

# SeAmp®E

## MANUAL Y CONTENIDO DEL SOFTWARE



**Software Educativo para Análisis de Modelos de Propagación  
en Exteriores y las Comunicaciones Inalámbricas**

# **MANUAL Y CONTENIDO DEL SOFTWARE**

2023

## Contenido

<b>RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
<b>OBJETIVO PRINCIPAL DEL SOFTWARE .....</b>	<b>5</b>
<b>REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA E INSTALACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>CONTENIDO DE LA PAGINA DE INICIO.....</b>	<b>7</b>
<b>MODULO CONTENIDO .....</b>	<b>8</b>
<b>UNIDAD 1 MODELOS DE PROPAGACIÓN .....</b>	<b>8</b>
Modelo de Propagación Outdoor - Exteriores .....	11
Modelos para Sistemas Con Y Sin Línea de Vista .....	27
<b>UNIDAD 2 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS .....</b>	<b>32</b>
Comunicaicones Inalámbricas PMR, WIFI, WIMAX, LDSM.....	34
Sistemas TETRA, DECT y Radio Mensajería .....	35
Sistemas TRUNKING .....	37
<b>UNIDAD 3 TELEFONÍA MÓVIL TERRESTRE .....</b>	<b>39</b>
Sistemas GSM, GPRS, PCS .....	40
Sistemas Móviles 4G-LTE, 5G e IOT .....	42
<b>UNIDAD 4 INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES.....</b>	<b>43</b>
Satélites Orbitales y GeoSíncronos: GEO, MEO, LEO .....	45
Parámetros y Ecuaciones de un Sistema Satelital.....	47
<b>MODULO CALCULAR .....</b>	<b>52</b>
<b>MODULO GUÍA LABORATORIO.....</b>	<b>54</b>
<b>MODULO EVALUACIÓN .....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>56</b>

## RESUMEN

El software educativo **SEAMPE** está compuesto por cinco módulos (**INICIO, CONTENIDO, CALCULAR, GUÍA DE LABORATORIO Y EVALUACIÓN**).

De esta manera el módulo **INICIO**, comprende el documento guía o manual del usuario en el software educativo.

En cuanto al módulo **CONTENIDO**, está dividido en cuatro Unidades de las temáticas principales de la siguiente forma:

- **UNIDAD 1: *MODELOS DE PROPAGACIÓN***
- **UNIDAD 2: *COMUNICACIONES INALAMBRICAS***
- **UNIDAD 3: *TELEFONIA MOVIL TERRESTRE***
- **UNIDAD 4: *INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES***

Para el módulo **CALCULAR**, se trata de una calculadora para los seis modelos de propagación de exteriores, seleccionados para este software educativo, como lo son:

- **MODELO 1: *Walfish - Ikegami***
- **MODELO 2: *The COST 231 – Hata***
- **MODELO 3: *ITU – Recomendación P. 1546-5***
- **MODELO 4: *Erceg C o SUI***
- **MODELO 5: *Okumura - Hata***
- **MODELO 6: *3D – UMI LOS y 3D – UMI NLOS***

El módulo **GUIA DE LABORATORIO**, está compuesto por una de aplicación práctica, basada en las unidades del módulo **CONTENIDO**.

Y como último el módulo **EVALUACIÓN**, que comprende una serie de preguntas relacionadas con el contenido del software, permite al usuario evaluar su autoaprendizaje.

## **OBJETIVO PRINCIPAL DEL SOFTWARE**

El objetivo fundamental de este software, es conocer las características primordiales de los parámetros que afectan los enlaces de un sistema de comunicaciones móviles, para ello se realiza la simulación analítica utilizando los modelos de propagación en exteriores más representativos que facilitan el proceso de cálculo de los enlaces para predecir los niveles de potencia.

Se pretende potenciar la capacidad para desarrollar y llevar a cabo: laboratorios y simulaciones adecuadas, con el fin de analizar, procesar e interpretar datos utilizando conceptos de la ingeniería en Telecomunicaciones de esta manera lograr y obtener conclusiones basadas en características científicas

## REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA E INSTALACIÓN

Considere los siguientes requerimientos básicos de la computadora antes de ser instalado el software educativo **SeAmpE**.

<b>CPU</b>	
<b>RAM</b>	
<b>SISTEMA OPERATIVO</b>	Windows,,,,,

Cumpliendo con los requerimientos anteriormente mencionados, se da proceso a la correcta instalación del programa.

