente: disenowebakus.net

52.5 Aplicación Móvil

Al momento del desarrollo de la aplicación, se presentó la duda si utilizar el lenguaje Java o Kotlin. Frente a esto, se encontró varias cuestiones positivas con el lenguaje de Kotlin, entre ellas, que es más rápido de compilar, da por resultado un programa liviano y evita el aumento de tamaño en las aplicaciones. Los fragmentos de códigos escritos en Kotlin son más pequeños que los escritos en Java, no requiere tantas líneas de códigos, por lo tanto generan menos errores. Por ello, se decidió por el lenguaje en Kotlin.

Figura 9.
Kotlin



Fuente: medium.com

5.2.6 Entornos de Desarrollo

Este proyecto se llevó a cabo en diferentes entornos de programación, cada entorno para una parte específica del proyecto:

- Visual Studio Code para el desarrollo de la API.
- IDE Arduino, para la programación del collar.
- Android Studio, para el desarrollo de la aplicación Móvil.

5.3. Desarrollo de la Etapa de Localización

Esta etapa se puede comprender en 2 secciones:

1. La parte del Hardware, se explican los pines con sus conexiones para que las dos placas se puedan conectar entre sí.

2. La parte del software, donde se explica el código con sus instrucciones, para lograr que el collar se conecte con el servidor central.

Hardware:

En un principio, se pasó a realizar la conexión de las antenas en la Shield SIM 808. La antena GPS, debe ir conectada en la tercer ranura, mirando la placa de frente, contando de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, y la antena GSM, debe ir conectada en la primer ranura (la que está más cercana al SIM 808), según se puede ver en la figura 9.

Figura 10.
Shield GPS/GPRS/GSM SIM 808

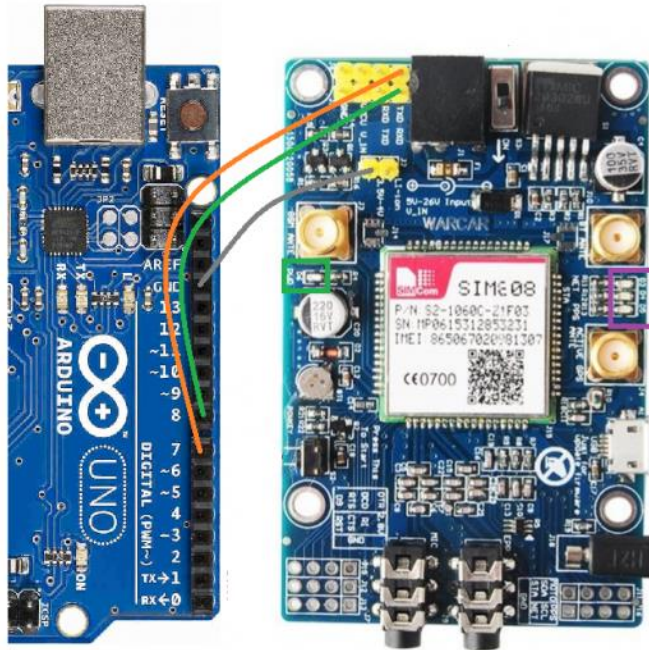


Fuente: Prometec.net

Por otra parte, se debe realizar la conexión, para que la placa Arduino UNO pueda manipular los datos con la Shield SIM 808, en tal sentido se llevó adelante de la siguiente manera:

- Se conectó el pin RX de Arduino (pin 7) para el pin TX de la SIM 808.
- Se conectó el pin TX de Arduino (pin 8) para el pin RX de la SIM 808
- Se conectó el pin GND de Arduino con el pin GND de la SIM 808.

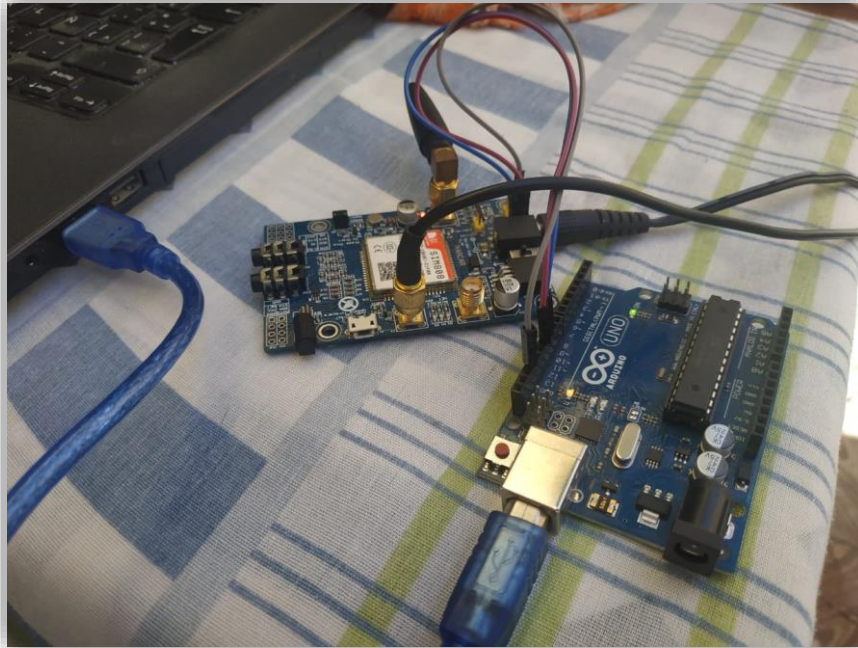
Figura 11.
Placa ARDUINO UNO y SHIELD SIM 808



Fuente: *Prometec.net*

Para la alimentación de la placa Arduino estará dada por una batería de 9V. Para la de la SIM 808 fue pensada con un par de baterías de 3,3 V y 1200 mAH.

Figura 12.
Placa ARDUINO UNO y SHIELD SIM 808.



Fuente: Elaboración Propia.

Una vez que se tuvo resuelto todo esto, recién se pasó a la parte siguiente: la codificación necesaria para enviar los datos al servidor central.

Software

A nivel de Software, lo que se hizo en un primer momento, es importar las librerías existentes, hay dos librerías fundamentales con las que se trabajó: SoftwareSerial y Arduino JSON. La librería SoftwareSerial permitió definir dos pines (RX, TX) de nuestra placa Arduino, en los cuales se conectaron dos pines del Shield 808. Esta librería es la que posibilitó realizar la comunicación entre Placa y Shield.

La segunda librería, Arduino JSON, permitió encapsular en un objeto JSON, la longitud y la latitud obtenidas a partir de la Shield SIM808.

Figura 13.

```
#include <ArduinoJson.h>
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial sim808(7,8); //RX, TX
```

Fuente: Elaboración Propia

La estructura básica de Arduino está definida por dos partes que son obligatorios y encierran bloques que contienen instrucciones.

- **setup()** es la sección en la cual se inicializan las variables necesarias para que todo funcione.
- **loop()** es la sección cuyas instrucciones se repiten indefinidamente. De ahí su nombre loop o bucle, en español.

Ambas son necesarias para que el programa trabaje.

En el setup() del proyecto, se encuentran las instrucciones de los comandos AT necesarios para configurar la Shield SIM 808. En estas instrucciones, se está prendiendo el GPS e indicando que se debe conectar a la red GPRS.

Por otra parte en la función **loop()** del proyecto, se encuentran las instrucciones, que se repetirán constantemente. Se necesita que cada un cierto tiempo, envíe la latitud y la longitud a la API alojada en el servidor central. Esto se realiza con la función definida como **pedirUbicacion()**

Figura 14.

```
void pedirUbicacion()
{
  sendTabData("AT+CGNSINF",10000,DEBUG);
  if (state !=0)
  {
    Serial.println("Status :"+GPS_status);
    Serial.println("State :"+state);
  }
}
```

```
Serial.println("Time :"+timegps);  
Serial.println("Latitude :"+latitude);  
Serial.println("Longitude :"+longitude);  
locnew = latitude+","+longitude;  
Serial.println("la localizacion actual es: "+locnew);  
delay(300);  
bandera = true;  
  
}  
else  
{  
    Serial.println("GPS Iniciandose...");  
}  
}
```

Fuente: Elaboración Propia

En esta función se intentó almacenar en variables los datos obtenidos en la instrucción **“AT+CGSINF”**, siendo lo más importante para almacenar en variables es la latitud y la longitud.

