



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**

Industrias y Servicios II

Tecnologías de Geolocalización

Informe Final

**Trabajo Práctico Grupal
2023**

Guntsche, Nicolás
Pagés, Julián

<i>Tema: Tecnologías de geolocalización</i>					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

DATOS DE LOS AUTORES

APELLIDO(S)	Nombres(s)	Legajo	Correo electrónico
Guntsche Valentini	Nicolás Federico	13203	nicoguntsche@gmail.com
Pagés	Julian	12968	julianpages0110@gmail.com

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9		
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023	

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
¿Qué es la geolocalización?	4
Tipos de geolocalización	4
Breve Historia de la geolocalización	4
TECNOLOGÍAS DE GEOLOCALIZACIÓN	5
GPS (El sistema de posicionamiento global)	5
Historia	5
Funcionamiento	7
¿Cómo se mide la distancia entre una persona y el satélite?	9
Compensación del tiempo	10
¿Cómo superamos este problema?	10
Una aplicación de la teoría de la relatividad de Einstein	10
¿El GPS requiere una conexión a internet?	11
Los satélites	11
¿Quiénes son capaces de usar esta tecnología?	12
GLONASS (Sistema Global de Navegación por Satélite de Rusia)	13
BeiDou (China)	14
Galileo	15
¿Cómo surgió?	15
Redes Wi-Fi (WPS o WiFi Positioning System)	16
¿Qué es la geolocalización WiFi?	16
¿Qué precisión tiene?	18
¿En qué casos de uso está indicado utilizarlo?	18
¿Cuál es la duración de la batería del dispositivo que usa este sistema de localización?	18
Bluetooth	18
Aplicaciones en la localización	21
Balizas Bluetooth	22
¿Cómo funcionan las balizas en los almacenes?	22
Redes Celulares	23
¿Cómo funciona?	24
Legalmente	26
Usos	27
Aplicaciones de la Geolocalización	27
GPS	27
Agricultura	27
¿Qué es la agricultura de precisión y cómo ha influido el GPS en ella?	27
Aviación	28
Carretera y Autopistas	28
Cronometría	29
Espacio	29
Medio Ambiente	30

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

Navegación marítima	30
Aplicaciones en casos específicos	30
• Flightradar24	30
• Marketing Geográfico	31
• Drones de navegación autónoma	32
Google Maps	32
Otras aplicaciones	33
Empresas que brindan soluciones de geolocalización	34
Marco económico	36
Telecomunicaciones	37
Telemática	37
Servicios basados en la localización	38
Agricultura de precisión	39
Interrupción del GPS	39
Glosario	40
Bibliografía	41

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9		
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023	

INTRODUCCIÓN

¿Qué es la geolocalización?

Dicho de forma simple, la geolocalización es una tecnología que utiliza datos obtenidos de la computadora o dispositivo móvil de un individuo para identificar o describir su ubicación física real. Cuando se refiere a Geolocalización, se indica que cualquier persona u objeto puede ser localizado en un punto en el espacio, como un teléfono móvil o un ordenador conectado a internet. El concepto de Tecnologías de Geolocalización está relacionado con el uso de sistemas de posicionamiento.

Al referirse a objetos tenemos distintos ejemplos como dispositivos móviles, vehículos, drones, wearables, cámaras de seguridad, tarjetas bancarias, estos son solo algunos ejemplos de los miles de objetos que usan tecnologías de geolocalización.

Tipos de geolocalización

En orden de introducir el tema vamos mencionar diferentes tipos de tecnologías de geolocalización que explicaremos más adelante en el informe. Estas son:

- **GPS (Sistema de Posicionamiento Global):** Es el sistema de navegación por satélite más utilizado en todo el mundo. Utiliza una constelación de satélites para proporcionar señales de navegación y posicionamiento a los dispositivos que los reciben. Además del GPS, existen otros sistemas de navegación por satélite regionales, como el sistema de navegación por satélite GLONASS de Rusia, el sistema de navegación por satélite Galileo de la Unión Europea y el sistema de navegación por satélite Beidou de China.
- **Redes Wi-Fi:** Las redes Wi-Fi pueden utilizarse para geolocalizar dispositivos mediante la triangulación de señales inalámbricas de puntos de acceso Wi-Fi cercanos.
- **Redes celulares:** Las redes celulares también pueden utilizarse para geolocalizar dispositivos mediante la triangulación de antenas de telefonía móvil cercanas.
- **Bluetooth:** La tecnología Bluetooth puede utilizarse para geolocalizar dispositivos cercanos.

Breve Historia de la geolocalización

Desde los albores de la humanidad el hombre creó la necesidad de inventar sistemas que le permitan volver a casa, desde señales de humo hasta la geolocalización han pasado muchos años, pero la realidad que se buscaba siempre ha sido la misma “saber dónde nos encontramos”.

Los primeros indicios de este tipo de comportamiento se registran desde el año 1.000 AC, en donde señales de humo eran empleadas por los indios americanos para localizar su hogar y hasta para comunicarse. Además durante miles de años los viajeros empleaban matemáticas para determinar sus coordenadas midiendo los ángulos del sol y las estrellas.

En el siglo 18, como no había una forma exacta de determinar la longitud del mar, un relojero John Harrison inventó un reloj marino para ayudar a los navegantes a determinar su longitud midiendo con exactitud el cambio del tiempo desde su origen hasta su destino. Antes

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

de su invención, la navegación en alta mar se basaba en la estimación de la posición mediante la observación de la posición del sol, la luna y las estrellas, lo que era impreciso y propenso a errores.

Hay que tener en cuenta que desde el año 1.100 la brújula ya se había desarrollado, lo que permitía a los marineros determinar la dirección en la que se mueven mediante la lectura de la posición de la aguja magnética en relación con los puntos cardinales de la Tierra. Sin embargo, las brújulas tienen limitaciones significativas, especialmente cuando se trata de determinar la longitud en el mar. La longitud es una medida de la ubicación este-oeste, y para determinarla es necesario saber la hora exacta en un punto de referencia conocido, como Greenwich, Inglaterra. Antes del desarrollo de los relojes marinos precisos, los marineros tenían que confiar en estimaciones y cálculos complejos para determinar la longitud en el mar, lo que a menudo resultaba en errores.

Luego al comienzo del siglo 20 se incursionó en la triangulación de ondas de radio, midiendo la longitud de las ondas emitidas por las antenas, con lo cual tropas militares, barcos y aviones comenzaron a ser capaces de estimar sus coordenadas desde largas distancias.

En los años 60 un grupo de alrededor de 30 satélites orbitan la tierra y se emplean para triangular la posición de un receptor, este fue el comienzo de la tecnología GPS. En los años 90 se aprobó el uso civil y comercial de esta tecnología con lo cual se da la aparición del navegador GPS de autos y finalmente en el año 2000 los teléfonos celulares comenzaron a tener tecnología GPS, siendo el iphone desarrollado por Apple INC el que trajo los cambios más representativos para la industria.

TECNOLOGÍAS DE GEOLOCALIZACIÓN

GPS (El sistema de posicionamiento global)

Historia

La historia de la navegación por satélite arranca el mismo día que la carrera espacial: el 4 de octubre de 1957, cuando la Unión Soviética colocó el primer objeto humano en órbita, el Sputnik 1. La noticia sorprendió al mundo y fue un jarro de agua fría para los EEUU.

La Academia Nacional de Ciencias había organizado en Washington una conferencia internacional sobre cohetes y satélites, que comenzó el 30 de septiembre de 1957, en la que científicos estadounidenses y soviéticos dieron detalles de los avances en sus proyectos de satélites —en ambos casos llevarían emisoras de radio: las señales transmitidas de vuelta a la Tierra serían la manera de seguir la órbita del artefacto, y confirmar el éxito de la misión. Los periódicos detallaban esos días cómo la frecuencia de esas señales de radio se alteraría al moverse el satélite por encima de una estación receptora en tierra, y que esa pequeña alteración serviría para calcular a qué distancia estaría el objeto espacial en ese instante.

Tanto los científicos norteamericanos como los soviéticos confiaban en poder lanzar sus satélites en cuestión de meses, según afirmaron durante las presentaciones de aquella semana. Pero lo que nadie esperaba es que la noticia del lanzamiento del Sputnik 1 saltase desde Moscú ese mismo viernes 4 de octubre, coincidiendo con la cena de clausura de la conferencia. El teletipo de la agencia soviética TASS que hizo el anuncio detallaba que el primer satélite artificial de la historia estaba emitiendo señales con una frecuencia de 20 megahercios —fácil

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

de captar por cualquier radioaficionado—, en un hábil movimiento para que ciudadanos de todo el mundo pudieran registrar los pasos del Sputnik sobre sus cabezas.

A continuación se comentará sobre los pioneros por parte de los Estados Unidos en el desarrollo del sistema GPS.



Figura 1 - William Guier, Frank T. McClure y George Weiffenbach, inventores del primer sistema de navegación por satélite.

Los radioaficionados pudieron captar el bip-bip del Sputnik ese mismo fin de semana, antes que las estaciones de seguimiento de EEUU, que usaban otra frecuencia y tuvieron que ser recalibradas. Y el lunes siguiente (7 de octubre de 1957), el revuelo era máximo en los centros de investigación: “El lunes después del lanzamiento del Sputnik 1, nos encontramos en la cafetería a la hora de la comida. Muchos compañeros cuchicheaban sobre el aspecto del Sputnik y sus consecuencias en la Guerra Fría y en el Año Internacional de la Geofísica”, explicaron William Guier y George Weiffenbach, que trabajaban entonces en el Laboratorio de Física Aplicada (APL) de la Universidad Johns Hopkins. George tenía su propio receptor de radio de 20 megahercios y esa misma tarde se pusieron manos a la obra y lograron registrar las señales del satélite.

En cuestión de horas se dieron cuenta que podían ir mucho más allá. Como muchos de sus colegas, siguieron cada paso del Sputnik y calcularon a qué distancia estaba de ellos, usando la ligera variación en la frecuencia —debida al llamado efecto Doppler. Pero no se limitaron a ese sencillo cálculo. Guier y Weiffenbach se concentraron en analizar los datos del “cambio Doppler” en su ubicación, con el ambicioso objetivo de poder deducir la trayectoria entera de su órbita. Así podrían predecir la posición exacta del satélite soviético en cualquier momento.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

El método de Guier y Weiffenbach para espiar los satélites soviéticos estuvo listo en pocas semanas, a tiempo para aplicarse a las últimas señales que emitió el Sputnik 1 antes de que se agotaran sus baterías, al cabo de 22 días. La historia podía haber terminado ahí, con ese éxito, pero meses más tarde el director científico del APL, Frank McClure, los reclutó para otra tarea más crucial: resolver el problema inverso. El 17 de marzo de 1958 McClure llamó a los dos investigadores a su despacho para una charla confidencial, en la que les propuso usar el efecto Doppler no para conocer la órbita de un satélite desde una ubicación determinada... sino para determinar una ubicación desconocida, en la que se recibe la señal de un satélite cuya trayectoria se conoce con precisión.

En un par de días William Guier y George Weiffenbach volvieron con un esquema preliminar de esa nueva y revolucionaria tecnología de navegación, aunque los dos científicos reconocieron más tarde que “no éramos conscientes del verdadero potencial de lo que estábamos haciendo”. Lo que Frank McClure no les dijo entonces es que él sí lo tenía en la cabeza: idear un sistema de navegación para poder lanzar con precisión los misiles nucleares Polaris desde submarinos de la Marina de EEUU. Con ese fin militar tan propio de la Guerra Fría, el laboratorio APL desarrolló rápidamente TRANSIT, el primer sistema de navegación por satélite, que superó las pruebas en 1960 y entró en funcionamiento en 1964, con una constelación de cinco satélites.

Ese fue el germen del GPS, un sistema mucho más sofisticado que heredó la idea básica del TRANSIT y la sintetizó con otros sistemas y tecnologías precursoras, como el Proyecto 621B o los satélites Timation, que pusieron en órbita por primera vez un reloj atómico. El Departamento de Defensa de EEUU arrancó el proyecto del GPS en 1973 y su constelación completa de 24 satélites entró en funcionamiento en 1993, primero para uso militar y tres años después también para uso civil.

Funcionamiento

El GPS es una tecnología realmente interesante, utiliza un sistema de 32 satélites que orbitan en la Tierra y requiere de al menos cuatro satélites para lanzar a tu ubicación, esto hace que el posicionamiento por GPS se pueda llevar a cabo en cualquier punto de la tierra.

La teoría de la relatividad de Albert Einstein juega un papel importante en la tecnología GPS.

Dejemos de lado todas estas aplicaciones y entendamos la tecnología del GPS paso a paso de manera lógica. Supongamos que tu amigo quiere averiguar tu ubicación y qué tienes un teléfono móvil con receptor GPS integrado. El GPS utiliza una interesante técnica matemática llamada **trilateración** utilizada para localizar la posición de alguien.

Primero entendamos la trilateración de una manera bidimensional. Se necesitan al menos dos satélites para averiguar su posición en la trilateración bidimensional. Utilizando algunas técnicas de ingeniería se mide la distancia entre el satélite y el receptor GPS.

El primer satélite sabe que estás a una distancia de R_1 . Ahora deberías estar en algún lugar de este círculo. El segundo satélite sabe que estás a una distancia de R_2 . Así que tú también deberías estar en este círculo. Esto significa que su ubicación real debe satisfacer a los círculos.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

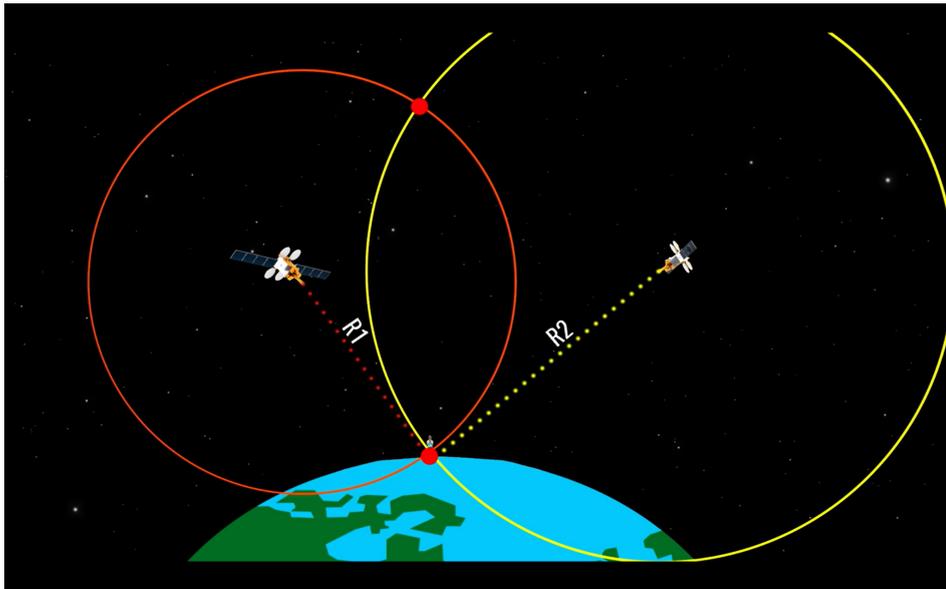


Figura 2 - Trilateración de forma bidimensional

En resumen, debe estar en los puntos de intersección. Ahora hay un pequeño problema. Hay dos puntos de intersección. Así que, ¿cuál es su posición final? Para esto toma la superficie de la Tierra como el tercer círculo y elimina la solución improbable.

