



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Prof. Patrocinante:**

Nombre Profesor, Grado académico.

# **Posicionamiento indoor mediante seguimiento de interfaces de red de equipos móviles.**

**Aldo Nicolás Mellado Opazo**

Informe de Memoria de Título para optar al Título de  
Ingeniero Civil en Telecomunicaciones

Concepción, Chile.

29 de mayo de 2018

# Resumen

La historia nos dice que conforme evolucionan la especie lo hacen sus necesidades. En un comienzo el humano nómada necesitaba alimento y cobijo y debido a esto, se adaptó a sus necesidades, años mas tarde con la agricultura y la domesticación precindió de moverse de un lugar a otro para las necesidades básicas e hizo que el entorno se adaptara a sus requerimientos, sin embargo, al evolucionar el colectivo y por tanto, las estructuras políticas y sociales el ser humano tuvo que movilizarse, viajar, recorrer nuevos terrenos y para ello requirió de herramientas; mapas, cartas de navegación y más tarde, radares.

En la actualidad, para satisfacer nuevas y complejas necesidades hemos creado sofisticadas y novedosas herramientas para guiarnos, las cuales nos permiten, entre otras cosas llegar de una ciudad a otra, encontrar un local de comida al otro lado de la ciudad y ahorrarnos el tráfico movilizandonos por la ruta más óptima, una que nos ahorre el tráfico o tediosos pagos de peaje. Todo esto y más ha sido resuelto con la implementación de algoritmos en aplicaciones móviles que nos permiten hacer todo lo anteriormente mencionado.

Los algoritmos usados en espacios exteriores se valen del Global Positioning System ([GPS](#)), sin embargo, este sistema resulta, dada la precisión de sus mediciones poco eficiente a la hora de determinar la posición en un espacio interior, esto pues la señal del satélite no es capaz de atravesar los muros y otras superficies, y es por este motivo que, luego de hacer un estudio respectivo, se implementará un tipo de Sistema de posicionamiento Indoor ([IPS](#)) que permita determinar la ubicación de un objetivo al interior de un espacio indoor.

# Índice General

Resumen	I
Índice de Figuras	IV
Índice de Tablas	V
Índice de Acrónimos	VI
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes Históricos . . . . .	1
1.2. Definición del Problema . . . . .	2
1.3. Estado del Arte . . . . .	3
1.4. Hipótesis de Trabajo . . . . .	3
1.5. Objetivos . . . . .	3
1.5.1. Objetivo General . . . . .	3
1.5.2. Objetivos Específicos . . . . .	3
1.6. Alcances y Limitaciones . . . . .	3
1.7. Temario y Metodología . . . . .	3
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>4</b>
<b>3. Nombre del Capítulo</b>	<b>5</b>
3.1. Introducción . . . . .	5
3.2. Otros comentarios... . . . .	5

<b>4. Resultados y Análisis</b>	<b>6</b>
4.1. Introducción . . . . .	6
4.2. Aplicación sobre datos simulados . . . . .	6
4.3. Aplicación sobre datos reales . . . . .	6
4.4. Contrastación de resultados . . . . .	6
<b>5. Conclusiones</b>	<b>7</b>
5.1. Sumario . . . . .	7
5.2. Conclusiones . . . . .	7
5.3. Trabajo Futuro . . . . .	7
5.4. Publicación . . . . .	8

# Índice de Figuras

# Índice de Tablas

# Lista de Acrónimos

**GPS** Global Positioning System

**WiFi** Wireless Fidelity

**AP** Access Point

**IPS** Sistema de posicionamiento Indoor

**AoA** Angle of Arrival

**TOA** Time of Arrival

**MAC** Media Access Control

**CAM** Control de Acceso al Medio

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Antecedentes Históricos

En la década de los 60's el Departamento de Defensa de los Estados Unidos desarrolló el primer prototipo de un sistema de geolocalización basado en el cálculo de la diferencia de fases de la señales emitidas desde un satélite a estaciones terrestres, lo que les permitía determinar su posición. Años más tarde, en la década de los 70's los programas de la armada y de la Fuerza Aérea desarrollaron un sistema mejorado que les permitía determinar posiciones en el planeta mediante el uso de 24 satélites dispuestos a 20.200 km.

Mediante el uso de un método matemático llamado Trilateración, son capaces de usar los satélites y la cobertura estos hacen sobre la superficie de la tierra, para comparar la posición del dispositivo, con otras 3 unidades fijas de distancia. Las mediciones y la cobertura de este sistema se hace más exacta conforme se cubren más áreas, de ahí la necesidad de 24 satélites.

Sin embargo, dicho método no aplica para espacios interiores (indoor) y es allí donde aparecen prototipos de GPS para indoors, también llamados Sistemas de Posicionamiento Indoor ([IPS](#)) en los que implementaciones como las hechas por Google que, tras añadir a su aplicación Google Maps planos de pisos en centros comerciales, aeropuertos y otras grandes áreas comerciales, permiten al usuario moverse estando en conocimiento de accesos, salidas de emergencia



y ubicaciones de tiendas.