Una vez que se tenga la ubicación se procede a preparar el objeto JSON para el posterior envío.

Figura 15.

```
StaticJSONBuffer<200> JSONBuffer; //prepara el objeto JSON  
JSONObject& object = JSONBuffer.createObject();  
  
object.set("Latitud",latitud);  
object.set("Longitud",longitud);  
  
object.printTo(Serial);  
Serial.println(" ");  
String sendtoserver;  
object.prettyPrintTo(sendtoserver);  
delay(4000);
```

Fuente: Elaboración Propia

Con el objeto JSON creado, solo resta utilizar la función definida como **enviarAPI()**.

Figura 16.

```
void enviarAPI(String latitud,String longitud){
```

```
StaticJSONBuffer<200> JSONBuffer; //prepara el objeto JSON
JSONObject& object = JSONBuffer.createObject();

object.set("Latitud",latitud);
object.set("Longitud",longitud);

object.printTo(Serial);
Serial.println(" ");
String sendtoserver;
object.prettyPrintTo(sendtoserver);
delay(4000);

sim808.println("AT+HTTPIPINIT"); //Inicia Servicios HTTP.
delay(6000);
ShowSerialData();

sim808.println("AT+HTTTPARA=\"CID\",1"); //SETEA EL PARAMETRO
CID
delay(6000);
ShowSerialData();

sim808.println("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"http://198.199.89.202:8080
/pets-api/api/ubicacion\""); //SETEA EL SERVIDOR A ENVIAR LOS
DATOS
delay(10000);
ShowSerialData();

sim808.println("AT+HTTTPARA=\"CONTENT\", \"application/JSON\"");
//SETEA EL TIPO DE CONTENIDO QUE TENDRÀ EL ENVÍO
delay(10000);
ShowSerialData();

sim808.println("AT+HTTTPDATA=" + String(sendtoserver.length())
+ ",100000"); //SETEA EL TAMAÑO DEL OBJETO JSON Y EL TIMEOUT
NECESARIO PARA EL POST.
Serial.println(sendtoserver);
delay(6000);
ShowSerialData();

sim808.println(sendtoserver);
delay(6000);
ShowSerialData();

sim808.println("AT+HTTTPACTION=1"); //
```

```
delay(6000);  
ShowSerialData();  
  
sim808.println("AT+HTTPREAD=0,1500");  
delay(15000);  
ShowSerialData();  
  
sim808.flush();  
delay(6000);  
Serial.println("Flush hecho");  
  
sim808.println("AT+HTTPTERM");  
delay(10000);  
ShowSerialData();  
  
}
```

Fuente: Elaboración Propia

La función **enviarApi**, se encarga de indicar los parámetros necesarios para que el JSON sea enviado a la API alojada en el servidor central. En particular, se le indicó cual es la URL de la API, indicando el método que utilizará (POST) para el envío y posterior almacenamiento de esa ubicación. Realizando estos pasos, se continua con el desarrollo de la próxima fase del proyecto.

5.4. Desarrollo de la Etapa de API REST

En base a lo anterior, se sabe que el dispositivo creado en la fase de Rastreo, realiza el envío a la API, un objeto JSON con la ubicación.

Esta API REST está compuesta por 3 grandes conceptos:

-  **Modelos:** Esta capa define la estructura y tipo de datos que tendrán los objetos. Esto definirá los datos que se necesitan almacenar en la base de datos.
-  **Repositorios:** Es la capa que tiene acceso directo a los datos; se definen los métodos en sentencias SQL que serán utilizados por los controladores.

✚ Controladores: definen y agrupan un conjunto de acciones HTTP (GET, POST, PUT o DELETE) que están relacionadas directamente a un modelo o entidad. Es la capa con la que interactúan las solicitudes del exterior.

Para este proyecto, se definieron tres modelos que interactúan entre sí.

✚ Mascotas

✚ Ubicación

✚ Usuarios

Cada uno de estos modelos, tiene un controlador y un repositorio, respectivamente.

Al enviar el objeto JSON, lo envía al controlador de Ubicación, el cual, al recibirlo, le aplica una función, para desmembrar el Objeto.

Figura 17.

```
@PostMapping
public Ubicacion createUbicacion(@RequestBody Ubicacion ubicacion) {
    ubicacion.setId(UUID.randomUUID().toString());
    ubicacion.setFechaHora(new Date());
    return ubicacionRepository.save(ubicacion);
}
```

Fuente: Elaboración Propia

En este caso, trabaja sobre el objeto JSON, le agrega un Identificador único, le agrega la fecha y la hora y recién lo almacena, respectivamente atributo por atributo en cada tabla correspondiente, en la base de datos.

Hasta aquí, se completó el proceso hasta la Fase 3 donde se almacena en base de datos lo enviado por el dispositivo de localización.

Como se mencionó anteriormente, una aplicación móvil es la que solicita los datos guardados, para ser interpretados y mostrados al usuario final.

Al solicitar las ubicaciones del día de consulta, la API envía un objeto JSON con toda la información solicitada.

Figura 18.

```
@GetMapping("/hoy")
public List<Ubicacion> getTodayUbicaciones() {
    return ubicacionRepository.getToday();
}
```

Fuente: Elaboración Propia

El método getToday() está definido de la siguiente forma:

Figura 19.

```
public interface UbicacionRepository extends JpaRepository<Ubicacion, String> {
    @Query(value = "select u.*\n" +
        "from ubicacion u\n" +
        "where DATE_FORMAT(fecha_hora, '%d/%m/%Y') = DATE_FORMAT(current_date, '%d/%m/%Y')\n" +
        "order by fecha_hora", nativeQuery = true)
    List<Ubicacion> getToday();
}
```

Fuente: Elaboración Propia

Este envía los objetos JSON del día de consulta al dispositivo que se lo solicite.

Figura 20.

```
{
  "FechaHora": "2021-02-18 03:32:12",
  "Latitud": "-64.3333",
  "Longitud": "-24.5555",
  "Id": "3ae4ffcb-a741-41e6-bd88-befda7fdc9c5"
}
```

Fuente: Elaboración Propia

5.4. Desarrollo de la Interfaz Móvil

A partir de los datos que se obtuvieron en el objeto JSON, se muestran en una aplicación móvil. Cabe aclarar que para el desarrollo de esta interfaz se

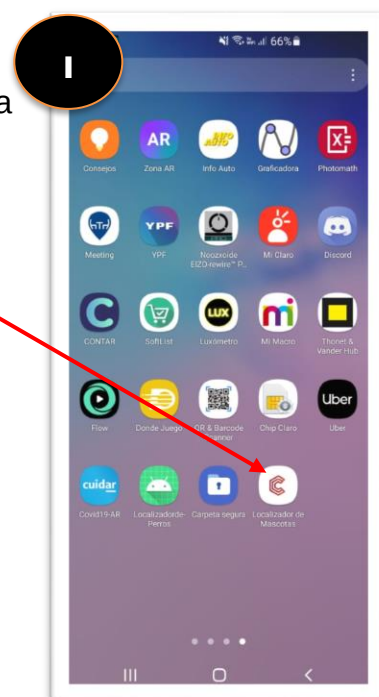
realizó un diseño que se adapte a los celulares mediante el uso del IDE Android Studio.

Para la programación se utilizó la API 28, que se corresponde con la versión de Android 9.0 (Android Pie), última versión disponible de este sistema operativo. La librería utilizada para manipular el objeto JSON, en Android Studio, con el Lenguaje Kotlin, es Gson. También se utilizó la librería Volley para facilitar y agilizar las peticiones de HTTP, además del *mapeo* del objeto JSON a un objeto correspondiente en la lista de ubicaciones.