En el mundo tridimensional también se puede utilizar el mismo enfoque. Aquí, en lugar de dos satélites, necesitamos tres satélites. En el mundo tridimensional, el satélite sabe que estás en algún lugar de una esfera. Con el uso de un segundo satélite, su posición se reduce a un círculo. Note así que la intersección de dos esferas da un círculo.

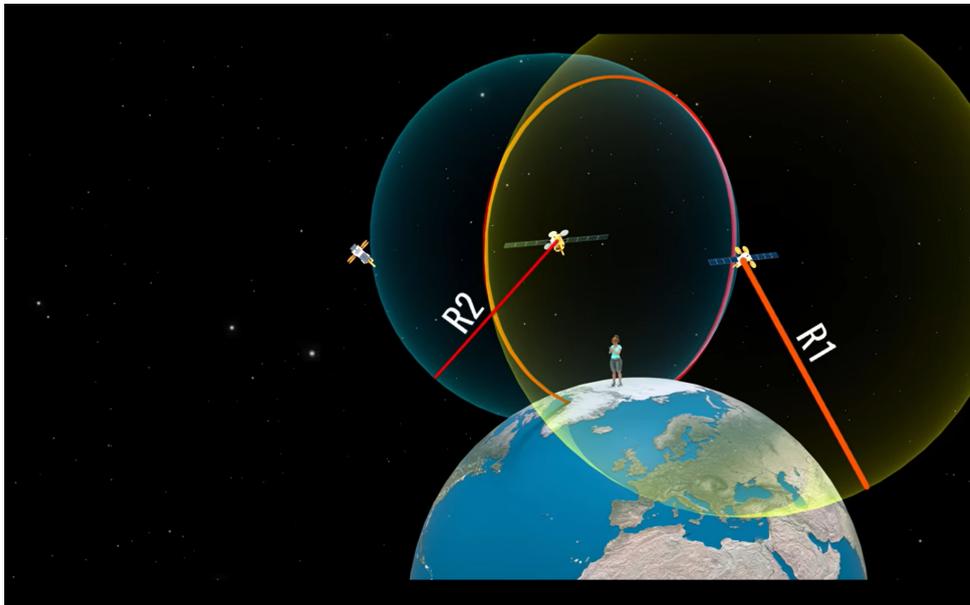


Figura 3 - Trilateración de forma tridimensional

Ahora, con la ayuda de un tercer satélite, podrá reducir su ubicación a solo dos puntos. Igual que en el caso anterior, utilizando la Tierra como cuarta superficie, encontramos el punto correcto. Las tres coordenadas espaciales.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

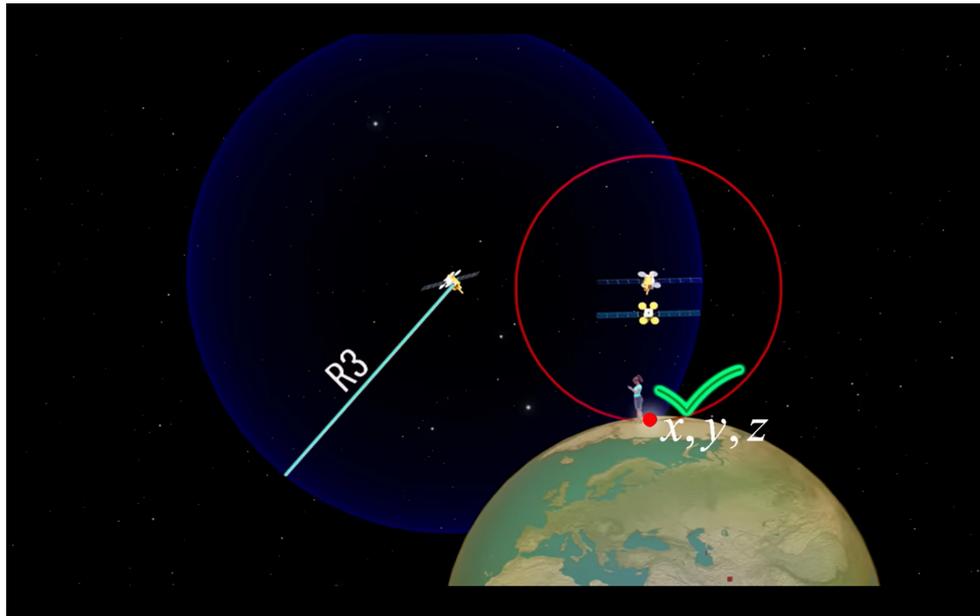


Figura 4 - Posicionamiento de un individuo

¿Cómo se mide la distancia entre una persona y el satélite?

Ahora, veamos cómo se mide la distancia entre tú y el satélite. Todos los satélites están equipados con un reloj atómico muy preciso. El satélite envía una señal de radio intermitente a la Tierra. Esta señal de radio contendrá la hora exacta en que se envió la señal y la posición del satélite.

Supongamos que el receptor también tiene un reloj muy preciso. El receptor en la Tierra recibe esta señal. Dado que las ondas de radio llegan a la velocidad de la luz, su receptor recibe la señal después de un cierto tiempo de vibración. Descubriendo la diferencia entre el tiempo enviado y el recibido, y multiplicándolo por la velocidad de la luz, podrás averiguar la distancia entre tú y los satélites.

$$\text{Distancia} = (t_2 - t_1) \cdot c$$

Como el satélite ya le ha enviado su coordenada, puede construir fácilmente una esfera alrededor del punto central del satélite y conocer su posición, como se explicó anteriormente.

Una cosa a tener en cuenta aquí es que la medición del tiempo tiene que ser muy precisa. Incluso un error de un microsegundo hará que se tenga un error de 300 metros (ya que la velocidad de la luz es muy grande en comparación con los tiempos medidos t_1 y t_2). Una solución a este problema, es usar relojes atómicos, que tienen una precisión del orden de los nanosegundos. Así, el máximo error que se podría tener sería de 1 nanosegundo, teniendo un error posicional de 30 cm, aceptable para un sistema de geolocalización.

Pero hay una complicación: En la deducción anterior se supuso que el receptor tiene un reloj de alta precisión, lo que es incorrecto. Los teléfonos móviles o Laptops funcionan con relojes que no son precisos en comparación con los relojes atómicos. Tener un reloj atómico en un teléfono inteligente es simplemente poco práctico.

Otra complicación a tener en cuenta es el efecto de las capas atmosféricas, es decir, de la refracción de las señales al atravesar la atmósfera. Debido a esto, se generan desviaciones en la

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

trayectoria y también, reducciones de velocidad. Para solucionar esto se usan modelos matemáticos que consideran las correcciones necesarias.

Compensación del tiempo

A la diferencia entre el tiempo real y el tiempo medido por un teléfono móvil, la llamamos **compensación de tiempo**. Esta desviación de tiempo causará un gran error en los cálculos del GPS.

¿Cómo superamos este problema?

La diferencia horaria de un teléfono inteligente con los tres satélites es la misma. Ya que todos los satélites mantienen el mismo tiempo, el valor de la desviación de tiempo de tu dispositivo se convierte en la nueva incógnita. Esto significa que además de las tres coordenadas espaciales, tenemos que resolver también el valor de compensación de tiempo de tu receptor.

Necesitamos un satélite extra para resolver esta cuarta incógnita, y por eso necesitamos cuatro satélites para medir tu ubicación. De esta manera, evitamos la necesidad de un reloj atómico en tu dispositivo móvil. Si compruebas tu constelación GPS actual, estará claro que al menos cuatro satélites pueden ver tu ubicación en cualquier momento.

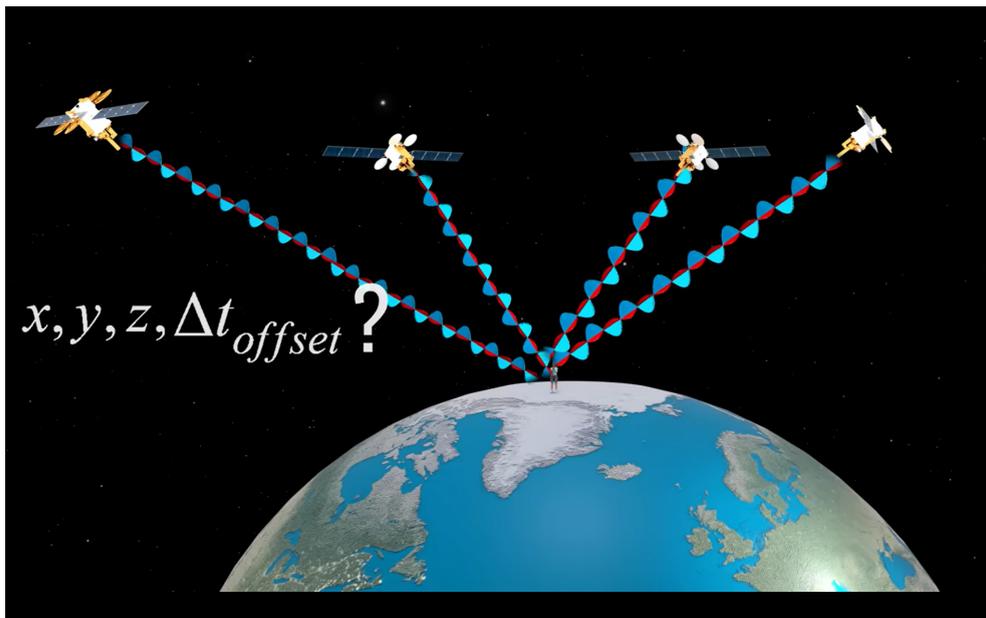


Figura 5 - Incógnita extra

Una aplicación de la teoría de la relatividad de Einstein

Incluso con todas estas tecnologías avanzadas, este sistema GPS no te trae la ubicación correcta. Aquí viene la importancia de la teoría de la relatividad de Einstein. El tiempo no es absoluto. Depende de muchos otros factores. Según la teoría de la relatividad especial, un reloj de movimiento rápido se ralentiza. Los relojes atómicos que se mueven a una velocidad de 14.000 km por hora disminuirán 7 microsegundos por día.

A una altitud de 20.000 km sobre la Tierra, los satélites experimentan una cuarta parte de la gravedad de la Tierra. Así, de acuerdo con la teoría general de la relatividad de Einstein, los

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

relojes marcarán un poco más rápido. En este caso, alrededor de 45 ms cada día. Esto significa que cada día se crea una compensación de tiempo neta de 38 ms en el reloj atómico.

Para compensar esto, una ecuación de la teoría de la relatividad se integra en los chips de la computadora y ajusta la velocidad de los relojes atómicos. Sin esta aplicación de la teoría de la relatividad, el GPS habría producido un error de 10 km cada día.

¿El GPS requiere una conexión a internet?

El GPS no requiere una señal de internet o de teléfono celular. Sin embargo, con su ayuda, el inicio del uso del GPS se puede acelerar enormemente. La información sobre la aplicación de los satélites puede descargarse a través de internet en lugar de descargas directas de satélites, que son muy lentas. Estos sistemas GPS se conocen como GPS asistido (A-GPS).



Figura 6 - Velocidad de transferencia de datos

Los satélites

La velocidad angular de los satélites se determina por la ecuación del equilibrio de fuerzas que equilibra las fuerzas gravitatorias y centrífugas. Cuando se despliega el satélite, se le da suficiente velocidad para equilibrar estas dos fuerzas.

Un satélite cerca de la Tierra requiere más velocidad para resistir la atracción gravitatoria que los que se encuentran más lejos de la Tierra. Debido a la insignificante resistencia en el espacio, los satélites nunca pierden velocidad. Esto significa que continuarán su movimiento circular alrededor de la Tierra sin ninguna fuente de energía externa, excepto para corregir posibles desviaciones de dirección.

Los satélites se colocan en órbita terrestre baja, órbita terrestre media, órbita terrestre geosíncrona. Entraremos en detalles más adelante. Hay una región interesante en el espacio llamada el **Cinturón de Van Galen**. Una región llena de partículas altamente energéticas y cargadas que podrían dañar seriamente la sección electrónica de un satélite. Generalmente se prefiere no estacionar los satélites allí.

La decisión sobre la órbita que se elegirá para colocar el satélite depende de la aplicación y el propósito del satélite. Si el satélite se construye para la observación de la Tierra, el pronóstico del tiempo, el levantamiento de áreas geográficas, las llamadas telefónicas, satelitales, etc., entonces se eligen órbitas más cercanas a la Tierra. El LEO es el más cercano a

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

la Tierra, a una altitud de entre 160 y 2000 kilómetros, y su período orbital es de aproximadamente una hora y media. Pero estos tipos de satélites cubren menos área de la Tierra, por lo que se necesitan muchos satélites para obtener cobertura global. Por eso, en el caso de la radiodifusión, se elige una órbita alta como la GEO. Los satélites en órbita geosincrónica están a una altura de 35.786 km y giran a la misma velocidad angular que la Tierra. Esto significa que el satélite tarda exactamente 23 horas, 56 minutos y 4 segundos en completar una rotación. Dentro de la órbita geosincrónica hay una categoría especial de órbita llamada órbita geoestacionaria que es concéntrica al ecuador de la tierra. Estos satélites permanecen inmóviles con respecto a la tierra. Debido a esto los satélites geoestacionarios son la opción ideal para la radiodifusión de televisión, ya que significa que no tiene que ajustar el ángulo de su antena parabólica una y otra vez. Esta es la razón por la que el cinturón geoestacionario está tan lleno de satélites y es administrado por una organización internacional llamada ITU.

Las órbitas geosincrónicas están ocupadas también por algunos satélites de navegación. Los satélites geo pueden cubrir un tercio de la superficie terrestre, por lo que tres satélites son suficientes para cubrir toda la Tierra.

Para aplicaciones de navegación como GPS, MEO es la mejor opción ya que es una órbita intermedia entre LEO y GEO. Aunque LEO es el más cercano a la Tierra, los satélites en esta órbita giran a una velocidad muy alta. Debido a esto, los receptores en la Tierra no pueden realizar los cálculos de navegación con precisión. Además, LEO necesita muchos más satélites para cubrir toda la Tierra, por lo que los satélites GPS utilizan MEO. En un sistema GPS típico, 24 satélites pueden cubrir toda la Tierra y el periodo orbital es de 12 horas.

¿Quiénes son capaces de usar esta tecnología?