## 1.2. Definición del Problema

Para personas con algún tipo de discapacidad es de por sí muy tedioso y difícil hallar un lugar en el estacionamiento, encontrar un acceso habilitado para sillas de ruedas, ascensores y baños, especialmente si se trata de algún usuario que se halla de paso en la ciudad.

Además de lo anterior, es sabido que para las tiendas de retail es importante poder concentrar de mejor manera sus esfuerzos para captar clientes y comprender el comportamiento basado en el interés que estos muestran por determinados productos y la forma en que la disposición de estos influye en sus hábitos de compra.

Todo esto se puede lograr diseñando un sistema de posicionamiento indoor que entregue una ubicación exacta al usuario, ya sea para encontrar accesos y facilitar la navegación de este al interior de un centro comercial, de un hospital o para guiar un robot, para hallar un vehículo en un estacionamiento subterráneo o para entregar informes sobre comportamientos de clientes en una tienda en particular.

La utilidad y aplicabilidad de este sistema, tal como lo menciona un informe sobre la inversión realizada en tecnologías de posicionamiento indoor<sup>1</sup>, es incuestionable y es por ello que urge una implementación que de respuesta a esta oportunidad.

---

<sup>1</sup><https://www.prnewswire.com/news-releases/indoor-positioning-and-navigation-system-market-to-provide-over-usd-25-billion-revenue-post-2016-300362071.html>

### **1.3. Estado del Arte**

### **1.4. Hipótesis de Trabajo**

### **1.5. Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivo General**

#### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Objetivo 1
- Objetivo 2
- Objevivo 3..

### **1.6. Alcances y Limitaciones**

Aquí se indican los aportes mayores realizados por este trabajo y se indican claramente las limitaciones asumidas.

En general las limitaciones se dejan planteadas a resolver en el trabajo futuro.

### **1.7. Temario y Metodología**

Se hace una pequeña descripción del contenido de cada capítulo.

# Capítulo 2

## Marco Teórico

En lingüística existe un esquema de comunicación, llamado "*Esquema de Comunicación de Jakobson*" en el que se enuncian los elementos que forman parte de un proceso de comunicación y que lo conforman; el emisor, el receptor, el código, el mensaje y el canal, los cuales son todos elementos presentes en un proceso de comunicación como el que existen hoy en día, donde hablamos desde actos comunicativos más tradicionales como una nota, una conversación, hasta otros más recientemente instalados en nuestro día a día como lo son el enviar un email, un mensaje de texto, un mensaje por Facebook o Whatsapp. Para que esto sea posible, además de existir un emisor, un receptor y un mensaje, debe existir un canal, y en comunicaciones existen dos categorías que agrupan los tipos de medios, estos pueden ser guiados o no guiados.

Los medios guiados corresponden a medios de transmisión tales como el cable de par trenzado, cable coaxial o fibra óptica. Mientras en que los medios no guiados son aquellos que utilizan la energía electromagnética que viaja en forma de ondas en un amplio espectro de longitudes de onda, para hacer uso de ella en tecnologías inalámbricas de transmisión de datos en las que se puede encontrar al Wireless Fidelity ([WiFi](#)).

La tecnología [WiFi](#) permite la interconexión no cableada de dispositivos electrónicos, permitiendo que estos puedan conectarse a internet a través de un Punto de acceso o Access Point ([AP](#)).

# Capítulo 3

## Nombre del Capítulo

### 3.1. Introducción

Es importante que cada capítulo tenga una pequeña introducción. Esto justifica plenamente el tener dicho capítulo en el informe.

### 3.2. Otros comentarios...

El capítulo 3 en general presenta la idea, la justificación teórica y el desarrollo de la hipótesis que se planteó.

Resulta ser el capítulo más importante en sí, ya que buscará la solución al problema planteado.

# Capítulo 4

## Resultados y Análisis

### 4.1. Introducción

En el presente capítulo, se muestran los resultados de la aplicación del método diseñado sobre experimentos con datos simulados o reales.

### 4.2. Aplicación sobre datos simulados

ESTO ES SOLO UN EJEMPLO

### 4.3. Aplicación sobre datos reales

ESTO ES SOLO UN EJEMPLO

### 4.4. Contrastación de resultados

ESTO ES MUY IMPORTANTE, pues incluye la comparativa entre las alternativas dadas en el capítulo 2 y lo que uno logró en el capítulo 3... Si no comparamos nuestra solución con las otras alternativas, no podríamos sacar ninguna conclusión importante.

# Capítulo 5

## Conclusiones

### 5.1. Sumario

Es bueno destacar los puntos más importantes en el desarrollo del trabajo, y eso se realiza acá, comentando los resultados importantes que dan pie a las conclusiones.

### 5.2. Conclusiones

Está demás decir qué va acá.

### 5.3. Trabajo Futuro

Se listan las posibles líneas de investigación que se deducen directamente de la presente obra.

1. Una idea
2. Otra idea

Se quiere que al menos existan unas 3 a 5 ideas en las que se pueda seguir investigando.

## 5.4. Publicación

A veces, los trabajos dan pie a una publicación en conferencia o revista. Es importante mencionarlo en esta sección.