5.4.1. Descripción de la Aplicación o Instructivo de Uso

A continuación, se visualiza como ingresar y una breve descripción de dicha aplicación.

1. Se empieza por entrar a la aplicación llamada **“Localizador de Mascotas”**.



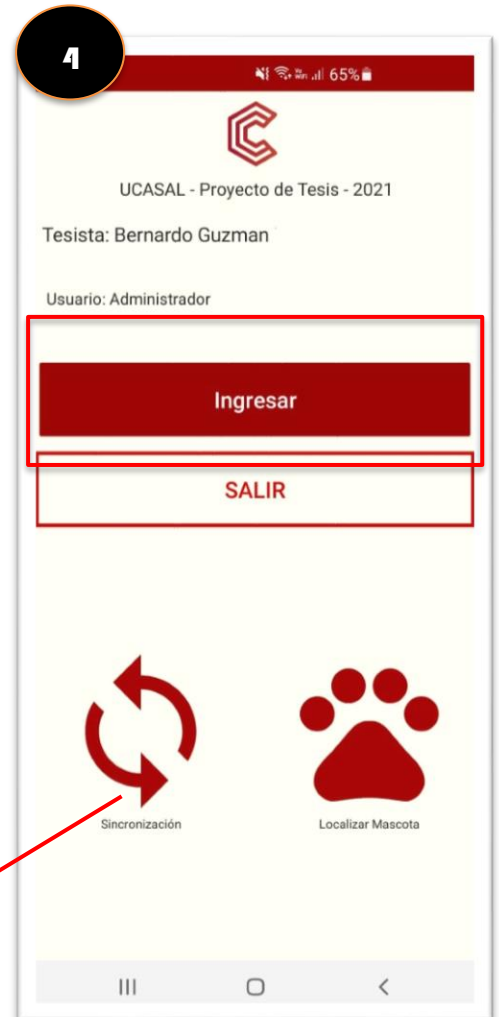


2. Se coloca TAP en **ingresar**, solicitará el usuario y el password.



3. Se registra el usuario, para que la aplicación vincule con éste y la mascota asociada.

4. Finalmente, al tener éxito en el Log-in, muestra la pantalla principal, con el nombre de usuario y las funciones disponibles.

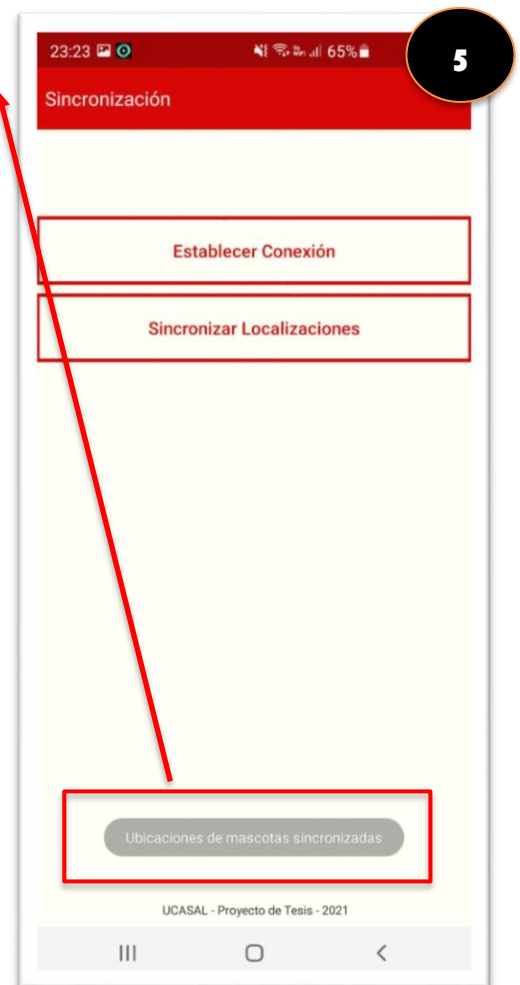


En este caso, se tienen dos botones. Lo primero que se debe hacer es realizar la **sincronización** del dispositivo móvil con la API, montada en el servidor central.



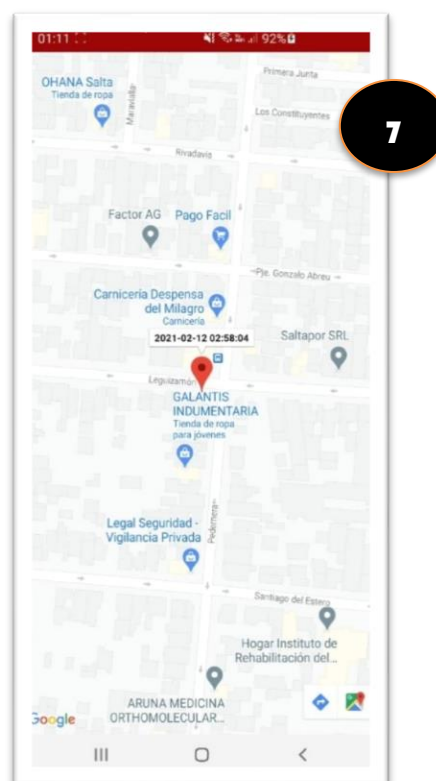
Al hacer TAP en Sincronización:

5. Indica con la leyenda **“Ubicaciones de mascota sincronizadas”**, que la conexión fue exitosa, y que llegó correctamente el Objeto JSON, correspondiente a la lista de las últimas ubicaciones obtenidas por medio del dispositivo.



6. Si en el menú principal, se hace *tap* en **“Localizar mascota”**.

7. Así, mostrará las ubicaciones de la mascota en el día, a través de marcadores en un mapa del Google Maps.



5.5. Diseño Físico del Prototipo

El localizador GPS debe ser encapsulado en un receptáculo con el fin de ser adherido a un collar. De esta manera, podrá ser colocado en el cuello de la mascota y pueda ser utilizado.

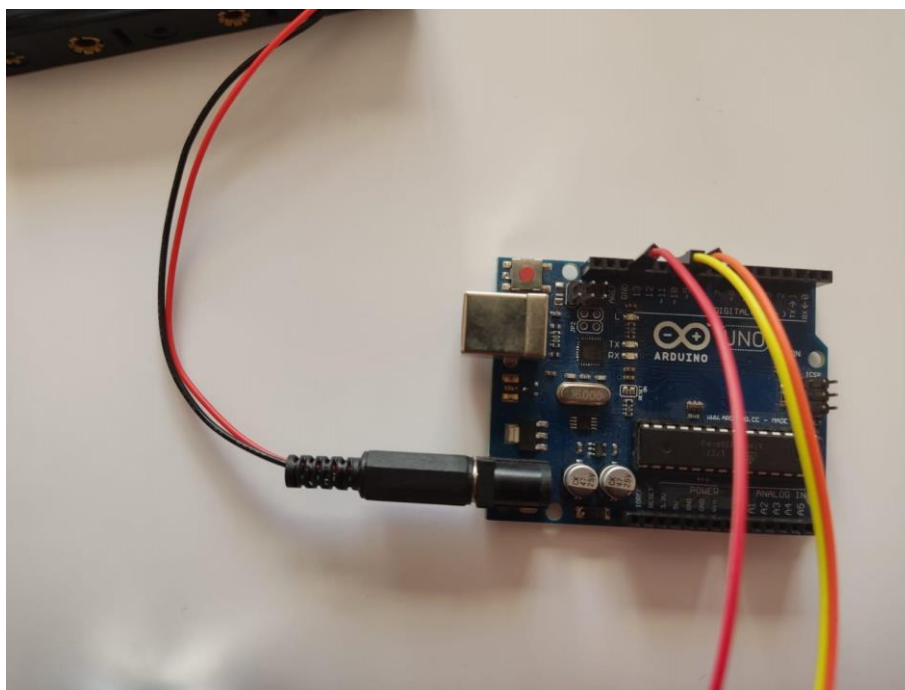
Tomó largo tiempo la decisión por el material de la cápsula que envolvería el localizador, ya que cada elemento debía entrar de manera correcta sin perjudicar cada una de ellas y, además ubicar la antena de forma que ésta quede expuesta para el funcionamiento correcto. Reconociendo estos aspectos, se decidió recurrir a la búsqueda de un receptáculo de plástico, entendiendo que dicho material es maleable y puede soportar golpes, calor y lluvia sin que éste perjudicara los elementos que se encuentren en él.