El sistema GPS es propiedad del gobierno de los Estados Unidos y es operado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. Sin embargo, el gobierno de los Estados Unidos ha decidido hacer que el sistema GPS esté disponible para uso civil sin costo alguno. La razón principal detrás de esto es que el sistema GPS es utilizado por una amplia variedad de usuarios civiles, desde conductores de vehículos hasta pescadores y excursionistas, y el gobierno cree que proporcionar acceso gratuito al sistema GPS es beneficioso para el público en general.

Además, el gobierno de los Estados Unidos también reconoce que el uso civil del sistema GPS puede generar beneficios económicos significativos, por lo que proporcionar acceso gratuito al sistema GPS puede ayudar a estimular la innovación y el crecimiento económico en los Estados Unidos y en todo el mundo.

Los ejércitos de otros países también utilizan el sistema GPS de manera libre y gratuita para sus operaciones militares y de defensa, todo esto como parte de su política de cooperación internacional y de defensa.

El sistema GPS es una herramienta valiosa para las fuerzas militares de todo el mundo, ya que permite una navegación y un posicionamiento precisos, lo que es esencial para la planificación y ejecución de misiones militares. Además, el sistema GPS también se utiliza para la guía de misiles y otras armas de alta precisión.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9		
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023	

Sin embargo, es importante destacar que el acceso a los datos de GPS puede estar restringido en zonas de conflicto o en situaciones de seguridad nacional, como medida para prevenir el uso del sistema por parte de enemigos potenciales.

Con lo cual esto nos lleva a preguntarnos, qué hay de aquellos países que están en conflicto y no son respaldados por los Estados Unidos, como la actual guerra Rusia - Ucrania. A principios del 2022 cuando comenzó la guerra se estudió la posibilidad, por parte de los EEUU, de desconectar a Rusia del sistema GPS. Eso afirmó Dmitri Rogozin, el director general de la corporación espacial rusa Roscosmos.

GLONASS (Sistema Global de Navegación por Satélite de Rusia)

Todo comenzó en plena Guerra Fría, a mediados de la década de 1960, cuando las limitaciones del sistema de radionavegación "OMEGA" impulsaron la necesidad de crear un método más preciso y la nación norteamericana comenzó a desarrollar, poco a poco, una constelación de satélites destinada a este fin, la entonces Unión Soviética no quiso quedarse atrás y se puso manos a la obra en el desarrollo de su propia tecnología de localización.

Lo llamó GLONASS, Sistema Global de Navegación por Satélite de Rusia, ahora administrado por la Federación Rusa a través de su agencia espacial. Sin embargo, la complicada situación económica de la Rusia de finales de los 90 hizo que apenas 8 de sus 31 satélites estuvieran operativos a principios de los 2000. Aun así, en 2007 lograron vender su licencia comercial. Se calcula que el gobierno ruso ha gastado unos US\$15.000 millones en el sistema. Además de su red de satélites, se sirve de redes terrestres, ubicadas mayoritariamente en Rusia, Antártica, Brasil y Cuba, formando una suerte de triángulo.

Pero ¿qué lo diferencia del GPS? La más obvia de las diferencias es el número de satélites, ya que GLONASS tiene 24 y comparte tres órbitas únicas, mientras que el GPS cuenta hoy día con 32 y se extiende en seis órbitas y esto se traduce en que hay más satélites que siguen la misma órbita en el caso del sistema ruso. Por eso a los sistemas que usen GLONASS de manera única es probable que les cueste más conectarse a satélites que estén disponibles en la misma zona.

No existe tanta diferencia entre la precisión que ofrecen un sistema y otro. Sin embargo, hasta 2011 no fue así. Además, la manera en la que GPS y GLONASS se comunican con sus receptores es muy distinta. En el caso del GPS, los satélites usan las mismas ondas de radiofrecuencia pero distintos códigos de comunicación. Los GLONASS, sin embargo, tienen mismos códigos pero usan frecuencias únicas. Se podría decir que su precisión es comparable, aunque sigue siendo ligeramente peor que el GPS, sobre todo, dependiendo de dónde uno está. En el hemisferio sur el sistema estadounidense sigue siendo más preciso que el ruso.

Pero la principal diferencia entre ambos reside en las compañías que cuentan con sus servicios. La mayoría de los celulares inteligentes y tabletas que se fabrican en el mundo confían más en el GPS. Esto se debe a su mayor precisión en la mitad norte del mundo. Algunos especialistas dicen que lo mejor es usar ambos sistemas a la vez, para combinar ambas tecnologías, expresando que "Todo cambia si el dispositivo del usuario es capaz de recibir y procesar las señales emitidas por GPS y por GLONASS. En este caso los sistemas trabajan en conjunto y el consumidor obtiene una importante ventaja, tanto de velocidad como de precisión".

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

Hay muchas empresas como la estadounidense Apple, la japonesa Sony o la china HTC usan chips GLONASS en sus productos. En el caso de Apple en los modelos de iPhone lanzados después del iPhone 4s, comenzó a incluir chips de ubicación que son capaces de recibir señales de satélites GPS y GLONASS para determinar la ubicación precisa del dispositivo.

La utilización de GLONASS junto con el GPS puede mejorar la precisión y la velocidad de los servicios de ubicación en los dispositivos de Apple, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas donde la señal del GPS puede ser bloqueada o debilitada. Además, Apple también utiliza información de redes Wi-Fi y torres de telefonía móvil para mejorar la precisión de la ubicación en áreas donde la señal del GPS y GLONASS puede ser débil.

Aún así, su principal foco de uso ha sido el militar, mientras que el GPS evolucionó antes hacia los usos civiles, tal vez por eso no se hizo tanto eco entre la población civil de otras partes del mundo. En cualquier caso, GLONASS sigue siendo una prioridad para el sistema ruso actual. Y Rusia sigue buscando socios internacionales. En 2007, Rusia anuncia que a partir de ese año se eliminan todas las restricciones de precisión en el uso de GLONASS, permitiendo así un uso comercial ilimitado. Hasta entonces las restricciones de precisión para usos civiles eran de 30 metros.

BeiDou (China)

El sistema de navegación por satélite BeiDou es un sistema de navegación por satélite chino. Se compone de dos constelaciones de satélites separadas.

El primer sistema BeiDou, oficialmente llamado Sistema Experimental de Navegación por Satélite BeiDou y también conocido como BeiDou-1, consta de tres satélites que desde el 2000 han ofrecido cobertura limitada y servicios de navegación, principalmente para usuarios en China y regiones vecinas.

BeiDou-1 fue dado de baja a finales de 2012. La segunda generación del sistema, llamada oficialmente sistema de navegación por satélite BeiDou (BDS) y también conocida como COMPASS o BeiDou-2, comenzó a funcionar en China en diciembre de 2011 con una constelación parcial de 10 satélites en órbita. Desde diciembre de 2012, ha estado ofreciendo servicios a clientes en la región de Asia-Pacífico.

En 2015, China comenzó la construcción del sistema BeiDou de tercera generación (BeiDou-3) para la constelación de cobertura global. El primer satélite BDS-3 se lanzó el 30 de marzo de 2015. A partir de octubre de 2018, se lanzaron quince satélites BDS-3 y cuenta en la actualidad con un total de 30 satélites en órbita. La constelación BeiDou-3 transmite una señal civil que fue diseñada para ser interoperable con señales civiles transmitidas por Galileo, GPS III y una versión futura de GLONASS. Es decir, la señal civil transmitida por los satélites de la constelación BeiDou-3 ha sido diseñada para ser compatible con las señales civiles transmitidas por otros sistemas de navegación por satélite, esto significa que los usuarios civiles de todo el mundo eventualmente obtendrán la misma señal de más de 100 satélites en todas estas constelaciones diferentes, aumentando enormemente la disponibilidad, precisión y resistencia. Esto es especialmente útil en áreas donde la señal de un solo sistema de navegación por satélite puede ser débil o bloqueada, ya que los dispositivos receptores pueden cambiar entre las señales de diferentes sistemas para obtener una mejor precisión y disponibilidad.

Inicialmente el objetivo era militar, igual que con el GPS. El Ejército Popular de Liberación no quería depender del GPS para obtener datos de posicionamiento precisos de unidades

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

militares, ya que sería depender demasiado de Estados Unidos, por eso comenzaron el proyecto hace años (Estados Unidos podría apagar las señales de GPS abiertas en caso de conflicto). Pero ahora Beidou también proporciona y facilita una variedad de servicios y actividades civiles y comerciales, con un valor de producción de 48.500 millones de U\$S en 2019.

Ahora ya hay 24 satélites en órbitas terrestres medias (a unos 21.500 kilómetros sobre la Tierra) que proporcionan servicios de posicionamiento y navegación, satélites que utilizan relojes atómicos de rubidio e hidrógeno para una sincronización de alta precisión que permite una medición precisa de la velocidad y la ubicación. Proporciona también un servicio de mensajes cortos a través del cual se pueden enviar mensajes de 120 caracteres a otros receptores Beidou, ayudando a servicios internacionales de búsqueda y rescate.

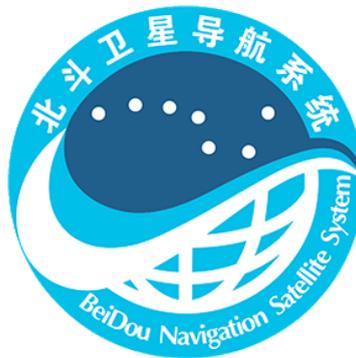


Figura 7 - Logo del sistema de navegación por satélite Beidou

Galileo

Galileo es el sistema europeo de radionavegación y posicionamiento por satélite desarrollado por la Unión Europea (UE) a través de la Agencia Espacial Europea (ESA), y que está operado por la Agencia de la Unión Europea para el Programa Espacial (EUSPA). Este dota a la Unión Europea de una tecnología independiente del GPS estadounidense y del GLONASS ruso. Al contrario de estos dos, es de creación, gestión y uso civil. El sistema se puso en marcha el 15 de diciembre del 2016 con alrededor de la mitad de los satélites que lo componen, y en 2016 se esperaba completarlo para 2020. Actualmente Galileo consta de 22 satélites operativos y 4 no disponibles.

El programa Galileo posee una importancia estratégica para la independencia de la Unión Europea desde el punto de vista técnico ya que, hasta ahora, cualquier usuario que necesitase conocer datos de posicionamiento debía recurrir a servicios como GPS o GLONASS, bajo control de terceros países. También representa una importancia estratégica desde el punto de vista económico, pues se estima que el mercado de equipos y servicios que puede proporcionar Galileo superará los 10.000 millones de € al año y supondrá la creación de numerosos puestos de trabajo de personal altamente cualificado.

¿Cómo surgió?

A finales del siglo xx, un grupo de estados de la Unión Europea comenzaron a mostrar cierto rechazo e inseguridad sobre los sistemas GPS (de origen estadounidense) y GLONASS (de origen ruso). Este grupo de países temía que, en caso de conflicto armado internacional, tanto Estados Unidos como Rusia limitaran o dificultaran el acceso a estos sistemas a los países de la

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

Unión Europea, limitando así la operatividad militar y civil de la región. Paralelamente, también mostraron cierta preocupación sobre la precisión y efectividad de los sistemas GPS y GLONASS, especialmente de cara al futuro.

Ante esta situación, la Unión Europea —a través de la Agencia Espacial Europea—, anunció en 2003 el proyecto GALILEO, un sistema de geolocalización desarrollado y gestionado íntegramente por organismos europeos, asegurando así la independencia de la región y mejorando los servicios de posicionamiento.

Tri-System GNSS Receiver (Global Navigation Satellite Systems)



Figura 8 - Representación de los sistemas de geolocalización de cada país

Galileo ha estado operando de manera limitada desde diciembre de 2016 con un número reducido de satélites, pero desde 2020, el sistema ha alcanzado su capacidad operativa inicial con una constelación de 22 satélites en órbita.

Redes Wi-Fi (WPS o WiFi Positioning System)

¿Qué es la geolocalización WiFi?

Básicamente, consiste en determinar la ubicación geográfica de un objeto en tiempo real, basado en las redes wifi.

Las redes WiFi emiten siempre una dirección única llamada BSSID (Basic Service Set Identifier). Estas direcciones son escaneadas periódicamente por distintos proveedores (Google es uno de los principales), para construir bases de datos a nivel mundial que contienen la ubicación exacta de cada uno de los routers.

De esta manera, los dispositivos que disponen de un sistema de localización por WiFi pueden leer las direcciones MAC de los routers que tienen a su alrededor para encontrar la localización del activo/persona que se está monitoreando. La información (Direcciones MAC) se enviarán a la nube y allí se estimará la posición del activo/persona a través de la ubicación y la potencia de las distintas redes WiFi que se hayan detectado.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

Esta localización puede ser a partir del lado del dispositivo (celular) vía Wi-Fi o del lado de los routers, generalmente se obtiene a partir del dispositivo. Con lo cual el dispositivo analiza los routers Wi-Fi que hay a su alrededor, realiza cálculos y de esa manera puede encontrar donde se encuentra el dispositivo/persona y esta localización estará disponible en cualquier aplicación a la que le brindemos autorización.

Los casos más comunes de uso para esta tecnología de geolocalización funcionan de manera óptima en ciudades y entornos urbanos, donde la densidad de redes WiFi es elevada. Esto permite que haya una mayor precisión, logrando que se pueda generar localización incluso en interiores, dónde la ubicación por medio de GPS podría convertirse en un dolor de cabeza. Para la utilización de esta tecnología es necesario entender la tecnología Wifi Mesh. Básicamente una red Wifi de tipo mesh o mallada es una red compuesta por un router/estación base y sus satélites o puntos de acceso que se comunican entre ellos para conformar de cara al usuario una única red Wifi con el mismo SSID y contraseña.



Figura 9 - Tecnología wifi Mesh

La localización del usuario a través de Wifi se decide en función de un parámetro llamado RSSI (received strange signal indicator), que calcula su posición mediante la potencia de la señal Wifi.

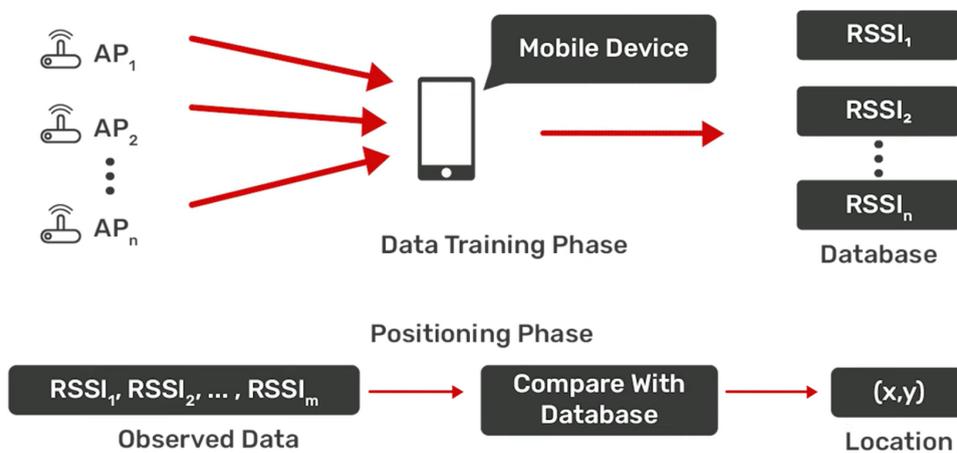


Figura 10 - Algoritmo para la localización de dispositivos con RSSI

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

Así, los enrutadores APn representan la red Mesh, nuestro dispositivo se conecta a distintos enrutadores y se calcula este parámetro RSSI (para los n enrutadores) a través de distintos algoritmos y se obtiene un valor que representa la intensidad de señal recibida por nuestro dispositivo. Posterior a esto, se compara con la ubicación de los enrutadores y se obtiene la ubicación (x,y).