Para ello siga los pasos:

1. Descargue en el computador el archivo.
2. Guárdelo en la carpeta de preferencia.
3. Descomprima el archivo o extraiga aquí.
4. Para ingresar al software educativo, de click derecho en el archivo index abrir.

## CONTENIDO DE LA PAGINA DE INICIO

Una vez abierto el software se observa la pantalla de inicio de este.

Imagen de la pantalla inicial del software

Esta por defecto queda abierta en el **Modulo INICIO**, este le permite ver un video tutorial para ello dar click en reproducir puede agrandar la pantalla subir y bajar el volumen también detener o pausar el video en el momento que desee.

Imagen reproduciendo señalando el volumen agrandando o pausando el video.

En este módulo INICIO puede encontrar este Manual del Software, para leerlo dar click sobre el link, este se abre en una nueva pestaña podrá leerlo o descargarlo.

Imagen del pdf abierto en otra pestaña señalar descargar

Si se quiere tener la pantalla completa se da click en la 1 y este se menú se desplaza a la izquierda, en la parte superior derecha podrá observar en que modulo del software se encuentra (2)

Imagen señalando 1 y 2

También puede encontrar en esta pantalla de principal los módulos que comprende el software educativo: **CONTENIDO 1, CALCULAR 2, GUÍA DE LABORATORIO 3, EVALUACIÓN 4**, para ingresar en ellas se da click sobre cada una de estas.

Imagen señalando 1,2,3 y 4.

## MODULO CONTENIDO

Para el ingreso a este módulo se da click en sobre el (1), se despliega la lista de las 4 unidades que componen este módulo.

Imagen del módulo contenido abierta

A continuación, se describe unidad por unidad del módulo contenido.

## UNIDAD 1 MODELOS DE PROPAGACIÓN

Esta unidad está compuesta por 3 temas.

Imagen señalando los tres temas de la unidad 1

Para ingresar al tema 1 de esta unidad se da click en la fecha al final de este dónde se despliega el contenido de este tema.

De este modo para tema: **Concepto de Modelos De Propagación**, se encuentra con un video explicativo de este concepto puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este.

Imagen del contenido del tema 1 de la unidad 1

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

### ¿Qué es un modelo?

Un modelo es una representación simplificada de la realidad, por medio de un conjunto de restricciones e hipótesis.

### ¿Qué es un modelo de propagación?

Un modelo de propagación es un conjunto de expresiones matemáticas, diagramas y algoritmos usados para representar las características de radio de un ambiente dado.

Los modelos de propagación permiten predecir el comportamiento de las señales electromagnéticas en un ambiente determinado, lo cual es indispensable en sistemas de radiofrecuencia y en general cualquier tipo de sistema de comunicación inalámbrico.

Los modelos de propagación predicen la pérdida por trayectoria que una señal de RF pueda tener entre una estación base y un receptor sea móvil o fijo. La ventaja de modelar radiocanales teniendo en cuenta las características de la trayectoria entre Transmisor(Tx) y Receptor (Rx), es conocer la



viabilidad de los proyectos que se deseen planear en determinados sectores, de esta manera se podrá hacer una estimación acerca de la necesidad, costos y capacidad de los equipos requeridos.

Los modelos de propagación son fundamentales en las redes móviles, ya que a través de ellos se puede predecir la potencia analizando las variables y parámetros que son útiles al momento de recibir la señal en un punto determinado por cierta distancia, con lo cual se determinara la ubicación requerida de los equipos y elementos de los sistemas de radio comunicaciones como: infraestructura, equipos de radio, antenas, repetidores entre otros. Estos modelos contienen características importantes de acuerdo a las condiciones topográficas del sitio de estudio, siendo útiles para los diseños correspondientes, por lo cual estos saberes son importantes en la formación académica y profesional de un estudiante de ingeniería en telecomunicaciones.

Este tema también trae una **clasificación de los modelos de propagación** según su diseño o según su ambiente en forma de mapa conceptual, para ver la información de este dar click sobre el modelo que quiere observar.

Imagen señalando los modelos según su diseño o según su ambiente

Para los **Modelos Empíricos** se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra texto, audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea), y una tabla

Imagen (#) pantalla de los modelos empíricos

Contenido audio (1):

Estos modelos, son principales utilizados para estimar la perdida por trayectoria. Aunque también, es posible predecir otros fenómenos como, por ejemplo: Multitrayectoria y Desvanecimiento.

La principal ventaja de este tipo de modelos es que, se tienen en cuenta de forma implícita las influencias propias del entorno en su conjunto, sin ser reconocidas de manera aislada.