Cuando se decidió por ese material, resurgió un problema referido al tamaño de la capsula. En una primera instancia se reconsideró uno más pequeño pero, en éste, los componentes no podían ser dispuestos dentro, es decir que no

encajaban correctamente. Por lo tanto, se recurrió a probar con un receptáculo mucho más grande, para asegurar que los componentes fueran a entrar adecuadamente. Finalmente, así sucedió, quedando éste agarrado al collar. Para el caso de los animales de porte pequeño, la disposición del aparato será sobre el lomo de la mascota por el tamaño de esta, pero en el caso de las mascotas de porte grande, esto quedará ubicado en el cuello.

A continuación se detalla el paso a paso realizado para montar todos los componentes en el receptáculo:

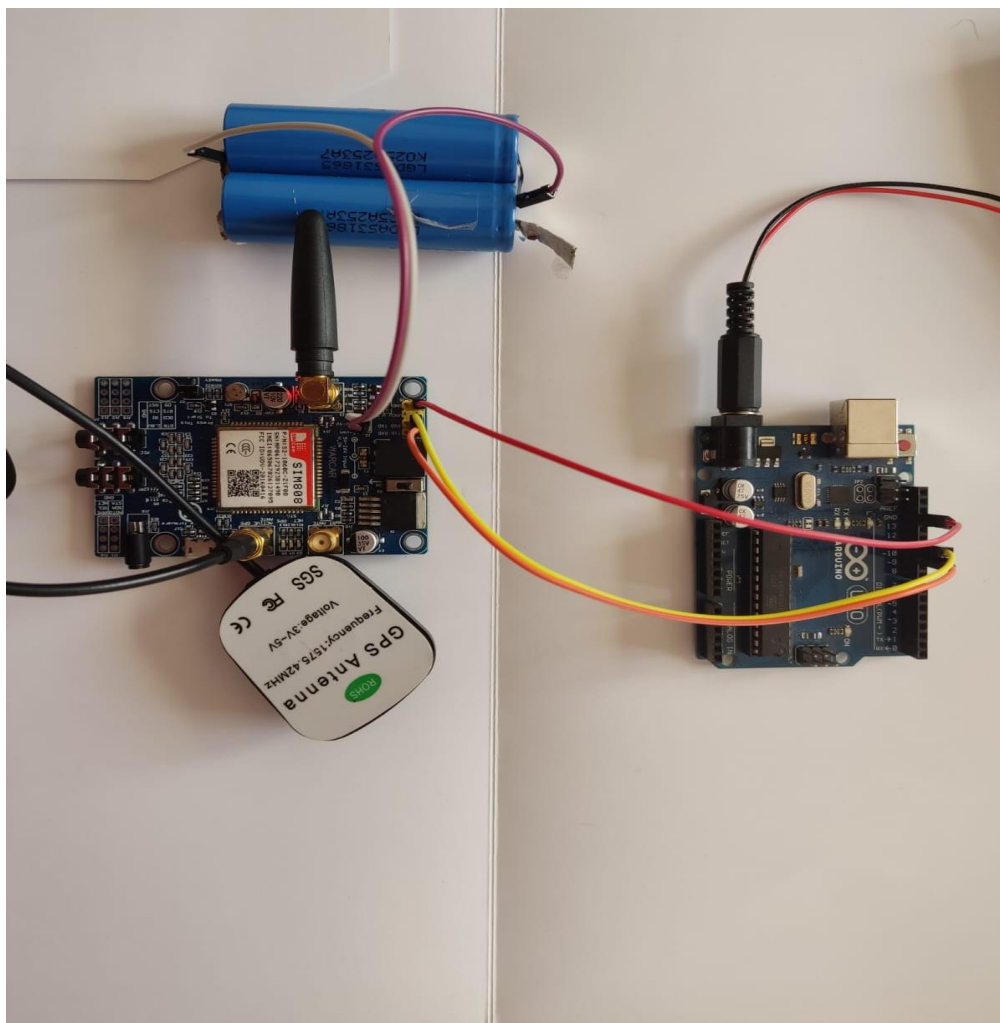
1. Conectar el Arduino Uno R3 a la alimentación y los cables que vinculan la placa Arduino con el Shield SIM808.



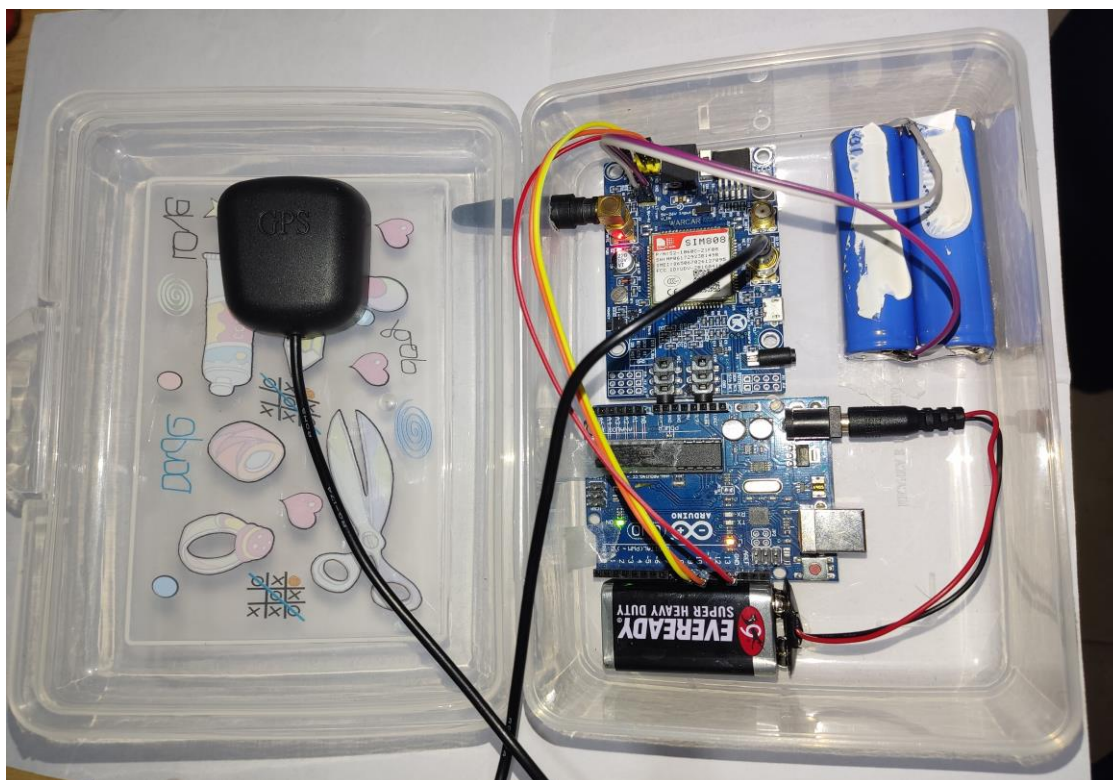
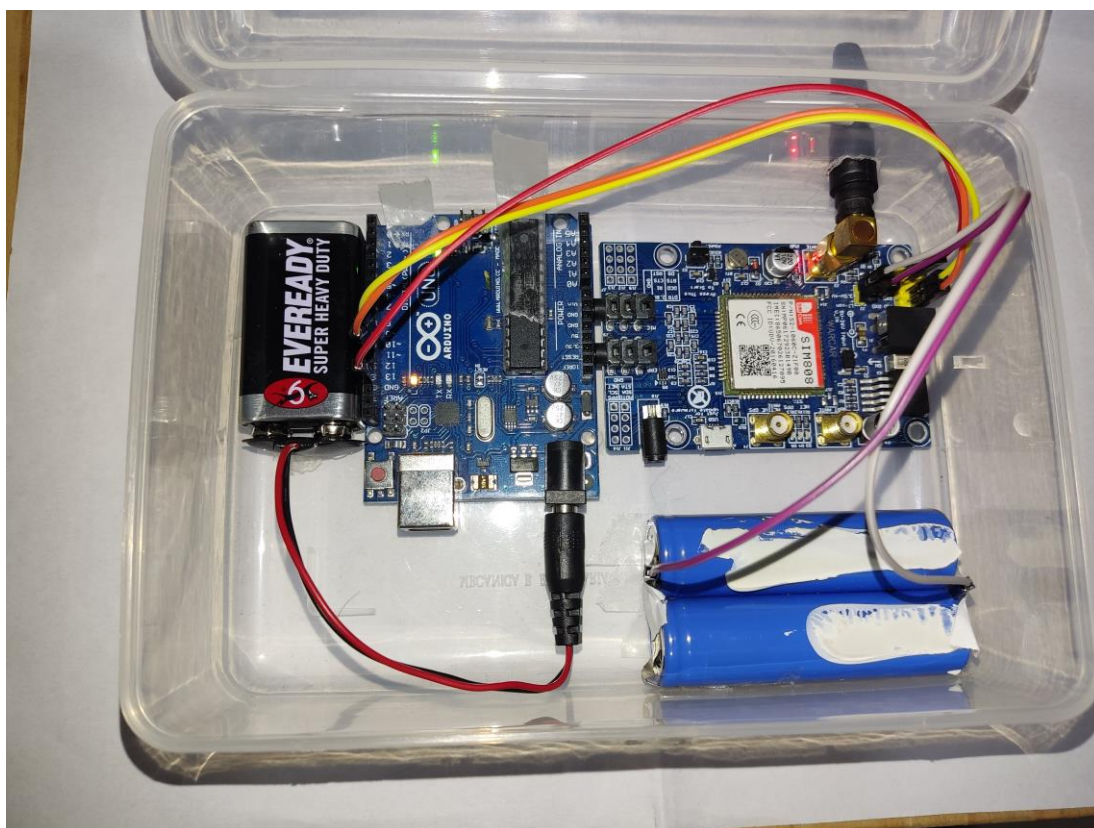
2. Acto seguido se conectó a la SIM808 las baterías, y la antena GPS.