Hasta aquí puede surgir la pregunta, ¿para qué utilizar la localización a través de la señal Wi-Fi si la mayoría de dispositivos móviles cuentan con GPS? Lo que sucede es que el GPS en algunos interiores o en ciertos entornos no brinda datos precisos o su cobertura no es buena. Por tal motivo, se utiliza este método como complemento o reemplazo..

¿Qué precisión tiene?

Pese a que no estamos ante el sistema de posicionamiento más preciso del momento, el WPS nos da una fiabilidad bastante elevada. Estamos hablando de una desviación de entre 20 y 30 metros, a lo sumo. La precisión dependerá de la cantidad de WiFi que haya en la zona.

¿En qué casos de uso está indicado utilizarlo?

Esta tecnología funciona de manera óptima en ciudades y entornos urbanos, donde la densidad de redes WiFi es elevada. Ello permite que haya una mayor precisión.

La utilización del WPS como tecnología de geolocalización cobra aún más sentido en ciudades con grandes edificios, como el caso de Hong Kong. En este caso, la utilización del sistema por excelencia, el GPS, no daría resultados positivos ya que su penetración es muy baja a causa de la altura de los edificios. Sin embargo, la densidad de redes WiFi se multiplica exponencialmente y, por lo tanto, el uso del WPS cobraría todo el sentido.

Ahora en el caso de que se esté en ciudades poco densas no es conveniente usar este tipo de geolocalización y es ideal optar por una geolocalización vía GPS.

¿Cuál es la duración de la batería del dispositivo que usa este sistema de localización?

El consumo de batería de un dispositivo que use el WPS como tecnología de posicionamiento es bastante razonable. Como siempre, este factor dependerá mucho de otros elementos configurables, pero si tuviéramos que hacer una comparativa diríamos que el WPS está por debajo del GPS en cuanto a consumo se refiere. No obstante, consumiría más que, por ejemplo, un sistema de posicionamiento por beacons (pensado para localización en interiores).

Cabe destacar que en el caso de los sistemas operativos Android para activar la localización por Wi-Fi debe hacerse de forma personalizada en el menú de configuración, a diferencia del sistema operativo iOS en el cual con el solo hecho de activar la localización quedan activos todos los mecanismos de esta.

Bluetooth

La tecnología Bluetooth proporciona distintas soluciones de conectividad inalámbrica entre dispositivos que se aplican a diversas áreas. La transmisión de audio, la transferencia de datos y la conexión de dispositivos son las más populares, pero no son las únicas: también están los servicios de localización.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

Tenemos 2 tipos de Bluetooth:

- **Bluetooth Classic:** La radio Bluetooth Classic, también conocida como Bluetooth Basic Rate/Enhanced Data Rate (BR/EDR), es una radio de baja potencia que transmite datos a través de 79 canales en la banda de frecuencia industrial, científica y médica (ISM) de 2,4 GHz sin licencia. Con soporte para la comunicación de dispositivos punto a punto, Bluetooth Classic se utiliza principalmente para permitir la transmisión de audio inalámbrica y se ha convertido en el protocolo de radio estándar detrás de los altavoces, auriculares y sistemas de entretenimiento para automóviles. La radio Bluetooth Classic también permite aplicaciones de transferencia de datos, como la impresión móvil.
- **Bluetooth Low Energy (LE):** La radio Bluetooth de baja energía (LE) está diseñada para un funcionamiento muy eficiente en términos de energía. Transmitiendo datos a través de 40 canales en la banda de frecuencia sin licencia ISM de 2,4 GHz, la radio Bluetooth LE proporciona a los desarrolladores una cantidad tremenda de flexibilidad para construir productos que satisfagan los requisitos únicos de conectividad de su mercado. Bluetooth LE admite múltiples topologías de comunicación, que se expanden desde punto a punto hasta transmisión y, más recientemente, en malla, lo que permite que la tecnología Bluetooth soporte la creación de redes de dispositivos confiables a gran escala. Aunque inicialmente era conocida por sus capacidades de comunicación de dispositivos, Bluetooth LE se utiliza ahora ampliamente como tecnología de posicionamiento de dispositivos para abordar la creciente demanda de servicios de ubicación en interiores de alta precisión. Bluetooth LE ahora incluye funciones que permiten a un dispositivo determinar la presencia, distancia y dirección de otro dispositivo.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023



The global standard for simple, secure device communication and positioning

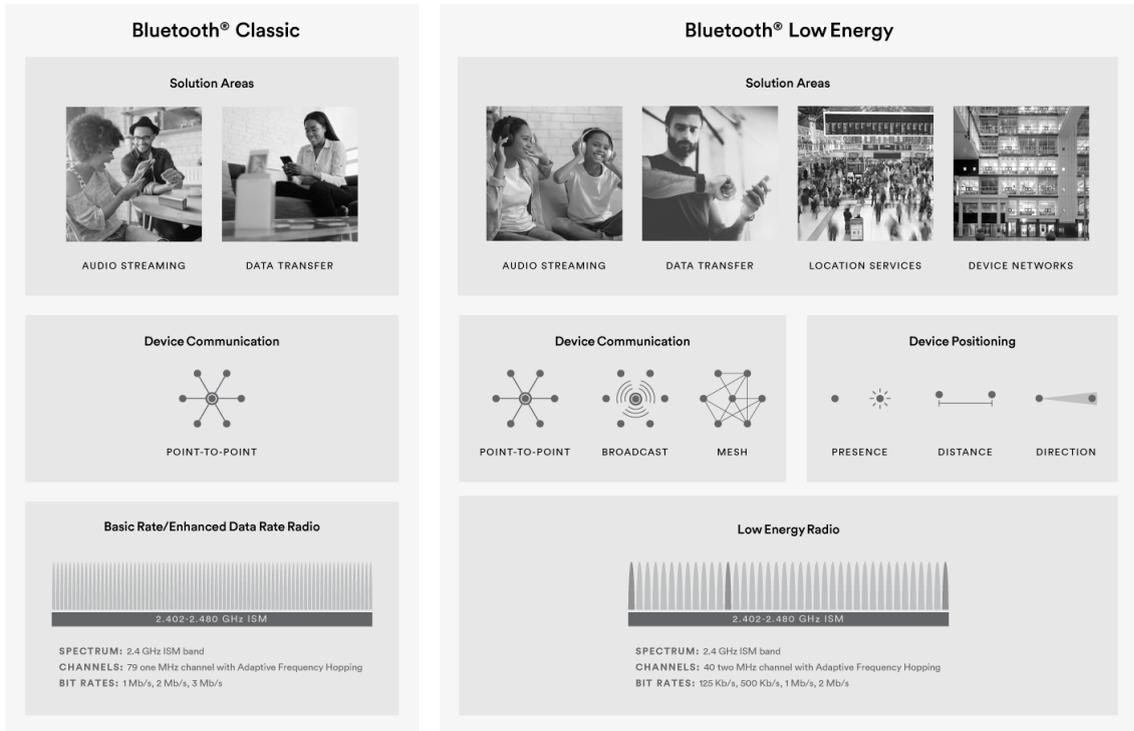


Figura 11 - Comparación entre Bluetooth Classic y Bluetooth Low Energy

Al permitir que un dispositivo determine la presencia, distancia y dirección de otro dispositivo, la tecnología Bluetooth ofrece una flexibilidad sin igual en comparación con cualquier otro radio de posicionamiento, lo que permite a los administradores y propietarios de edificios llegar a soluciones de posicionamiento en interiores para adaptarse a las necesidades variables y cambiantes del edificio.



Bluetooth® asset tracking devices will ship in 2023

 Data Source: ABI Research, 2023

Figura 12 - Cantidad de dispositivos rastreadores de Bluetooth para el año 2023

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9		
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023	

Aplicaciones en la localización

En la práctica, los servicios de localización Bluetooth tienen una gran variedad de aplicaciones, como:

- Sistemas de información de puntos de interés en comercios o establecimientos, por ejemplo, para mejorar la experiencia de los visitantes en determinados puntos de museos o de rutas por la ciudad.
- Navegación de interiores basada en Bluetooth, por ejemplo, en aeropuertos, estaciones de tren o estadios de fútbol.
- Rastreo de cualquier objeto, por ejemplo, los dispositivos de localización de las maletas o de las llaves, aunque también se usa en otros contextos, como hospitales o almacenes.
- Medición del uso de los espacios para aumentar la productividad y reducir costes, por ejemplo, en edificios de oficinas o centros públicos.

A continuación se hace una descripción general de las mejoras que caracterizan a esta tecnología:

- **Bluetooth® Direction Finding**

Introducida en enero de 2019, la función Direction Finding permite que los dispositivos determinen la dirección de una señal Bluetooth de baja energía (LE). Al admitir tanto el método de ángulo de llegada (AoA) como el método de ángulo de partida (AoD) para la estimación de la dirección de la señal, esta característica permite que las soluciones de proximidad Bluetooth añadan capacidades direccionales que mejoran la experiencia del usuario y que los sistemas de posicionamiento Bluetooth logren una precisión a nivel de centímetros. De esta manera, la tecnología Bluetooth puede abordar todo el espectro de casos de uso de posicionamiento, desde sistemas comunes de baja resolución hasta los más precisos.

- **Bluetooth® Mesh Networking**

Introducida en julio de 2017, la red de malla (mesh networking) permite la creación de redes de dispositivos a gran escala. Es ideal para sistemas de control, monitoreo y automatización en los que cientos o miles de dispositivos necesitan comunicarse entre sí. Creada para satisfacer los estrictos requisitos de confiabilidad, escalabilidad y seguridad de los casos de uso comerciales e industriales, la red de malla Bluetooth se ha convertido rápidamente en un estándar líder para los sistemas de control de iluminación en red, lo que permite que los edificios operen de manera más eficiente y mejoren la experiencia de los ocupantes. Esta tecnología se utiliza comúnmente en sistemas de iluminación, automatización del hogar y control industrial.

- **Bluetooth® Long Range**

Introducido en diciembre de 2016, el Bluetooth Long Range (Bluetooth de largo alcance) es una versión mejorada del protocolo Bluetooth de baja energía (Bluetooth Low Energy o BLE) que ofrece un alcance de señal extendido, lo que permite la comunicación inalámbrica entre dispositivos a mayores distancias. La tecnología Bluetooth Long Range utiliza una técnica de modulación especial llamada Chirp Spread Spectrum, que amplía la distancia máxima de conexión hasta cuatro veces la que se puede lograr con la tecnología Bluetooth estándar. Esta característica hace que el Bluetooth Long Range sea una opción adecuada para aplicaciones en

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

la industria de la automatización, la logística, la agricultura y la construcción, entre otras, donde la comunicación a larga distancia es esencial.

- **Bluetooth® Extended Advertising**

Bluetooth® Extended Advertising es una característica añadida al protocolo Bluetooth que permite a los dispositivos Bluetooth Low Energy (BLE) enviar anuncios publicitarios que contienen más información que los anuncios publicitarios tradicionales. Los anuncios publicitarios extendidos pueden contener hasta 255 bytes de datos útiles y tienen una duración de hasta 1,8 segundos, lo que permite a los dispositivos transmitir información más detallada sobre sus servicios y características, y a los dispositivos escaneantes tener una mejor comprensión de los dispositivos cercanos y sus capacidades. Además, la función de Publicidad Extendida permite a los dispositivos transmitir múltiples anuncios publicitarios a la vez, lo que permite a los dispositivos anunciar múltiples servicios y capacidades simultáneamente, lo que aumenta la eficiencia en la comunicación entre dispositivos. Esta característica es particularmente útil en aplicaciones de Internet de las cosas (IoT) y de sensorización, donde los dispositivos deben transmitir grandes cantidades de datos útiles de manera eficiente y precisa.

Cabe destacar que existe una asociación global que agrupa a más de 30.000 empresas para unificar e impulsar el desarrollo de esta tecnología, Bluetooth Special Interest Group (SIG), cuya misión es crear un mundo conectado, libre de cables, que es lo que implica el usar este tipo de tecnología.

Balizas Bluetooth

Baliza bluetooth es un dispositivo de hardware basado en el protocolo de transmisión Bluetooth Low Energy. Generalmente se instala en una ubicación específica en la habitación como punto de referencia para la ubicación interior. No está conectado a ningún dispositivo host., pero transmite de forma continua y periódica al entorno circundante., requiriendo solo escaneo y análisis por parte del dispositivo host.

Las balizas Bluetooth en los museos pueden enviar la información sobre cada exposición a los usuarios de teléfonos inteligentes visitantes, quien será notificado a cierta distancia de la exhibición.

La baliza Bluetooth viene con ventajas en tamaño pequeño, alto rendimiento, y relación de precio bajo la misma precisión. además, Bluetooth se ve menos afectado por el entorno circundante, y su consumo de energía es relativamente bajo, todo lo cual hace que la tecnología de posicionamiento Bluetooth sea la tecnología más utilizada en los sistemas de posicionamiento en interiores.

¿Cómo funcionan las balizas en los almacenes?

Las balizas pueden estar en todas partes en los almacenes, incluidos los remolques, montacargas, estantes, e incluso un muelle de carga, que puede transmitir información a varios dispositivos inteligentes dentro de una cierta distancia. Cuando el equipo está cerca de la baliza, rastrea lo que está cerca y cuando el equipo sale de esa área, mientras que la baliza Bluetooth registra estos eventos y envía información en tiempo real a los profesionales del almacén.

Se adoptan diferentes balizas para medir atributos asociados al funcionamiento del almacén como la ubicación, temperatura, humedad, y movimiento. Después de que la puerta de enlace recopile los datos de diferentes balizas, toda la información se envía a la nube donde se

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

almacenarán y analizarán los datos, y luego se simplifica la información procesable. Estos conocimientos pueden ser utilizados por equipos automatizados para orquestar varias acciones de un almacén en tiempo real. Para ser preciso, las balizas en los almacenes ofrecen una oportunidad única para cambios fundamentales en las operaciones del día a día de la logística.