Contenido audio (2):

Su precisión depende no sólo de la precisión de las medidas, si no de la similitud entre el entorno donde fueron llevadas a cabo las medidas y el entorno analizar.

También, se relaciona con la cantidad de muestras obtenidas y por su puesto la consideración de los errores que se puedan ocasionar en el procesamiento de la información.

Para los **Modelos Semi empíricos** se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra texto y una tabla.

Imagen (#) pantalla de los modelos empíricos

Para el modelo Determinístico, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra texto audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea), y una tabla.

Contenido audio:

Estos modelos, no se utilizan en el diseño de sistemas de comunicación ya que su fundamento son las leyes físicas y se realizan los análisis matemáticos para referenciar el fenómeno y comportamiento particular de las ondas.

Cuando se desea representar un sistema de radiocomunicaciones, este tipo de modelo carece de incertidumbre para considerar las posibles variables del entorno y por ende los cambios de estado del sistema se pueden predecir con seguridad, es decir se obtiene su solución óptima.

Para el **Modelo Estadístico**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra texto audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea), y una tabla.

#### Imagen (#) pantalla de los modelos Estadísticos

##### Contenido audio:

La precisión depende de la cantidad considerable de muestras que se recolectan del ambiente de propagación a estudiar, a mayor cantidad de datos mayor es la precisión del modelo, en el caso del comportamiento de la energía o potencia en el espectro radioeléctrico se estudian:

Las funciones de distribución de probabilidad, las variables aleatorias log-normales, las correlaciones matemáticas y los métodos estadísticos; por clasificación, por asociación y por segmentación.

Para los **modelos según su ambiente**, se encuentra estos en forma de mapa conceptual, para ver la información de este dar click sobre el modelo que quiere observar.

Para los **Modelos Indoor – Interiores**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra texto, audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea), y una tabla

#### Imagen (#) pantalla de los modelos Indoor

##### Contenido audio (1):

Se debe tener claro que, en la propagación dentro de construcciones, se es necesario considerar muchos factores y fenómenos que la afecta, como lo son: La reflexión, dispersión y difracción; pero bajo condiciones mucho más variables que las que se acostumbran considerar para otros modelos. Ya que, en entornos cerrados, los niveles de señal fluctúan en mayor medida que en los entornos abiertos. Esta diferencia se explica en el hecho de que, en una localización específica, el campo eléctrico, se forma por un número mucho mayor de componentes indirectos que en el caso de un entorno abierto.

##### Contenido audio (2):

En cuanto a las características. Los modelos de propagación en interiores, difieren de los modelos de propagación tradicionales en dos aspectos:

El primero, es que las distancias cubiertas son mucho más pequeñas. Y el segundo, es el componente variable del entorno es mucho mayor para separaciones más pequeñas entre transmisor y receptor. También, es importante mencionar, que estos modelos permiten: Predecir los niveles de señal al interior de las construcciones como redes inalámbricas, ejemplo: Wifi, o redes heterogéneas con pico celdas y femtoceldas.

## Modelo de Propagación Outdoor - Exteriores

Para los **Modelos Outdoor – Exteriores**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra texto y una tabla.

Imagen (#) pantalla de los modelos Outdoor

Para ingresar al tema 2 de esta unidad 1, se da click en la fecha al final de este dónde se despliega el contenido de este tema.

De este modo para tema: **Concepto de Modelo de Propagación Outdoor - Exteriores**, se encuentra un texto con la definición, una tabla y los seis modelos en exteriores seleccionados que calcula el software.

Imagen del contenido del tema 2 de la unidad 1

Para ingresar al **Modelo Walfisch – Ikegami**, se da click sobre este, donde se encuentra un video explicativo se puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. Se observa de la siguiente manera (imagen #).

Imagen (#) pantalla del modelo Walfisch – Ikegami

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Para ingresar al **Modelo Cost 231 – Hata**, se da click sobre este, donde se encuentra un video explicativo se puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. Se observa de la siguiente manera (imagen #).

Imagen (#) pantalla del modelo Cost 231 – Hata

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

### Modelo COST 231 – Hata

Este modelo desarrollado por la Cooperativa Europea para Investigación Científica y Técnica (COST), para utilizar y mejorar los resultados de las tablas y las curvas obtenidas por Okumura en el rango de frecuencias entre 150MHz y 2000MHz con el fin de implementar el sistema GSM1800 en Europa, de allí surge el nombre de COST-231 Hata.