3. Se debe conectar los cables de la Arduino UNO con la SIM808



4. Para finalizar, cada uno de estos elementos soldados y con sus respectivas conexiones, se los ubica en el receptáculo representado a continuación.

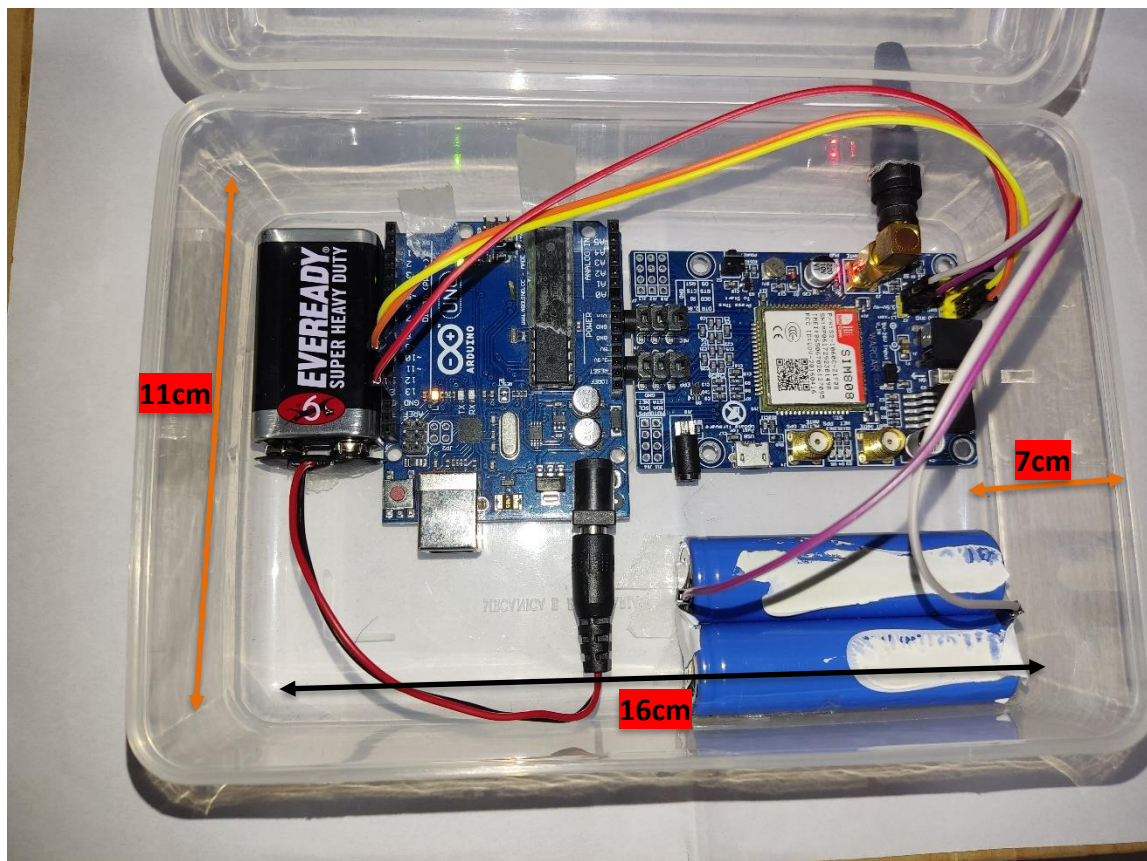


De esta manera, todos los elementos quedan encastrados de manera adecuada en el receptáculo y se encuentra listo para ser colocado en el collar de la mascota. El peso aproximado del receptáculo terminado es de 328,6 gramos, como se observa en la siguiente imagen.



Respecto a las medidas del receptáculo, son las siguientes:

- Largo: 16cm
- Ancho: 11cm
- Alto: 7cm



Capítulo VI: Ingeniería del Proyecto

En este capítulo constituye a la parte de Ingeniería del proyecto, en ella se hace referencia a cuestiones como los recursos Humanos que se precisan para llevar adelante el proyecto, los diferentes riesgos que pueden existir y las posibles soluciones a tener en cuenta, y por último el costo total y la factibilidad del mismo.

6.1. Asignación de Recurso Humano

La asignación de recursos humanos refiere a las personas que formarán parte del equipo para realizar el proyecto. El equipo está constituido por profesionales que se les asigna roles y responsabilidades particulares para cumplimentar los objetivos.

Para realizar este proyecto se precisará de un director de proyecto, un analista funcional, un diseñador, un analista programador y junto a él trabajará un técnico electrónico y un técnico programador. Para este caso, el director del proyecto cumplirá también la función del analista funcional.

Tabla 7.

Tabla de Recurso Humano



Fuente: Elaboración propia

Para el cumplimiento de los objetivos previstos, se deberá llevar a cabo diversas tareas en base a los diferentes roles establecidos. A continuación se detallan dichos roles:

- ✓ **Director de Proyecto:** es el encargado de supervisar todas las áreas de manera que esté al tanto de los diferentes aspectos (generales) del proyecto, como así también coordinar y organizar a las personas que constituyen el equipo de trabajo.
- ✓ **Analista Funcional:** se ocupará de orientar al desarrollador de aplicación y técnico, trabajando conjuntamente con ellos. El analista participará de manera activa en cuestiones de desarrollo y soluciones, es la persona principal encargada del diseño y análisis, además de ocuparse en gestionar ideas, recolectar la información pertinente.
- ✓ **Desarrollador de aplicación:** se encarga de manera exclusiva en la creación de la solución, en este sentido se ocupa de desarrollar algoritmos para que funcione de manera correcta, así también del mantenimiento de la aplicación y de la API REST.
- ✓ **Técnico programador:** tiene como función estudiar toda el área en donde se implementaría la solución. Además es el encargado de instalar el proyecto a través de las pruebas correspondientes tanto del hardware y software, y también se ocupará del mantenimiento del mismo.
- ✓ **Diseñador:** esta persona se ocupará de definir, diseñar y planificar la arquitectura del hardware y software, sus componentes, los módulos y los datos propios del sistema, con el fin de cumplimentar con los requerimientos que se propone en el proyecto.