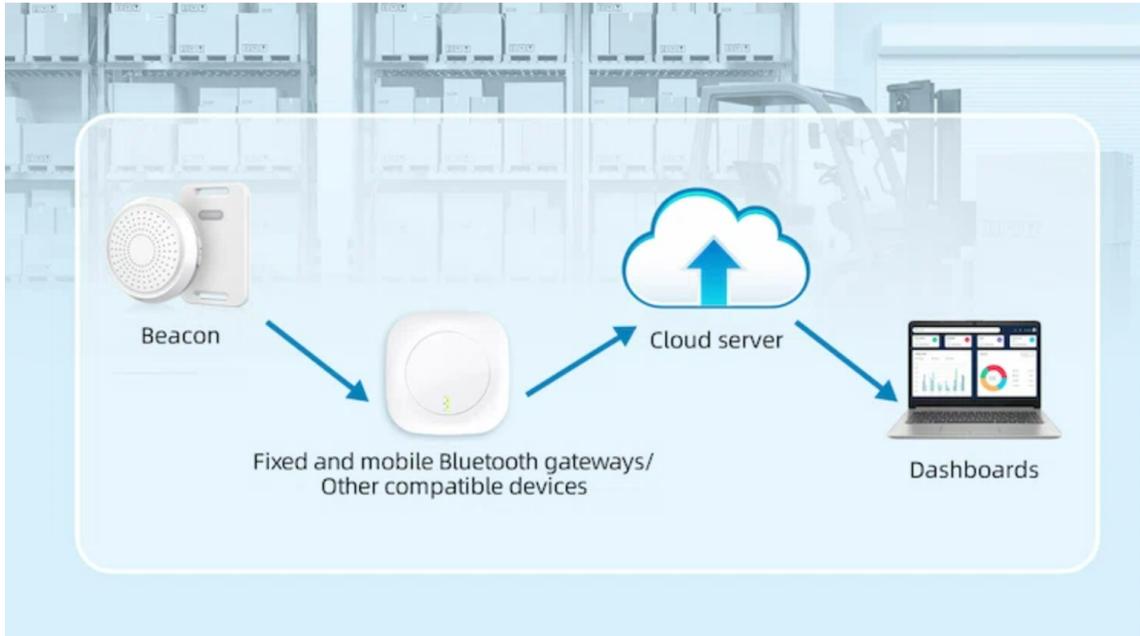


Figura 13 - Funcionamiento de las balizas Bluetooth

Redes Celulares

A lo largo y ancho de nuestra geografía hay torres o antenas que nos dan servicio de teléfono; son las responsables de que nuestros teléfonos tengan cobertura y puedan llamar.

Teniendo en cuenta tres cosas, la aproximación a las torres de telefonía, el tiempo que tarda la señal en ir de torre a torre y la fuerza de la señal, se puede calcular la localización de nuestros dispositivos, pudiendo tener un margen de error de hasta 200m. Cualquier teléfono móvil que se encienda mantiene conexiones con varias torres cercanas. El teléfono no tiene que estar de forma activa en una llamada para conectarse a células, pero en la mayoría de los modelos estos deben estar encendidos; los teléfonos en posición de «apagado» o sin batería no se suelen registrar con la red del portador celular y no se pueden rastrear.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

¿Cómo funciona?



Figura 14 - Antenas de telefonía Móvil

Considerando a la antena de telefonía móvil como un triángulo concéntrico y que cada lado del triángulo se denomina sector. Estos sectores son etiquetados por las letras griegas alfa, beta, y gamma (α , β , γ). Dentro de cada sector se puede ver la distancia a la que está conectado un teléfono móvil. Esto permite «rastrear» el teléfono detectando a qué sector está conectado, y la distancia a la que se encuentra.

Aquí es una representación de estos sectores, con la torre de telefonía celular en el medio:

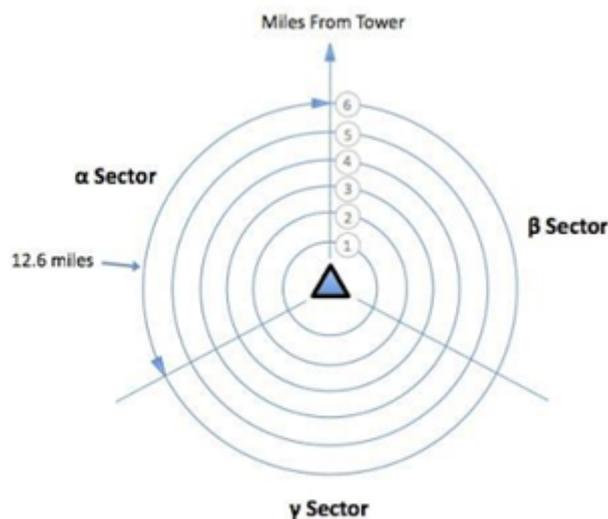


Figura 15 - Representación de los sectores de una antena de telefonía

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

Ahora, supongamos que nuestro objetivo está conectado en el sector Gamma, y está en el rango número 4. así sabemos que el teléfono móvil está en algún lugar en el área marcada por el color amarillo:

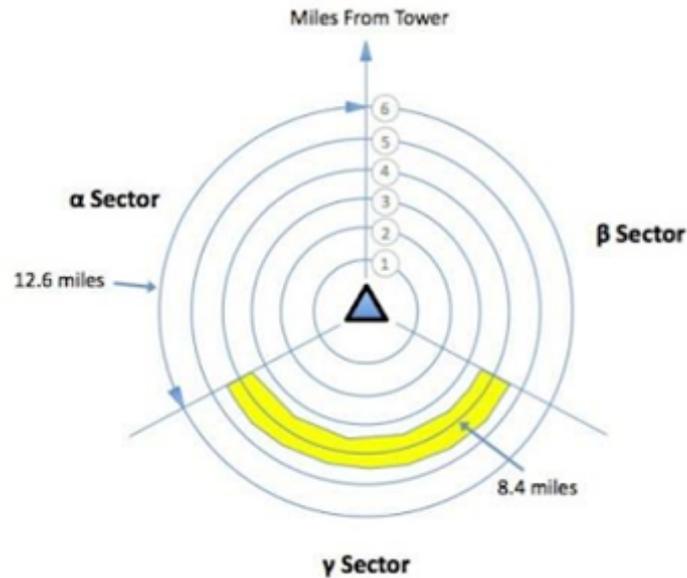


Figura 16 - Representación de los sectores de una antena de telefonía

Cuando un teléfono celular está conectado a 2 torres que se superponen entre sí, al mismo tiempo, podemos aumentar aún más nuestra exactitud en la localización del teléfono. El teléfono está conectado a la torre azul en el sector Alfa y está en la banda 5 (5 millas) de distancia, mientras que también está conectado a la torre naranja en el sector gamma y está en la banda 4 (4 millas) de la torre naranja, podemos rastrear el teléfono celular realmente con precisión mediante la comparación de los resultados de las 2 torres, como se muestra a continuación:

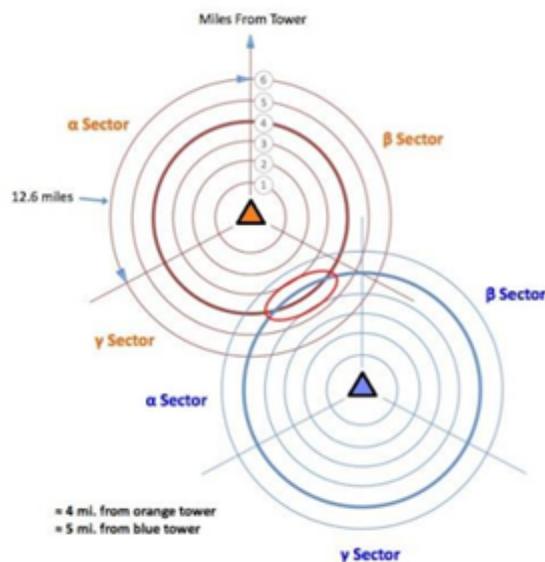


Figura 17 - Representación de 2 antenas de telefonía móvil

Ahora, si una tercera torre se pone en juego, tenemos lo que se llama una «triangulación». En este caso, podemos rastrear el teléfono celular realmente con precisión.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

Vamos a ver lo que sucede cuando traemos una tercera torre en:

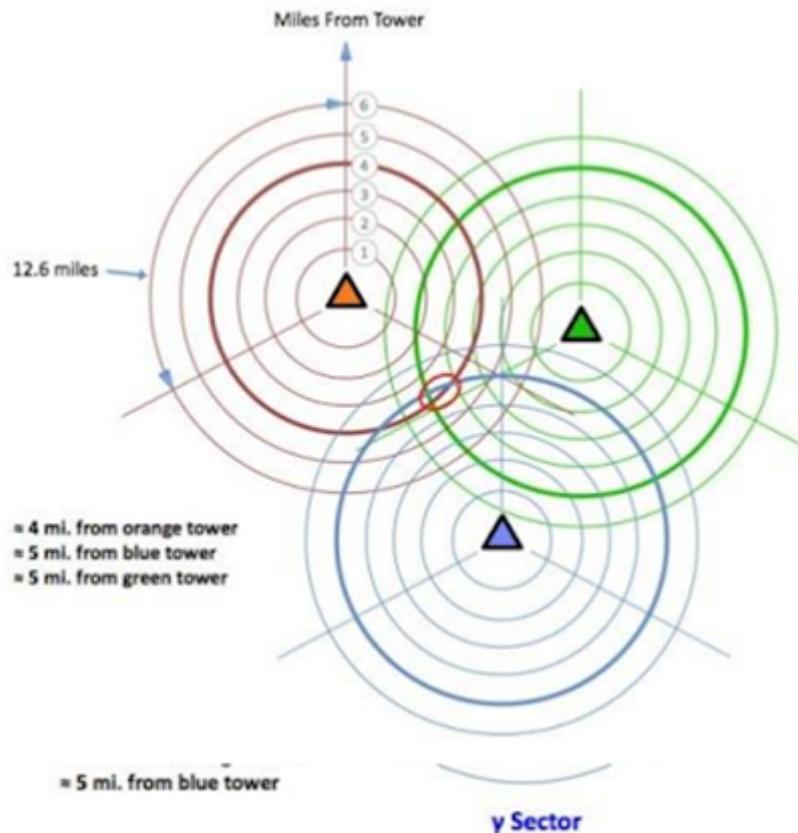


Figura 18 - Representación de 3 antenas de telefonía móvil

Entra en la banda 4 de la torre verde, Si se mueve hacia abajo, entra en el sector gamma de la torre verde y también entra en la banda 4 de la torre azul.

Sólo el gobierno o el proveedor de telefonía móvil podría llevar a cabo una triangulación, a menos que alguien haya comprometido sus sistemas, por supuesto. Esta forma de trazado es muy fiable y se utiliza mucho por las Fuerzas de Seguridad del Estado, no es necesario tener GPS o cualquier otra cosa por el estilo, sólo es necesario que el dispositivo se conecte a una antena de telefonía móvil.

La triangulación es casi siempre posible en las zonas urbanas, debido a que las torres están cerca una de la otra, pero es menos común en las zonas rurales, donde las torres están más separadas que en una ciudad.

Legalmente

No es necesaria la previa obtención de autorización judicial para la captación policial de los datos relativos a un terminal telefónico y a la tarjeta de comunicaciones (IMEI e IMSI), aunque la intervención telefónica posterior al acceso de tales datos sí precisan motivación suficiente y control jurisdiccional.

En definitiva, la recogida o captación técnica de la línea de teléfono no necesita autorización judicial, sin embargo, la obtención de su plena funcionalidad, mediante la cesión de los datos

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9		
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023	

que obran en los ficheros de la operadora, sí impondrá el control jurisdiccional de su procedencia.

Usos

Hay una gran variedad de usos de la triangulación de antena dado por las antenas de telefonía móvil, pero dentro de los más destacados se encuentran:

- **Sistemas de seguimiento y localización de personas:** Esta tecnología puede ser utilizada en lugares como hospitales, asilos, cárceles y otros centros de detención para rastrear la ubicación de los pacientes, residentes o prisioneros. También se puede aplicar en eventos masivos, como conciertos o festivales, para garantizar la seguridad de los asistentes.
- **Sistemas de seguimiento y localización de vehículos:** La triangulación de antenas también puede ser utilizada para rastrear la ubicación de vehículos, ya sea para propósitos de seguridad o para optimizar la logística de transporte.
- **Servicios de publicidad:** Las empresas pueden utilizar esta tecnología para enviar anuncios a los usuarios en función de su ubicación actual, mejorando la efectividad y relevancia de la publicidad.
- **Navegación en interiores:** La localización por triangulación de antena también puede ser utilizada para mejorar la navegación en interiores, lo que resulta útil en grandes edificios o centros comerciales.
- **Seguridad en el trabajo:** Esta tecnología se puede aplicar para supervisar el movimiento de trabajadores en zonas de alto riesgo, como fábricas o plantas químicas, para garantizar su seguridad.

Aplicaciones de la Geolocalización

GPS

La índole gratuita, interrumpida y fiable del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) ha permitido a los usuarios de todo el mundo desarrollar cientos de aplicaciones que afectan casi todas las facetas de la vida moderna. Desde agricultura, aviación, carreteras y autopistas, cronometría, espacio, medio ambiente, navegación marítima, recreación, seguridad pública y socorro en caso de rescate, topografía y cartografía, vías férreas, entre otras.

Vamos a hacer hincapié en algunas específicas y analizar algunos ejemplos dentro de estas.

Agricultura

La combinación del GPS con los sistemas de información geográfica, GIS, ha hecho posible el desarrollo y aplicación de la 'agricultura de precisión' o de localización específica.

¿Qué es la agricultura de precisión y cómo ha influido el GPS en ella?

La agricultura de precisión es una técnica agrícola que permite correlacionar las técnicas de producción y el rendimiento con el tipo de terreno, para desarrollar estrategias más eficaces para el tratamiento de los suelos y las plantas. Esta técnica utiliza el GPS en combinación con sistemas de información geográfica (GIS) para acoplar datos obtenidos en tiempo real con

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

información sobre posicionamiento, lo que conduce al análisis y el manejo eficientes de gran cantidad de datos geoespaciales. Las aplicaciones en la agricultura de precisión basadas en el GPS se están usando, además, en la planificación de cultivos, el levantamiento de mapas topográficos, muestreo de los suelos, orientación de tractores, exploración de cultivos, aplicaciones de tasa variable y mapas de rendimiento. Además, el GPS permite a los agricultores trabajar en condiciones de baja visibilidad en los campos, por ejemplo con lluvia, polvo, niebla o penumbra.

El GPS permite a los agricultores dirigirse, año tras año con precisión, a lugares determinados de sus campos, ya sea para recoger muestras del suelo o vigilar la situación del cultivo.