Algunas de las Características representativas de este modelo son:

Frecuencia: 150MHz – 2000MHz

Altura de la antena estación base (hb): 30 – 200 metros.

Altura de la antena estación móvil (hm): 1 – 10 metros.

La distancia entre la estación base y la móvil: 1 – 20 Kilómetros.

Para hallar las pérdidas en un ambiente urbano se emplea la siguiente ecuación:

$$P_{Lo(urbano)} = 46.3 + 33.9 \log_{10}(f) - 13.82 \log_{10}(h_b) - (a h_m) - (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10} d + C_f$$

Donde:

$$\begin{aligned} P_L &= \text{Son las pérdidas y se expresa en dB} \\ h_b &= \text{Altura de la antena de la estación base (m)} \\ f &= \text{Frecuencia de operación del sistema a estudiar en MHz} \\ h_m &= \text{Altura de la antena de la estación móvil (m)} \end{aligned}$$

$C_f$  = Factor de corrección para tomar en cuenta el ambiente de propagación

Donde se tiene en cuenta la siguiente tabla:

$C_f = 0$	Para ciudad media y zonas suburbanas con una densidad de árboles moderada
$C_f = 3$	Para centros metropolitanos

$a(h_m)$  = Factor de corrección de la altura de la antena de la estación móvil en db

Se establece una división del factor de corrección de la altura de la antena de la estación móvil  $a(h_m)$  cuando se caracteriza el ambiente bajo las siguientes condiciones:

✓ **Para ciudades pequeñas o medianas**

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7) h_m - (1.56 \log f - 0.8) \quad \text{dB}$$

$h_m$  toma Valores entre: 1m – 10m

✓ **Para ciudades grandes**

$$a(h_m) = 3.2(\log 11.75 h_m)^2 - 4.97 \quad \text{dB}$$

En el caso de las zonas:

• **Para zonas suburbanas:**

$$P_{l(sub)} = P_{Lo(urbana)} - 2(\log \frac{fc}{28})^2 - 5.4$$

• **Para zonas abiertas:**

$$P_{l(abi)} = P_{Lo(urbana)} - 4.78(\log fc)^2 + 18.33 \log fc - 40.94$$

Acabamos de ver las ecuaciones que hacen parte de este modelo, pero para darle uso, se aplica el siguiente ejemplo.

Dice, que teniendo en cuenta los datos se deben hallar las pérdidas por trayecto. Donde, se debe aplicar el modelo explicado anteriormente COST – 231 Hata.

Observando los datos:

$f$ : 1000 Mhz

$d$ : 15 Km

$h_b$ (Altura estación base): 100m

$h_m$ (Altura estación móvil): 5m

Zona: Suburbana

$$c_f: 0$$

### *Ciudades pequeñas o medianas*

Si analizamos los datos, todos cumplen con las características del modelo. De este modo procedemos a resolver. Entonces, lo primero que se hace es resolver la fórmula:

$$P_{Lo(urbano)} = 46.3 + 33.9 \log_{10}(f) - 13.82 \log_{10}(h_b) - (a h_m) - (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10} d + C_f$$

Donde, el único valor que no conocemos, es el factor de corrección de la altura de la antena de la estación móvil, los demás fueron dados en el ejercicio. Si recordamos, para hallar este valor debemos mirar el tipo de zona en la que se va a trabajar, el ejercicio nos dice que la ciudad era pequeña o mediana, para lo cual, traemos la ecuación que pertenece a este tipo de característica, que sería esta:

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7) h_m - (1.56 \log f - 0.8) \quad dB$$

Ahora, procedemos a reemplazar los valores de la frecuencia y la altura de la estación móvil.

$$a(h_m) = (1.1 \log(1200) - 0.7) * 5 - (1.56 \log(1000) - 0.8)$$

Esto nos da como resultado:

$$a(h_m) = 9.12 \text{ dB}$$

Ese resultado, es el valor de corrección de la altura de antena de la estación móvil, que nos hacía falta en la formula anterior.

Ese resultado, es el valor de corrección de la altura de antena de la estación móvil, que nos hacía falta en la formula anterior.