A continuación se puede visualizar, a través de la tabla, la cantidad de personas que se necesitara para cada rol.

Tabla 8.
Tabla de Roles

Roles	Cantidad
Director de Proyecto /Analista funcional	1
Desarrollador de aplicación	1
Técnico Programador	1
Diseñador	1

Fuente: Elaboración Propia

En relación a los roles, se define las responsabilidades de cada uno de ellos a través de la tabla matriz de responsabilidades. Para mayor comprensión las siglas “DP/AF, DA, TP, D” corresponden a las iniciales de los roles seleccionados en la tabla anterior. Las siglas que se encuentran dentro de la matriz corresponden al tipo de responsabilidad::

- Encargado (E): es el que realiza el trabajo.
- Responsable (R): aprueba el trabajo finalizado.
- Consultado (C): es el que contiene la información y la capacidad para terminar el trabajo.
- Informado (I): es el que debe ser informado del paso a paso, es decir el progreso y los resultados del trabajo.

Las diferentes responsabilidades detalladas se vinculan netamente con el cumplimiento del alcance del proyecto.

Tabla 9.
Tabla de Matriz de responsabilidades

Responsabilidades	DP	AF	DA	TP	D
Determinar Objetivos	E-R				
Definir Alcance	E-R				
Diseño modelo relacional base de datos		R			E

Evaluación de alternativas tecnológicas	C	E			
Desarrollo de la aplicación		I	E-R		
Diseño y construcción del prototipo		I		E- R	E
Selección de metodología para el sistema de Geolocalización	C-R	E			
Instalación de Software		R	E	E	
Pruebas y evaluación del Sistema	I	I	E-R	E-R	
Gestión de riesgos	C-I	E			
Costos del Proyecto	E-R	I			
Diseño de Interfaz móvil		I	E-R		E

Fuente: Elaboración Propia

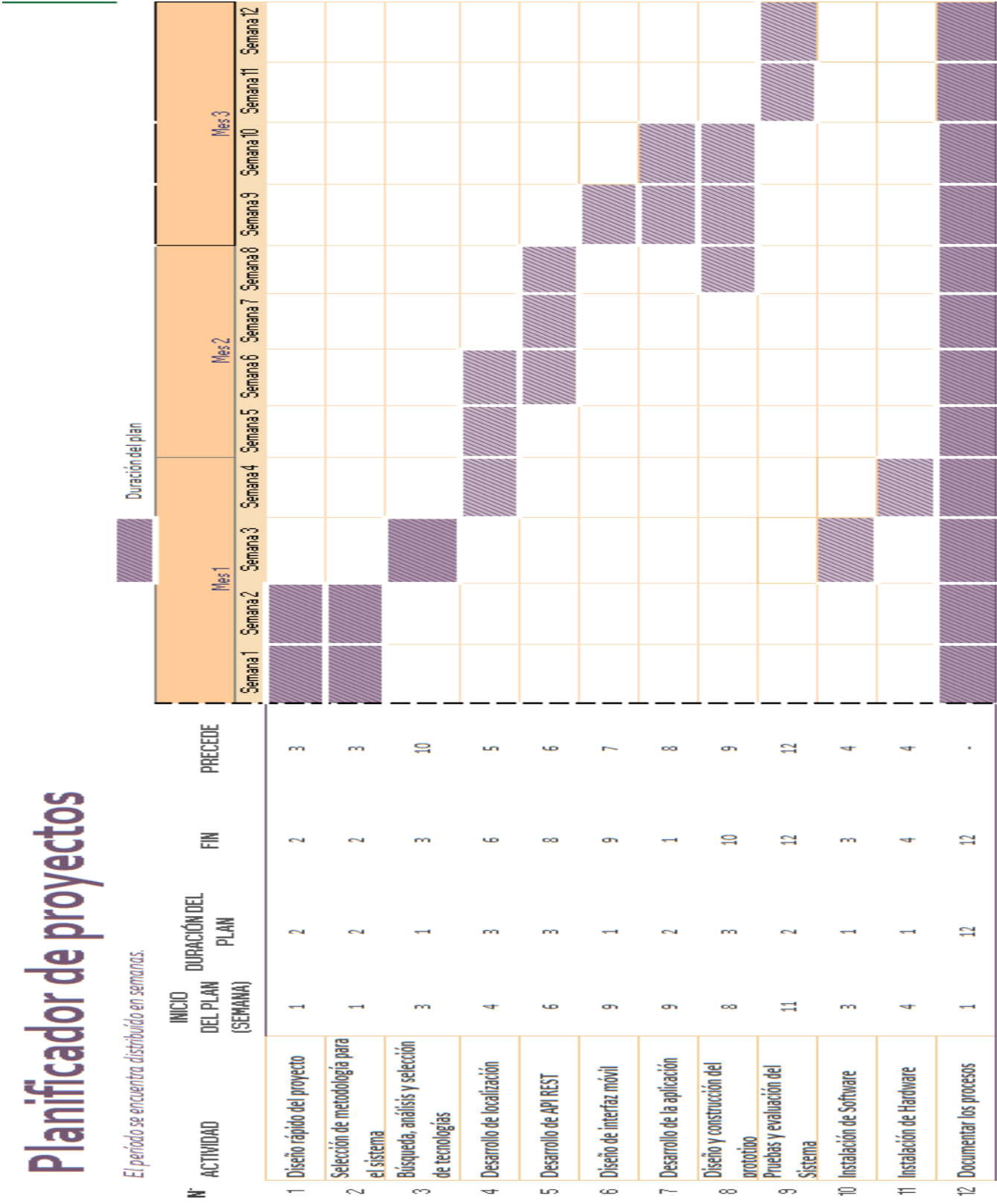
Sabiendo las responsabilidades expuestas en la tabla de la matriz, es preciso determinar el tiempo en el que se llevará a cabo las actividades que se desglosan de las responsabilidades, a fin de concretar etapas del proyecto y la culminación del sistema en sí. Por ello, a continuación se representan las actividades y posteriormente el Diagrama de Gantt para conocer el tiempo y la duración del proyecto.

Actividades a tener en cuenta:

- Diseño rápido del proyecto
- Selección de metodología para el sistema
- Búsqueda, análisis y selección de tecnologías
- Desarrollo de localización
- Desarrollo de API REST
- Diseño de interfaz móvil
- Desarrollo de la aplicación
- Diseño y construcción del prototipo
- Pruebas y evaluación del Sistema
- Instalación de Software
- Instalación de Hardware
- Documentar los procesos

“Sistema de Geolocalización de mascotas en la Ciudad de Salta”- Año 2022

Tabla 1.
Diagrama de Grantt



Fuente: Elaboración Propia

6.2. Gestión de Riesgo

En este apartado se identifican los posibles riesgos que pueden existir, la intención de indagar en ello, es la de disminuir la probabilidad y el impacto de eventos que puedan corromper el progreso del proyecto. Dada la situación actual, se considera que los siguientes riesgos poseen una alta probabilidad de ocurrencia.

➤ **Riesgo Tecnológico:**

- Pedidos con equipos defectuosos o dañados: El analista se encargará de contactarse con el proveedor para hacer uso de la garantía de los productos. La garantía de los equipos es confiable y los cubre en un periodo extenso (no menor a 1 año).
- Pedidos con artículos incorrectos: Los comprobantes de compra serán registrados y almacenados para poder hacer el reclamo correspondiente al proveedor que realizó el envío correspondiente.
- Artículos sin stock o con alto precio de mercado: De encontrar un artículo que no posean los proveedores para la venta o cuyo precio sea demasiado alto, se reconsiderarán las alternativas tecnológicas de hardware.