Los especialistas en cultivos utilizan aparatos resistentes para la recolección de datos con GPS a fin de determinar el posicionamiento exacto de infestaciones de plagas, insectos y malezas. Las zonas del cultivo con problemas de plagas pueden identificarse con precisión y reflejarse en mapas para futuras decisiones de manejo y recomendaciones sobre insumos. Esos datos también pueden utilizarlos las avionetas de fumigación para rociar los campos con gran precisión y sin necesidad de “señalizadores” humanos en tierra para orientarlas. Las avionetas de fumigación dotadas del GPS puedan hacer pases exactos sobre los campos aplicando los productos químicos solamente donde son necesarios y evitando al máximo la dispersión de las sustancias químicas, con lo que se reduce la cantidad de los productos utilizados y se beneficia el medio ambiente. Además, con la ayuda del GPS, los pilotos puedan proporcionar a los agricultores mapas precisos.

En general, la agricultura de precisión ha permitido a los agricultores y grandes empresas agrícolas obtener mayores beneficios mediante la microgestión de los campos y la aplicación de tratamientos específicos y localizados, reduciendo costos y minimizando el impacto medioambiental.

Aviación

El GPS ha revolucionado la navegación aérea al ofrecer servicios de navegación por satélite precisos, continuos y con cobertura global, lo que ha mejorado significativamente la seguridad y eficiencia de los vuelos. La tendencia hacia la navegación regional ha aumentado aún más el papel del GPS en la aviación, permitiendo a las aeronaves volar rutas de mayor demanda e independientes de la infraestructura terrestre. Además, la modernización del GPS con la adición de dos nuevas señales para ampliar el servicio civil actual, proporcionará beneficios importantes en términos de seguridad y precisión para las aproximaciones por instrumentos en todo el mundo. La confianza depositada en el GPS y sus ampliaciones, como cimientos de los sistemas de gestión del tráfico aéreo, ha llevado a reducciones significativas en el tiempo de vuelo, el volumen de trabajo y los costos de operación, tanto para los usuarios del espacio aéreo como para los proveedores del servicio. El GPS también es un componente esencial de muchos otros sistemas aeronáuticos, como el Sistema de Alerta de Proximidad de Tierra (EGPWS), que ha demostrado su valor en la reducción del riesgo de accidentes aéreos.

Carretera y Autopistas

El GPS ha demostrado ser una herramienta muy valiosa en la gestión del transporte y la logística. Su capacidad de localización precisa y orientación ha mejorado la eficiencia y la seguridad en las carreteras y ha reducido los costos asociados a la congestión del tráfico y los

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

retrasos en la entrega de cargamentos. Además, la integración del GPS con sistemas de información geográfica (GIS) ha permitido una mejor planificación de rutas y horarios para el transporte público y ha mejorado la supervisión y el mantenimiento de las carreteras.

El GPS también está siendo investigado como parte de los sistemas inteligentes de transporte (ITS) para mejorar la seguridad vial mediante la detección temprana de situaciones críticas y la prevención de accidentes. Con la continua modernización del GPS, se espera que se desarrollen aún más mejoras en los sistemas de transporte y logística, incluyendo prevención de colisiones, llamadas de emergencia y notificación de posición, mapas electrónicos y orientaciones en el vehículo con instrucciones audibles.

Cronometría

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) provee de una cuarta dimensión esencial: la cronometría, la cual es crucial para una serie de actividades económicas alrededor del mundo. Los satélites de la constelación GPS contienen múltiples relojes atómicos que contribuyen con datos horarios muy precisos a las señales del GPS. Los receptores del GPS descodifican esas señales y sincronizan cada receptor con los relojes atómicos, permitiendo a los usuarios determinar la hora con una aproximación de hasta cien mil millonésimas de segundo. La sincronización precisa de la hora es esencial para sistemas de comunicación, redes de distribución eléctrica y financieras, entre otros. Las empresas de todo el mundo utilizan la hora sincronizada por el GPS para sellar con el momento exacto todas las transacciones comerciales, lo que es una vía congruente y precisa de mantener los registros y garantizar su rastreabilidad.

Espacio

El GPS está revolucionando y revitalizando la forma como las naciones operan en el espacio, desde los sistemas de orientación para vehículos tripulados pasando por la gestión, seguimiento y control de constelaciones de satélites de comunicaciones, hasta la observación de la Tierra desde el espacio. Entre los beneficios derivados del uso del GPS se incluyen:

Satélite sobre la Tierra Misión sobre la superficie topográfica marina Jasón I (incluye un receptor del GPS y un reflectómetro de láser para determinaciones orbitales de alta precisión)

- Soluciones para la navegación: El GPS proporciona determinaciones orbitales de gran precisión, y mínimo personal de control en tierra, con unidades del GPS con calificación espacial.
- Soluciones a la orientación: El GPS sustituye sensores de orientación a bordo con antenas múltiples GPS de bajo costo y algoritmos especializados.
- Soluciones cronométricas: El GPS sustituye los relojes atómicos de alto costo para naves con receptores de bajo costo GPS de sincronización precisa.
- Control de constelaciones: un solo punto de contacto con el control para mantener en órbita numerosos vehículos espaciales, como satélites de telecomunicaciones.
- Vuelo en formación: El GPS posibilita realizar formaciones satelitales precisas con intervención mínima del personal de tierra.
- Plataformas virtuales: El GPS ofrece servicios de “mantenimiento” automático de las estaciones y de posiciones relativas para maniobras científicas avanzadas de rastreo, como la interferometría.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

- Seguimiento o rastreo del vehículo lanzado: El GPS sustituye o aumenta los radares de rastreo con unidades GPS de alta precisión y bajo costo para seguridad de alcance y terminación del vuelo autónomo.

Medio Ambiente

El GPS es una herramienta valiosa para recopilar información precisa y oportuna sobre el medio ambiente, lo que ayuda a formular decisiones importantes sobre la conservación y el manejo ambiental. La tecnología GPS se utiliza para estudiar la flora y la fauna, evaluar la topografía y la infraestructura humana, controlar las operaciones mineras, determinar líneas fronterizas y gestionar la extracción de la madera de los bosques. También se utiliza para comprender y pronosticar cambios en el medio ambiente, como el contenido de humedad de la atmósfera y los efectos de las mareas. Además, el GPS ayuda a rastrear el movimiento y expansión de los derrames de petróleo, la migración de especies en peligro de extinción y la predicción de terremotos. La modernización de la tecnología del GPS aumentará su precisión y fiabilidad, lo que beneficiará aún más los estudios y el manejo del medio ambiente.

Navegación marítima

El GPS ha revolucionado la navegación marítima, mejorando la seguridad y eficiencia en la navegación en alta mar y en los puertos. Los marineros utilizan el GPS para medir su velocidad y determinar su posición en todo el mundo, y la tecnología también se utiliza para la topografía submarina, la colocación de boyas y la localización de peligros. La mejora del GPS, conocida como DGPS, proporciona mayor precisión y seguridad en las operaciones marítimas. Los gobiernos y organizaciones industriales están desarrollando reglamentos para los sistemas electrónicos de cartas náuticas e información marítima, que dependen del GPS o del DGPS para su posicionamiento. El AIS es utilizado en el control del tráfico de buques y en la seguridad de los puertos y canales navegables. El futuro del GPS incluye la introducción de dos señales civiles adicionales que mejorarán la exactitud, disponibilidad y fiabilidad del sistema para todos los usuarios.

Aplicaciones en casos específicos

Aparte de aquellos grandes sectores en donde actúa la tecnología GPS se expondrán a continuación aplicaciones-productos-competencia-conceptos en donde se emplea esta tecnología.

- **Flightradar24**

¿Qué es y cómo funciona Flightradar24?

Flightradar24 es un servicio global de seguimiento de vuelos que te proporciona información en tiempo real sobre miles de aviones en todo el mundo.

Mediante una fuente de navegación GPS (satélite) se establece la posición del avión. Luego el ADS-B transponder, un dispositivo electrónico instalado en el avión que hace posible su identificación en el control de tráfico aéreo, emite una señal con datos acerca de su posición.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

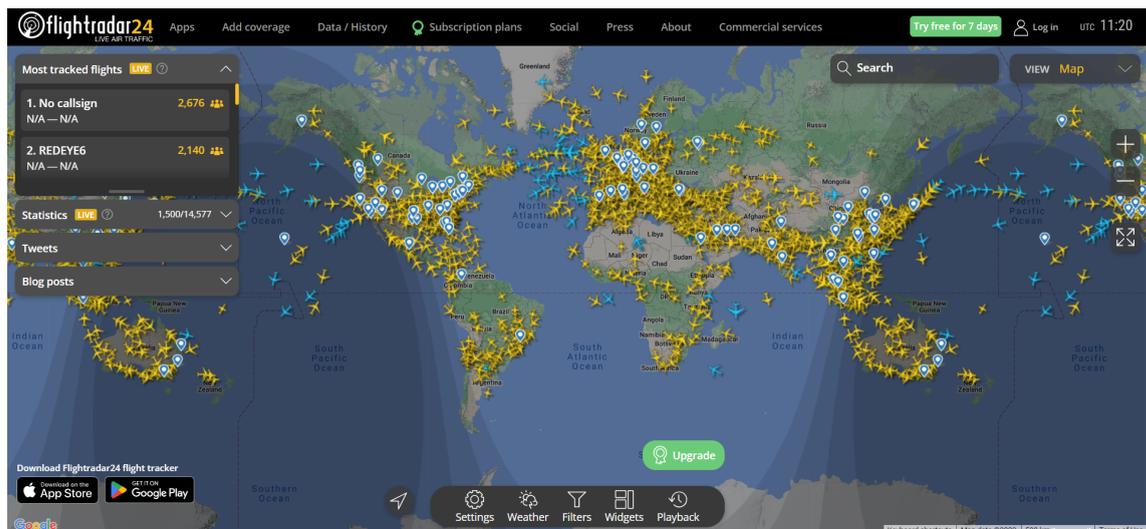


Figura 19 - Vista de flightradar24

- **Marketing Geográfico**

El geomarketing es la disciplina que estudia cómo las variables geográficas afectan las interacciones entre prospectos comerciales y negocios. En otras palabras, el geomarketing analiza cómo las variables geográficas de tu mercado afectan a tu negocio.

El geomarketing tiene “niveles” referentes a una cobertura geográfica y estos niveles pueden ir desde una cobertura regional (LATAM), hasta la cobertura de un par de pasillos en una tienda.

Hay diferentes ramas dentro de este como regional, país/estado/ciudad, local/ microlocal y nanomarketing en donde este último permite utilizar las herramientas del Geomarketing dentro de un establecimiento comercial. Por ejemplo, realizar focalizaciones de anuncios dentro de una tienda, dependiendo de en qué pasillo se encuentran los clientes del negocio.

Beacons: Son dispositivos que utilizan un chip bluetooth para enviar información a teléfonos inteligentes que tengan habilitado su bluetooth además de tener la app de la tienda. Estos cada vez se desarrollan más y algunos trabajan con cookies y señales wifi en lugar de bluetooth. Entonces, en el futuro cuando te conectes a una red wifi abierta, es posible que tu celular reciba los cookies y tu los anuncios.

Una de las claves del geomarketing es que personas en diferentes partes del mundo tienen diferentes características.

Algunos ejemplos de la segmentación geográfica que se da y como se pueden aprovechar a través del marketing:

- **Productos basados en la temporada:** Regiones como Canadá y Rusia, que son frías durante todo el año, verán una gran cantidad de vendedores de ropa de abrigo promocionando y vendiendo sus productos. Se enfocan en dirigir sus productos solo a ubicaciones en Canadá y Rusia. Debido a esta venta dirigida, los vendedores pueden obtener ganancias fácilmente. Estos vendedores no obtendrán ganancias si se enfocan en partes más cálidas del mundo, como Australia.
- **Tamaño y tipo de región:** Hay países en Asia, como India, donde las personas hablan diferentes idiomas en diferentes estados. Esta es la razón principal por la que los

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

exitosos establecimientos de comida rápida occidentales deben idear nuevas estrategias para adaptarse a los sabores y costos locales para prosperar en el mercado indio. Una estrategia diseñada en torno a la geografía ayudará a estos establecimientos a competir con los jugadores locales y crecer en un mercado tan diverso como el indio.

- **Preferencias alimentarias:** Con el cambio de región, también hay un cambio drástico en las preferencias alimentarias. En los EE. UU., hay un suministro constante de mariscos en la costa este y oeste, que se promueven durante todo el año. En países asiáticos como China, los hábitos alimentarios dependen en gran medida de las ceremonias religiosas. Por ejemplo, los chinos comen dumplings durante el Festival de Primavera para transmitir su relación con Dios. Las cadenas de comida local producen alimentos teniendo en cuenta estos aspectos para asegurarse de que no sufran pérdidas con el cambio de ocasiones.
- **Lanzamiento de productos o servicios en nuevas regiones:** La segmentación geográfica se utiliza cuando una organización desea lanzar un producto/servicio en una nueva ubicación geográfica. Para que una gran cadena de hamburguesas occidental lance un nuevo local en países subdesarrollados como Bangladesh, donde la mayoría de los ciudadanos están acostumbrados a panes como naan, roti y no a los que ofrece la cadena de hamburguesas, es crucial entender cómo establecer o moldear sus productos para adaptarse al paladar, las tradiciones y la cultura de este segmento geográfico.

- **Drones de navegación autónoma**

Los GPS en los drones se utilizan para determinar la posición del vehículo. Los UAS generalmente se basan en una posición GPS que, combinada con los datos de la unidad de medición inercial (UMI), proporciona información precisa que se puede usar para controlar la trayectoria del dron. Esto permite evitar accidentes en áreas densamente pobladas y también proporcionar información de altitud y ubicación en todo momento.

El GPS permite que el dron pueda mantener un vuelo estacionario estable, la función de Return to Home (regreso a casa) y la navegación por puntos de referencia. Los GPS permiten que los UAS que lo poseen permanezcan en el mismo sitio a pesar de situaciones con brisa moderada o, si el viento lo mueve, puede regresar a su posición original sin dificultad. La función "regreso a casa" es muy útil dado que el dron regresa autónomo a su punto de origen si se agota la batería o se queda fuera del alcance de la vista del piloto y éste no es capaz de controlarlo. La mayoría de drones incorporan un botón GPS que, al pulsarlo el piloto, hace que el dron regrese.

Por último, el GPS permite al dron volar por rutas previamente programadas (waypoint). El piloto especifica, a través del mando de control remoto, las coordenadas por las que debe volar el dron y éste seguirá la ruta establecida, así como la velocidad y la altura. Este sistema es muy útil para trabajos de grabaciones o fotografías aéreas con drones.

Google Maps

El funcionamiento de Google maps se basa en los siguientes datos

1. Recopilación de datos: Google Maps recopila datos geoespaciales de diversas fuentes, como imágenes satelitales, imágenes de Street View, datos gubernamentales y

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9		
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023	

contribuciones de usuarios. Estos datos , con ayudas de IA para reconocer elementos de la carretera como carteles, semáforos, etc. se utilizan para crear un mapa detallado y preciso de carreteras, calles, intersecciones y lugares de interés.