➤ **Riesgo Económico:**

- Riesgo de cambios de precios e inflación: La devaluación de la moneda y mayor índice de inflación puede crear fluctuaciones en los costos de equipos y desarrollo. Al no existir un plan de contingencia para este tipo de riesgos, sólo se procederá a la reformulación de costos.

➤ **Riesgo Impositivo:**

- Variación de los impuestos referidos a las actividades privadas: Se procederá a la actualización de los precios referidos al proyecto.

➤ **Riesgos en Recurso Humano:**

- Deserción de algún miembro del proyecto: en caso de que algún miembro abandonara el proyecto, se redistribuirán las responsabilidades para suplir el rol que quedó vacío.
- **Cambios en los Requerimientos:** puede suceder de que se modifiquen los requerimientos, por lo que puede causar un retraso en los tiempos y fundamentalmente en el costo del proyecto. Por ello, se deberá informar de manera detallada a todo el equipo los requerimientos y a su vez, ser validados por los mismos.

De acuerdo a los riesgos detallados anteriormente, se ha elaborado una matriz de datos donde se refleja el impacto y la probabilidad que suceda cada uno de ellos de manera más específica. Por esto, primeramente, se detallan los valores de probabilidad e impacto para poder entenderlos, y posteriormente, la frecuencia de cada riesgo.

Tabla 10.

Tabla Matriz de Impacto y Probabilidad

Matriz de Probabilidad e impacto			IMPACTO				
			Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
			0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
PROBABILIDAD	Muy Alta	0,9	0,045	0,09	0,18	0,36	0,72
	Alta	0,7	0,035	0,07	0,14	0,28	0,56
	Moderada	0,5	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4
	Baja	0,3	0,015	0,03	0,06	0,12	0,24
	Muy Baja	0,1	0,005	0,01	0,02	0,04	0,08

Fuente: Elaboración Propia

Esta tabla de valores está acompañada por una tabla que indica lo que representa cada color.

Tabla 11.

Tabla de Nivel de Riesgo

Nivel de Riesgo	Color
Riesgo Bajo	
Riesgo Moderado	
Riesgo Alto	

Fuente: Elaboración Propia

En base a estos valores, se ha podido arribar a los siguientes datos respondiendo a la frecuencia de cada uno de los eventos que se han detallado anteriormente.

Tabla 12.

Matriz de probabilidad e impacto de riesgos del proyecto

Evento	Probabilidad	Impacto	Calificación
Pedidos con equipos defectuosos o dañados	Baja	Moderado	0,06
Pedidos con artículos incorrectos	Baja	Moderado	0,06
Artículos sin stock o con alto precio de mercado	Muy Alta	Alto	0,36
Riesgo de cambios de precios e inflación	Muy Alta	Muy Alto	0,72
Variación de los impuestos referidos a las actividades privadas	Moderada	Moderado	0,1
Deserción de algún miembro del proyecto	Muy Alta	Alto	0,36
Cambios en los requerimientos	Alta	Moderado	0,14

Fuente: Elaboración propia

Los datos advertidos en la tabla anterior permiten dar cuenta de una manera más clara la probabilidad de frecuencia de un riesgo y su impacto en el proyecto, dejando en evidencia que en su mayoría los eventos expresados tienen un riesgo moderado y alto de ocurrencia.

6.3. Costo del Proyecto

En este apartado se pretende calcular de manera aproximada el costo total de dicho proyecto. Para eso se recurre en un primer momento a costos orientados en tecnologías utilizadas para la construcción del prototipo y, en un segundo momento, el costo de los servicios que se contrataron para el hosting de los datos.

Tabla 13.

Tabla de costos en tecnologías para la construcción del prototipo

Artículo	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Arduino Uno R3	1	\$2.550	\$2.550
SIM 808	1	\$4.400	\$4.400
Batería 3,3 V- 3 mAH	3	\$2.419	\$7.250
Batería 9 V- Motoma	1	\$900	\$900
Cargador de baterías universal	1	\$700	\$700
		Total	\$15.800

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14.

Tabla de costo en los servicios

Servicios	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Servidor Virtual Privado	12 Meses	\$1.000	\$12.000
		Total	\$12.000

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta ambas tablas presentadas anteriormente, se prosigue a calcular cuánto sería el costo total que compone la construcción de dicho sistema. En este sentido, se suman los costos totales y se obtiene el resultado, para este caso el costo que se estima es de \$27.800

Por otra parte, se debe considerar cuánto costó también el salario que corresponde para las personas encargadas de realizar el diseño, desarrollo y

puesta en funcionamiento del sistema. De acuerdo a lo expresado en el apartado de asignación de recurso humano, el equipo estará constituido por cinco personas, en base a esa cantidad se determina el salario mínimo y las horas trabajadas.

En relación a los datos que aporta Copaipa⁴ respecto a los honorarios, se estima el salario de cada integrante teniendo en cuenta que la duración del proyecto será de tres meses (traduciendo a semanas, son 12 semanas trabajadas), las cuales equivalen a 240hs.

Tabla 15.

Tabla de costos de RRHH

RRHH	Horas	Salario
Director de Proyecto	240hs	\$374.400
Desarrollador de aplicación	120hs	\$82.800
Técnico Programador	100hs	\$72.000
Diseñador	60hs	\$62.400

Fuente: Elaboración Propia

Para finalizar, el costo total de todo el proyecto, incluyendo los aspectos mencionados anteriormente, es de: \$619.400

6.3.1 Costo de Mantenimiento

Para el mantenimiento de dicho proyecto se prevén las siguientes cuestiones:

- Mantenimiento Preventivo: compra extra de insumos en caso de que hubiera algún problema, hasta reponer con otros componentes.

⁴ Datos consultados en septiembre del 2022.

- **Mantenimiento Perfectivo:** esto hace referencia a la posibilidad de seguir profundizando en el proyecto, lo cual podría ser útil para seguir indagando en otras líneas de investigación.

Conclusiones

Este proyecto posibilitó demostrar la factibilidad y ventaja en el desarrollo de un Sistema operativo Android, la construcción de una API REST y la construcción de un dispositivo GPS, para dar una alternativa de solución en la búsqueda de mascotas extraviadas.

Respondiendo al principal objetivo específico, la búsqueda de otras tecnologías existentes permitió la elección de la más adecuada para este proyecto dando por resultado la elaboración del prototipo de collar para el rastreo de la mascota. Esta elección estuvo acompañada de pruebas anteriores al desarrollo final del proyecto, en donde se contempló primeramente un modelo de comunicación basado en GSM, es decir comunicación vía SMS. Sin embargo, este camino no era viable ya que, si surgía una pérdida del celular, la información de rastreo se perdería. Frente a estas consideraciones, el desarrollo viró hacia otro rumbo, orientado a la elaboración de una API, donde la comunicación estaría sustentada por vía GPRS, logrando de esta manera una mayor escalabilidad de la solución del proyecto.

Con respecto al funcionamiento del prototipo, se logró exitosamente la comunicación, tanto del collar con la API, como de la Aplicación Móvil con la API. Se logró que este prototipo realice muestreo de ubicación cada 30 segundos a medida que la mascota realiza su trayecto.

En cuanto al diseño del collar, ocurrieron varios inconvenientes, que, si bien se logró el objetivo principal de rastrear a la mascota extraviada, todavía falta optimizar el ensamble de los diferentes componentes que conforman el localizador. Esto quiere decir que se precisa de otra expertíz de alta escala en donde se pueda minimizar el tamaño de los componentes para comodidad y practicidad en su uso.