2. Creación de un grafo de red: Google Maps utiliza estos datos para construir un grafo de red, donde cada punto de interés, calle o carretera se representa como un nodo en el grafo. Las conexiones entre los nodos se representan como aristas ponderadas, que indican la distancia o el tiempo de viaje entre dos ubicaciones.
3. Algoritmo de enrutamiento: Para encontrar la ruta más corta entre dos puntos en el grafo de red, Google Maps utiliza algoritmos de enrutamiento, siendo el algoritmo de Dijkstra uno de los más utilizados. El algoritmo de Dijkstra encuentra la ruta más corta desde un punto de origen a todos los demás nodos en un grafo ponderado, teniendo en cuenta la distancia o el tiempo de viaje.
4. Factores adicionales: Además de la distancia, Google Maps considera varios factores adicionales para determinar la mejor ruta. Esto incluye datos de tráfico en tiempo real, que se obtienen de fuentes como teléfonos inteligentes con la función de localización GPS activada y datos anónimos de ubicación de otros usuarios de Google Maps. De esta manera Google (a través de una base de datos donde se almacenan la información de todos los usuarios) sabe a qué velocidad te mueves y por lo tanto a qué velocidad se mueve tu auto de manera que lo pueda plasmar en la aplicación. También tiene en cuenta la velocidad promedio de conducción en diferentes carreteras, restricciones de giro, presencia de peajes y otras restricciones de tráfico.
5. Optimización de rutas: Una vez que se encuentra la ruta más corta, Google Maps puede realizar optimizaciones adicionales. Por ejemplo, puede reorganizar el orden de los destinos en una ruta con múltiples paradas para minimizar la distancia total recorrida o considerar opciones de transporte público para mejorar la eficiencia del viaje.
6. Visualización y navegación: Google Maps muestra la ruta más corta en el mapa, junto con indicaciones paso a paso. Proporciona información sobre la duración estimada del viaje, el tráfico en tiempo real, la presencia de peajes y opciones alternativas de ruta. También ofrece funciones de navegación por voz para guiar al usuario durante el viaje.

Otras aplicaciones

A continuación se detalla en una lista el montón de aplicaciones, productos, servicios o conceptos en lo que está el GPS:

1. Navegadores GPS
2. Aplicaciones de mapas
3. Sistemas de rastreo de vehículos
4. Dispositivos de localización personal (como relojes o pulseras)
5. Sistemas de monitoreo de flotas
6. Drones de navegación autónoma
7. Aplicaciones de geocaching
8. Navegación en barcos y yates
9. Localización de mascotas perdidas
10. Sistemas de control de tráfico aéreo

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

11. Aplicaciones de seguimiento de rutas de senderismo
12. Sistemas de ayuda a la navegación en aviones
13. Sistemas de seguimiento de deportistas
14. Aplicaciones de control de velocidad en automóviles
15. Sistemas de seguimiento de paquetes y envíos
16. Navegación en bicicletas
17. Sistemas de posicionamiento de emergencia
18. Sistemas de navegación en excavadoras y maquinaria pesada
19. Aplicaciones de geofencing
20. Sistemas de seguimiento de animales salvajes
21. Sistemas de navegación en carros de golf
22. Aplicaciones de transporte público
23. Sistemas de navegación en vehículos todo terreno
24. Aplicaciones de delivery y mensajería (Pedidos Ya/FedEx/MELI)
25. Sistemas de navegación en vehículos de emergencia
26. Aplicaciones de citas y encuentros (Tinder)
27. Sistemas de navegación en helicópteros
28. Sistemas de seguimiento de mercancías peligrosas
29. Aplicaciones de turismo y viajes (Despegar.com/Airbnb)
30. Sistemas de seguimiento de herramientas y equipos de trabajo
31. Sistemas de navegación en aviones no tripulados (drones)
32. Aplicaciones de realidad aumentada
33. Sistemas de navegación en motocicletas
34. Sistemas de seguimiento de trabajadores remotos
35. Aplicaciones de juegos basados en la ubicación
36. Sistemas de navegación en vehículos eléctricos
37. Aplicaciones de seguimiento de eventos masivos
38. Sistemas de navegación en embarcaciones de recreo
39. Sistemas de seguimiento de estudiantes en autobuses escolares
40. Aplicaciones de ejercicio y actividad física
41. Sistemas de navegación en drones de entrega
42. Sistemas de seguimiento de rutas de recolección de basura
43. Aplicaciones de control de gastos de viaje
44. Sistemas de navegación en trenes
45. Sistemas de seguimiento de equipajes en aeropuertos
46. Aplicaciones de búsqueda de estacionamiento
47. Sistemas de navegación en vehículos autónomos
48. Sistemas de seguimiento de vehículos robados
49. Aplicaciones de redes sociales basadas en la ubicación
50. Sistemas de navegación en aviones comerciales

Empresas que brindan soluciones de geolocalización

A continuación se van a comentar las principales empresas que han hecho su negocio en torno a la geolocalización y donde en el día a día es crucial.

En el mundo de la aplicaciones:

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

- Uber: La popular aplicación de transporte de pasajeros utiliza la geolocalización para conectar a conductores y usuarios en tiempo real.
- Google Maps: La aplicación de mapas de Google utiliza la geolocalización para ofrecer información precisa sobre la ubicación del usuario y las direcciones a su destino.
- Airbnb: La plataforma de alquiler de alojamientos utiliza la geolocalización para mostrar opciones de hospedaje cercanas al lugar donde se encuentra el usuario.
- Waze: La aplicación de navegación GPS utiliza la geolocalización para ofrecer rutas y alertas en tiempo real sobre el tráfico y las condiciones de la carretera.
- Foursquare: La plataforma de recomendaciones utiliza la geolocalización para identificar los lugares cercanos al usuario y ofrecer sugerencias personalizadas de restaurantes, bares y otros establecimientos.
- Instagram: La popular red social utiliza la geolocalización para etiquetar la ubicación de las fotos y permitir a los usuarios descubrir nuevas imágenes de lugares cercanos.
- Grubhub: La plataforma de entrega de comida utiliza la geolocalización para conectar a los usuarios con restaurantes cercanos y llevar la comida directamente a su puerta.
- Zillow: El sitio web de bienes raíces utiliza la geolocalización para mostrar información precisa sobre las propiedades en venta o alquiler cercanas al usuario.
- Tinder: La popular aplicación de citas utiliza la geolocalización para conectar a usuarios cercanos entre sí y ofrecer sugerencias personalizadas de perfiles de citas.

Gigantes que dependen de ella en el día a día:

- FedEx: La compañía de envíos utiliza la geolocalización para rastrear la ubicación de los paquetes en tiempo real y ofrecer opciones de entrega precisas basadas en la ubicación del destinatario.
- DHL: La empresa de logística utiliza la geolocalización para monitorear la ubicación de los vehículos y optimizar las rutas de entrega para reducir los tiempos de tránsito.
- UPS: La compañía de envíos utiliza la geolocalización para rastrear la ubicación de los paquetes y ofrecer opciones de entrega precisas basadas en la ubicación del destinatario.
- Coca-Cola: La famosa marca de refrescos utiliza la geolocalización para optimizar la distribución de sus productos en todo el mundo y garantizar la entrega oportuna en los puntos de venta.
- Walmart: La cadena de tiendas minoristas utiliza la geolocalización para optimizar la gestión de inventarios en sus tiendas y garantizar que los productos estén disponibles en las ubicaciones adecuadas en todo momento.
- Uber Eats: La plataforma de entrega de comida utiliza la geolocalización para conectar a los usuarios con restaurantes cercanos y llevar la comida directamente a su puerta, utilizando una flota de repartidores que se mueven en función de la geolocalización.
- Google: La empresa de tecnología utiliza la geolocalización para personalizar la búsqueda y ofrecer información relevante para los usuarios basada en su ubicación geográfica.
- Ford: El fabricante de automóviles utiliza la geolocalización para ofrecer opciones de navegación GPS y alertas de tráfico en tiempo real en sus vehículos.
- Tesla: El fabricante de automóviles utiliza la geolocalización para ofrecer opciones de navegación GPS y optimizar la carga de baterías de sus vehículos eléctricos en sus estaciones de carga.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

- Amazon: La empresa de comercio electrónico utiliza la geolocalización para optimizar la entrega de sus productos a través de Amazon Prime, ofreciendo opciones de envío rápidas y precisas basadas en la ubicación del usuario.

Y en el caso de una de las empresas más grandes del mundo como lo es Apple, el impacto que tiene en su funcionamiento es crucial, como en la aplicación de mapas de Apple utiliza la geolocalización para proporcionar direcciones precisas, información de tráfico en tiempo real y recomendaciones de lugares cercanos, luego en buscar mi iPhone en donde esta aplicación utiliza la geolocalización para encontrar la ubicación exacta de un iPhone perdido o robado, además en Siri el asistente virtual de Apple que utiliza la geolocalización para proporcionar respuestas más precisas y personalizadas a las preguntas basadas en la ubicación del usuario, también a través de Apple Pay en donde el servicio de pagos móviles de Apple utiliza la geolocalización para verificar la ubicación del usuario y evitar fraudes.

Otro ejemplo es “Moko Smart” es una empresa china que se dedica a la fabricación y venta de productos electrónicos de consumo, incluyendo dispositivos de geolocalización y rastreo por Bluetooth.

Entre sus productos, destacan los dispositivos de rastreo Bluetooth, que se utilizan para localizar objetos, como llaves, billeteras, mochilas, mascotas, entre otros, a través de una conexión Bluetooth con un teléfono móvil. Estos dispositivos funcionan con una batería de larga duración y suelen ser pequeños y portátiles.

Además, Moko Smart también fabrica y vende otros productos de geolocalización, como relojes inteligentes y dispositivos de seguimiento GPS para vehículos y mascotas.

Marco económico

Desde el año 1984 el GPS ha generado más de 1.4 Billones de dólares en beneficios para 10 sectores solo en los Estados Unidos, como agricultura, electricidad, finanzas, servicios basados en la ubicación, minería, marítimo, petróleo y gas, topografía, telecomunicaciones y telemática. Según cálculos del año 2019.

La tecnología de navegación de bajo costo, los smartphones y las redes inalámbricas rápidas impulsan más del 90% de los beneficios estimados.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

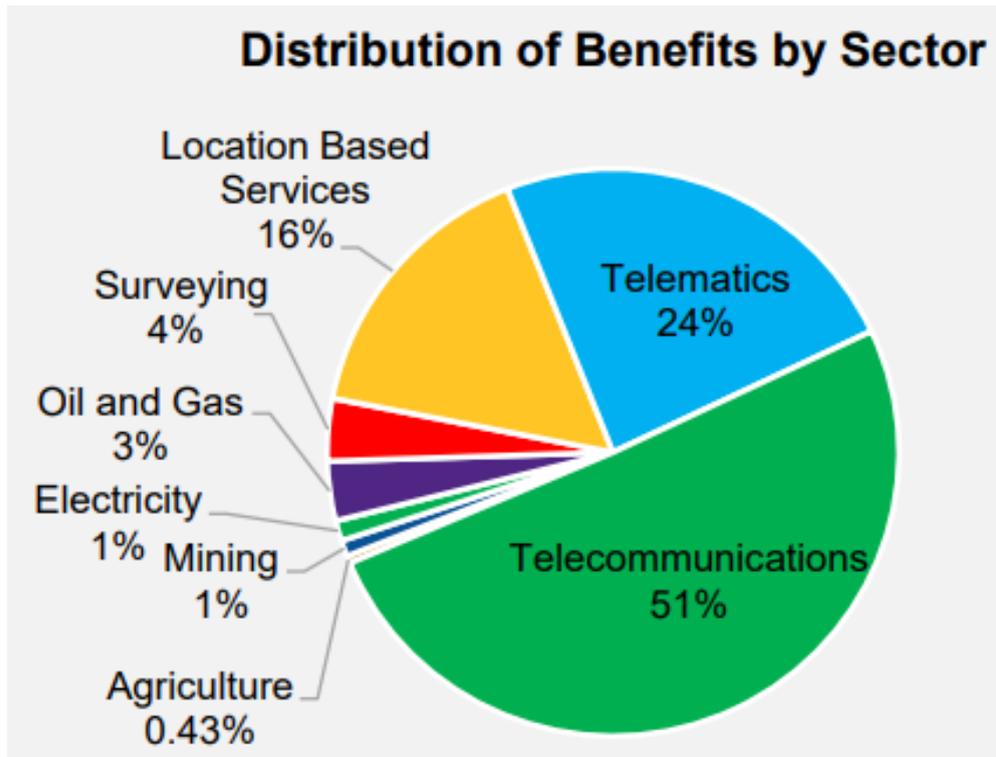


Figura 20 - Gráfico de beneficios económicos del GPS

Telecomunicaciones

Impulsores de la adopción de GPS en las telecomunicaciones

- Digitalización de las redes de conmutación
- Fragmentación de la industria
- Crecimiento de la demanda de servicios de datos inalámbricos de alta velocidad

Beneficios:

- Permitió el aumento de la complejidad y el rendimiento
- Incrementó la competencia y la interoperabilidad
- Datos inalámbricos de alta velocidad.

El GPS fue un habilitador clave de las redes inalámbricas 4G LTE, lo que permitió más de \$650 mil millones de valor económico para los suscriptores inalámbricos.

Telemática

Hay 9,4 millones de vehículos comerciales en los Estados Unidos que utilizan un servicio de telemática.

- Entrega de paquetes y carga
- Servicios públicos
- Técnicos de campo de telecomunicaciones
- Servicios a domicilio

Beneficios:

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9		
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023	

- Optimizar la navegación;
- Gestionar la asignación de manera eficiente
- Monitorear el comportamiento del conductor

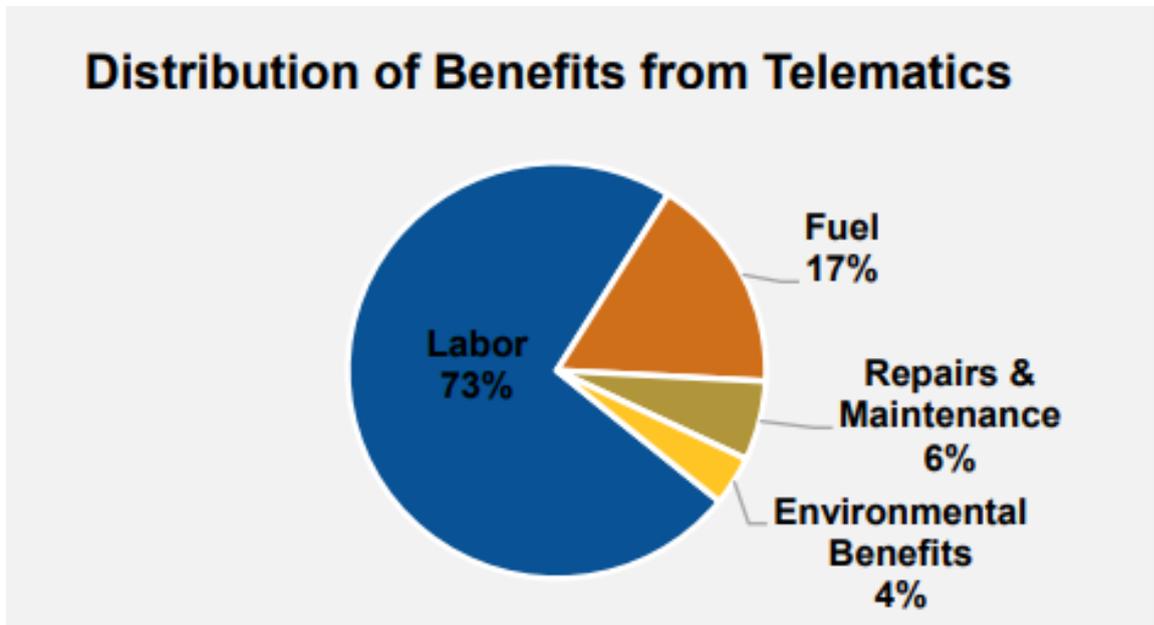


Figura 21 - Distribución de los beneficios de la telemática

En 2017, el sector de telemática permitió más de \$50 mil millones de U\$S de beneficios económicos y redujo las emisiones de CO2 en casi 11 millones de toneladas métricas.

Servicios basados en la localización

Más de 225 millones de personas en los Estados Unidos utilizan servicios basados en la ubicación (2017)

- El 77% de la población de EE. UU. tiene smartphones
- El 90% de los usuarios de smartphones usan LBS

Beneficios monetizados

- Disposición a pagar por LBS (encuestados 1000 usuarios)
- Impactos en la salud evitados (modelo COBRA)

Beneficios no monetizados

- Uso de LBS en dispositivos distintos a los smartphones
- Accidentes evitados
- Beneficios para la salud de servicios de emergencia mejorados

El impacto económico del uso de servicios basados en la localización en los Estados Unidos en el año 2017 se estima que fue de \$41 mil millones de dólares, y de ese total, el 13% se asoció con la mejora de la salud pública debido a la reducción de emisiones de vehículos.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

Agricultura de precisión

Desde 1998, la adopción de GPS en la agricultura ha generado más de \$5.8 mil millones en beneficios económicos.

- Las tecnologías de agricultura de precisión aprovechan el GPS con aumentos para lograr precisión de hasta 5 cm.
- La adopción varía ampliamente según el cultivo.
- Este estudio monetiza los beneficios de eficiencia, pero la agricultura de precisión también puede resultar en beneficios para la salud (menor estrés laboral para los agricultores) y beneficios ambientales (menor uso de agroquímicos).

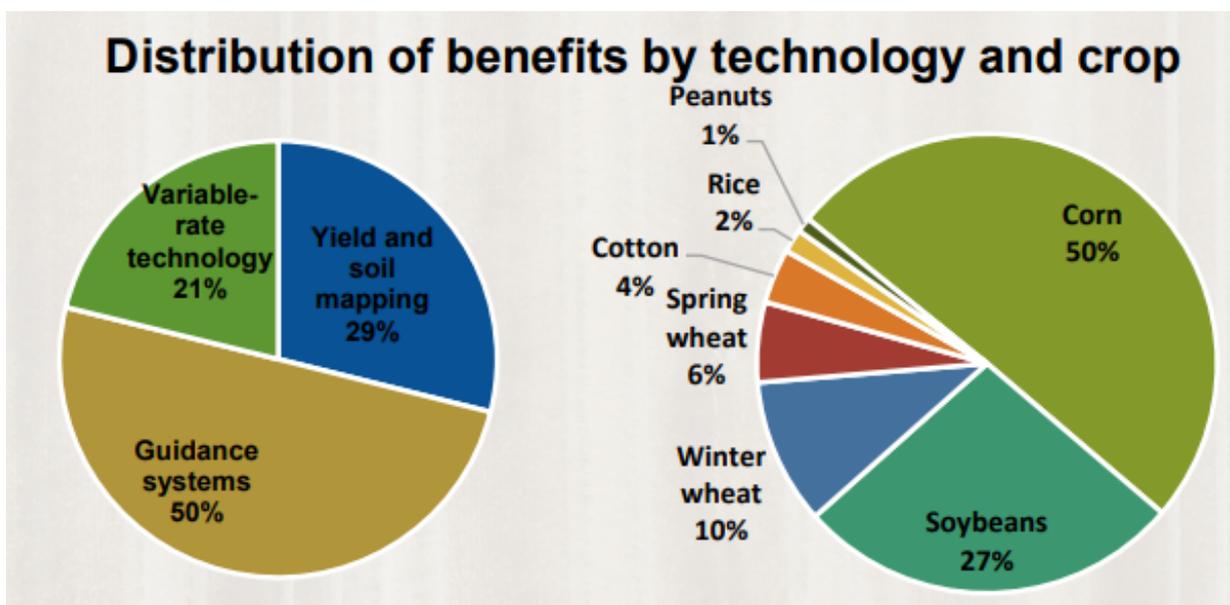


Figura 22 - Distribución de los beneficios por tecnología y por cultivo en la agricultura de precisión

Interrupción del GPS

Una interrupción generalizada de 30 días podría erosionar más de 1.000 millones de U\$S en valor económico por día. Una interrupción generalizada de GPS resultaría en 30.300 millones de U\$S en daños económicos durante 30 días, en las siguientes áreas como cabecera:

- Durante la temporada de siembra, los daños económicos en el sector agrícola podrían aumentar las pérdidas de 30 días a \$15 mil millones debido a menores rendimientos.
- Una interrupción en el sector marítimo podría inicialmente paralizar algunos puertos.
- Los servicios de telecomunicaciones por línea no se verían afectados en gran medida, pero las redes inalámbricas se degradarían lentamente en su rendimiento durante el transcurso de la interrupción.
- La pérdida de la navegación y telemática basada en GPS resultaría en pérdida de eficiencia y mayor consumo de combustible en flotas comerciales.

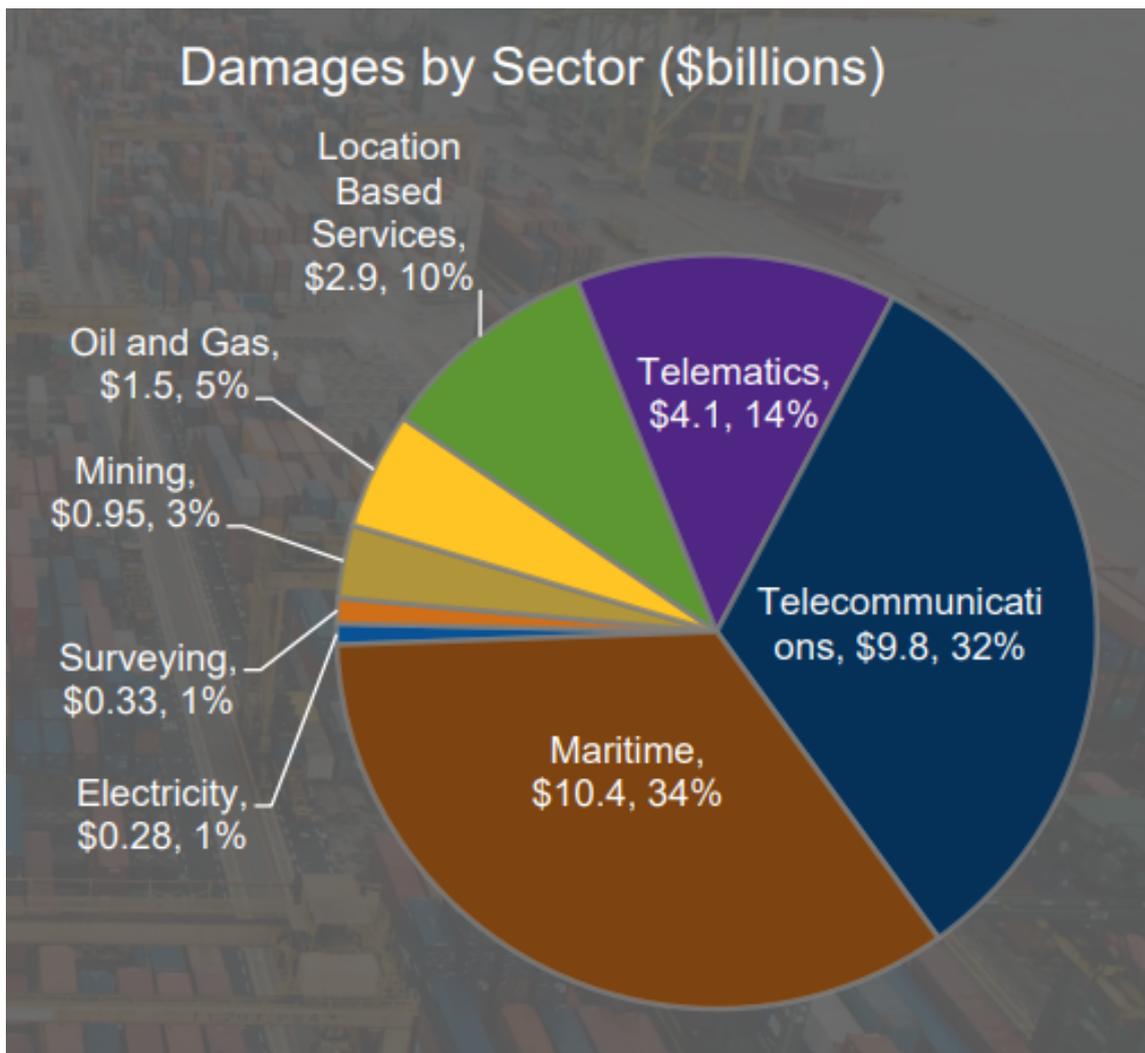


Figura 23 - Daños por sector expresados en miles de millones de U\$S

Glosario

- **TASS:** Era la agencia de noticias oficial de la Unión Soviética. Fue fundada en 1925 y su función principal era proporcionar noticias y análisis de eventos en la Unión Soviética y en el extranjero, desde una perspectiva soviética.
- **Laboratorio APL:** El Laboratorio de Investigación Aplicada (APL, por sus siglas en inglés) es un centro de investigación y desarrollo ubicado en Laurel, Maryland, Estados Unidos.
- **Telemática:** Ingeniería Telemática, o simplemente Telemática, es un campo de la ciencia que engloba los conocimientos de la informática y de la tecnología de la comunicación para el desarrollo de diseños, procesos y técnicas de servicios o aplicaciones que permiten transmitir datos.
- **UAS:** significa «Unmanned Aircraft System» y es un término más genérico que se refiere a cualquier sistema de aeronaves no tripuladas, incluidos RPAS y UAV.

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9	
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023

Bibliografía

Monolitic. (s.f.). Tecnologías de geolocalización de altas prestaciones para entornos urbanos. Recuperado de:

<https://www.monolitic.com/tecnologias-de-geolocalizacion-de-altas-prestaciones-para-entornos-urbanos/#:~:text=Un%20sistema%20de%20geolocalizaci%C3%B3n%20es,ubicaci%C3%B3n%20mientras%20mantiene%20su%20privacidad>

Atisoft. (11 de Marzo de 2020). Tecnologías de geolocalización. Recuperado de: <https://atisoft.com.mx/location-of-things/tecnologias-de-geolocalizacion/>

Lesics Española. (28 de Noviembre de 2019). GPS, ¿Cómo funciona?. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=BOoY4rDRf0s>

Doménech, F. (6 de Octubre de 2020). Así nació el GPS, un inesperado hijo de la carrera espacial. Open Mind BBVA. Recuperado de: <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/visionarios/asi-nacio-gps-inesperado-hijo-la-carerra-espacial/>

Información fiable de la tecnología GPS extraída de la página oficial del gobierno de los Estados Unidos GPS.

(<https://www.gps.gov/spanish.php>)

Instituto Central de Investigación de Ingeniería Mecánica. (s.f.). Sobre el sistema Glonass. https://glonass-iac.ru/spa/about_glonass/

Polo, J. (13 de Agosto de 2020). ASÍ ES BEIDOU, EL GPS DE CHINA. Recuperado de: <https://www.whatsnews.com/2020/08/13/asi-es-beidou-el-gps-de-china/>

Institución Nacional de técnica aeroespacial. (s.f.). Ministerio de Defensa. Servicio PRS de Galileo. <https://www.inta.es/CPA/es/prs/#>

Accent Systems. (s.f.). Conocer la posición de un activo a través de las WiFi. Recuperado de: <https://accent-systems.com/es/know-the-position-of-your-assets-through-wifi/>

Trafaniuc, V. (11 de Enero de 2022). API de Geolocalización: 4 ejemplos prácticos y 7 beneficios. Recuperado de: <https://maplink.global/blog/es/api-de-geolocalizacion/>

Tema: Tecnologías de geolocalización					Trabajo Práctico Grupal 9		
Versión	01	Fecha	10/5/23	Industrias y Servicios II	Facultad de Ingeniería - UNCuyo	Ciclo 2023	

La información de la tecnología Bluetooth se extrajo de Bluetooth SIG.
(<https://www.bluetooth.com/>)

Cordón Vera, F. (13 de Febrero de 2021). Triangulación. Recuperado de:
(<https://www.atispain.com/blog/triangulacion/>)

BBC mundo. (9 de Abril de 2018). Qué son y cómo funcionan los Stingrays, los misteriosos aparatos espía para rastrear teléfonos móviles. Recuperado de:
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-43668727>

Aplicación de rastreo aéreo obtenida de Flightradar24.
(<https://www.flightradar24.com/10.54,-15.65/2>)

Rodríguez Nolasco, G. (6 de Junio de 2019). Geomarketing ¿Qué es? y ¿Cómo utilizarlo en tu negocio?. Recuperado de: <https://blog.hootsuite.com/es/geomarketing-que-es/>

Purkiss, J., Serle, J. (17 de Enero de 2017). Obama's covert drone war in numbers: ten times more strikes than Bush. Recuperado de:
<https://www.thebureauinvestigates.com/stories/2017-01-17/obamas-covert-drone-war-in-numbers-ten-times-more-strikes-than-bush>

Gallaher, M, P. (20 de Noviembre de 2019). Economic Benefits of the Global Positioning System (GPS). Recuperado de:
<https://www.gps.gov/governance/advisory/meetings/2019-11/gallaher.pdf>

Aerocamaras especialistas en drones. (23 de Octubre de 2021). Para qué sirven los GPS en los drones y en qué situaciones se utilizan. Recuperado de:
<https://cursodrones.es/para-que-sirven-los-gps-en-los-drones-y-en-que-situaciones-se-utilizan/>

Ground, H. & Conover, A. (Directores). (2022). La palabra con G según Adam Conover. Netflix, INC.

De Gran Bretaña. (2022). Historia: Nivel 1. Netflix, INC.