Futuras Líneas de Desarrollo

Este proyecto presenta aspectos a seguir desarrollando respecto de la aplicación, por lo tanto, se puede advertir lo siguiente:

- Crear un registro en la aplicación para vincular más de una mascota a un mismo usuario.
- Mejorar la sincronización para que se ejecute de manera automática.
- Modelar la aplicación para que se convierta en una red social donde los usuarios puedan intercambiar información de la búsqueda de las mascotas, compartir actividades, imágenes, cantidad de horas de paseo, consejos, etc.
- Añadir una sección de historial clínico e identidad de las mascotas.
- Modelar un e-commerce, para que los pet shops locales oferten sus productos y para que los usuarios puedan realizar compras desde la aplicación.
- Optimizar la batería del dispositivo GPS a una duración mayor a 3 horas
- Maximizar el alcance de las antenas.
- Mejorar el diseño del prototipo del collar para la comodidad de la mascota, optimizando el ensamble de los elementos y la resistencia a la vida cotidiana de una mascota, clima, entre otros aspectos.

Bibliografía

- Barrera, H. (2018). Investigación, diseño y prototipo de software para localización e identificación de especímenes utilizando IoT (Caso práctico: Mascotas pérdidas o robadas) [Tesis de grado, INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO]. https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/1509/Rep_Itm_pre_Barrera.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Becker, K. (2017, abril 17). Esta es la Causa por la que Muchas Mascotas Se Pierden. Mascotas Saludables. *Mascotas Saludables*. <https://mascotas.mercola.com/sitios/mascotas/archivo/2017/04/17/semana-de-etiquetas-de-identificacion-animal.aspx>
- Castells, M. (2009). *Comunicación y Poder*. Editorial Alianza.
- Díaz Videla, M. (2017). *¿Qué es una mascota? Objetos y miembros de la familia*. 15(1), 53–69.
- Díaz Videla, M. y Rodríguez Ceberio, & M. (2019). *Las mascotas en el sistema familiar. Legitimidad, formación y dinámicas de las familias humano-animal*. 18(2), 44–63. <https://doi.org/10.24215/2422572Xe036>
- Gavilanes Bayas, A. (2018). *Sistema de electrónico de detección y rastreo de mascotas* [Tesis de grado en Electrónica y Comunicaciones, Universidad Técnicas de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28937>
- Gorandi, E., Clemares, N. Y Moltoni, A. (2014). *Collar con tecnología GPS para monitoreo animal*. N°1, 1–8.
- Herrero Herranz, j. Y Sánchez Allende, J. (2015). *Una mirada al mundo arduino*. 13. https://www.researchgate.net/publication/320531618_Una_mirada_al_mundo_Arduino
- INFOBAE. (2011, septiembre 16). Argentina, el país de la región con más mascotas por habitante. *INFOBAE*. <https://www.infobae.com/2011/09/16/605985-argentina-el-pais-la-region-mas->

[mascotas-habitante/](#)

- Lopez, G. (2012). *Geolocalización y redes sociales. Un mundo social, local y móvil*. (1 era). Bubok.
- Martínez Portilla, M. (2019). *Prototipo de una Aplicación Móvil para el Despliegue de Geolocalización y Mejoramiento de la Condición Física de las Mascotas* [Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14804/1/Prototipo%20de%20una%20Aplicaci%C3%B3n%20M%C3%B3vil%20para%20el%20Despliegue%20de%20Geolocalizaci%C3%B3n%20y%20Mejoramiento%20de%20la%20Condici%C3%B3n%20F%C3%ADsica%20de%20las%20Mascotas.pdf>
- Moltoni, A., Irurueta, M., Negri L. Y Duro Sebastián. (2010). *Evaluación de collares pararastreo de animales basados en tecnología GPS*. World Congress & Exhibition ENGINEERING 2010, Buenos Aires- Argentina. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-collar.pdf>
- Mora, M. D. (2004). *Microchips implantados en animales para su identificación y rastreo en México: Factibilidad de implementación*. 102.
- Ordoñez, M., Tapia, J. Y Asanza. (2015). *Fundamentos de bases de datos* (1 era.). UTMACH.
- Pérez Rodríguez, M. D. (Coord.). (2015). *Arcview 3.2 y GPS* (2 a. ed.). ICB. <https://elibro.net/es/ereader/ucasal/106559?page=3>
- Pozo, A., Ribeiro, A., García, M., García, L., Guinea, D. Y Sandoval, F. (2000). *Sistema de posicionamiento global (GPS): Descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro*. Instituto de Automática Industrial Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España. <https://www.peplematters.com/Archivos/Descargas/GPS.pdf>
- Ramírez Osorio, F. Y Salazar Echeverry, J. (2016). *Diseño y construcción de un dispositivo para la localización de mascotas* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/e5c75848-ba71-45d8-9a40-30a8fd5046b8/content>
- Reinos, E., Maldonado, C., Muñoz, R., Damiano, L., & Abrutsky, M.

- (2012). *Base de datos*. Alfa Omega.
- Sánchez Wevar, J. (2005). *Análisis y Estudio de Redes GPRS* [Tesis de grado, Universidad Austral de Chile].
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34982475/Analisis_y_Estudio_de_Red_GPRS-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1662954621&Signature=XHFNqy2U0HGymHQL1vwnc5rZ7eqEicfmSJtlspYsDJnz5CWUOlOW8pMR7eY10uv72eae46zNI5DKOWPykUEyg6Y5KslJH2~qZzENJt~0CSfCaOL-N2hBb~hKmNOqmxdbwvcot2BfJUbb9aTHFXznPDMrDrnCPnCt8UgHAYB8T~6EMlpELNEdrESCU9UvqM5wCh~wQ-UasuSozJjFLgpoJYwsQAwjEcqCacKrXQSwf8lZtKyr8GabV-qWYt6YYod25t0iyjBLZA8oGgdZPMNd~ICa1-oM4MWz2NRF8PDBwyJeaP7fLVxioraSu4suEjmN22Csl4GfgtFFP6w0dQ6xxw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
 - Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. (4 a.). Pearson Educación.

ANEXO

Código

```
void setup()
{
    sim808.begin(9600);
    Serial.begin(9600);
    delay(50);

    sim808.println("AT+CGATT=1"); // CONECTA A LA RED GPRS
    delay(100);
    sendData("AT+CGNSPWR=1",1000,DEBUG); //PRENDE EL SERVICIO GNSS
    delay(50);
    sendData("AT+CGNSSEQ=RMC",1000,DEBUG); //INDICA LA SENTENCIA NMEA QUE VA A
    RECIBIR AL SOLITICAR AL GNSS LA UBICACION(TIEMPO, FECHA, POSICION)
    delay(3000);
    bandera=false;

    sim808.println("AT"); //NOS ASEGURAMOS QUE ESTÈ FUNCIONANDO LA PLACA
    delay(3000);

    sim808.println("AT+CREG?"); //CHECKEA SI ESTAS CONECTADO A LA RED.
    delay(10000);
    ShowSerialData();

    sim808.println("AT+SAPBR=3,1,\"Contype\",\"GPRS\""); //CONFIGURA LOS
    PARAMETROS PARA LA CONEXIÓN POR IP.(3: setea parametros)
    delay(10000);
    ShowSerialData();

    sim808.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"datos.personal.com\""); //CONFIGURA LOS
    PARAMETROS PARA LA CONEXIÓN DE LA APN (SETEA APN)
```

```
delay(10000);  
ShowSerialData();  
  
sim808.println("AT+SAPBR=1,1"); //SETEA EL PORTADOR.  
delay(10000);  
ShowSerialData();  
sim808.println("AT+SAPBR=2,1"); //CONSULTA ESTADO E IP.  
delay(6000);  
ShowSerialData();  
  
sim808.println("AT+HTTPIPINIT"); //Inicia Servicios HTTP.  
delay(6000);  
ShowSerialData();  
  
sim808.println("AT+HTTTPARA=\"CID\",1"); //SETEA EL PARAMETRO CID  
delay(6000);  
ShowSerialData();  
sim808.println("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"http://198.199.89.202:8080/pets-  
api/api/ubicacion\""); //SETEA EL SERVIDOR A ENVIAR LOS DATOS  
delay(10000);  
ShowSerialData();  
  
sim808.println("AT+HTTTPARA=\"CONTENT\", \"application/JSON\""); //SETEA EL  
TIPO DE CONTENIDO QUE TENDRÀ EL ENVÍO  
delay(10000);  
ShowSerialData();  
  
}
```