Se procede a reemplazar el valor hallado, como se muestra a continuación:

$$P_{Lo(urbano)} = 46.3 + 33.9 \log_{10}(1000) - 13.82 \log_{10}(100) - (9.12) - (44.9 - 6.55 \log_{10}(100)) \log_{10}(15) + 0$$

Se realiza el cálculo, y de esta manera nos da el siguiente resultado:

$$P_{Lo(urbano)} = 73.84029796 \text{ dB}$$

Ya tenemos las pérdidas en un ambiente urbano, pero debemos recordar que el ejercicio nos da un tipo de zona suburbana, para lo cual se trae la ecuación:

- **Para zonas suburbanas**

$$P_{l(sub)} = P_{Lo(urbana)} - 2 \left( \log \frac{fc}{28} \right)^2 - 5.4$$

Para este tipo de zona, donde el valor de  $P_{Lo(urbana)}$  es el valor hallado anteriormente. De esta manera, se realiza el reemplazo de datos, y así tendríamos el valor de las pérdidas por trayecto. De esta manera finalizaría el ejemplo.

Para ingresar al **Modelo ITU – Recomendación P. 1546-5**, se da click sobre este, donde se encuentra un video explicativo se puede reproducir, pausar, subir o bajar

el volumen y ampliar la pantalla de este. Se observa de la siguiente manera (imagen #).

Imagen (#) pantalla del modelo Cost 231 – Hata

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

## **Modelos ITU-Recomendación.P.1546-5**

Debido a la complejidad de los fenómenos, ambientes y características de los equipos de radio transmisión a menudo es difícil seleccionar el mejor modelo para una aplicación, sin embargo, las recomendaciones elaboradas por la. Unión Internacional de Telecomunicaciones, son una buena fuente de referencia en esta situación, porque, resumen algunos procedimientos recomendados. Una de estas recomendaciones en el estudio del espectro y la propagación es la Recomendación ITU- P.1546- 5. que se pueden obtener en el siguiente link: <http://www.itu.int/ITU-R/>.

De esta manera, en este video, se trata de resumir esta recomendación, cabe mencionar, que es una recomendación extensa, por lo que solo, en este caso, se tomaran algunas características

- El modelo, es útil para alcances mayores, de hasta: 1000kilometros.
- Se basa, en serie de curvas, o tablas, originadas a partir de mediciones, que permiten, hacer predicciones, para macro células de área amplia, para aplicaciones de radiodifusión, y de acceso inalámbrico.
- Se basa en la interpolación, y extrapolación de las curvas, de intensidad de campo eléctrico.
- Banda de frecuencias de 30 MHz a 3000 MHz
- Distancias entre el transmisor, y el receptor de: 1 a 1000 Kilómetros.

Este vídeo, se enfocará en la gama de frecuencias de los: 30 a 300 MHz.

Las curvas de intensidad de campo, en función de la distancia que se mostraran corresponden a una frecuencia de: 100 MHz. De esta manera se tiene la curva.

Que representa, los valores de intensidad de campo, rebasados en el 50%, de las ubicaciones, dentro de un área de: aproximadamente, 500 por 500 metros, durante el 50% del trabajo, en un trayecto terrestre. Las líneas que vemos aquí, de colores, representan la altura de la antena transmisora, en esta parte. Se observa, la intensidad de campo, para un p.r.a, de un 1 KW, los valores de la parte inferior, indican la distancia en, kilómetros.

Imagen 1.

En esta, siguiente imagen, la curva: para un trabajo del 10%, en un ambiente: terrestre, las indicaciones de la gráfica, son las mismas, que mencione anteriormente: altura de la antena transmisora, intensidad de campo, y distancia.

En esta gráfica, se tiene, para un trayecto: terrestre, al igual que las anteriores, pero, para un trabajo del: 1%.

Imagen 2.

Seguimos, con esta gráfica, que va a trabajar, en este caso, para un trayecto: marítimo, con un 50% de trabajo.

Imagen 3.

En esta, se tiene, un trayecto sobre: mares fríos, pero, para un: 10%, de trabajo.

Imagen 4.

Y esta de acá, va ser para: los mares fríos, pero, en un: 1% de trabajo.

Imagen 5.

En cuanto, a mares cálidos, se tiene esta que es, para un; 10% del trabajo.

Imagen 6.

Y esta otra, para: un 1% del trabajo.

Imagen 7.

Nota:

Como mencionaba anteriormente, en este caso, solo se mostraron, las curvaturas, para una gama de: los 30 a 300 MHz.

Recordando que, también existe, la recomendación para gamas de los 300 a 1000MHz. Y, gamas de frecuencia, de: 1000 a 3000 MHz.

Para trayectos terrestres, marítimos entre otros. Para obtener, una mayor información, ir directamente a la página web de las: ITU- Recomendación, y buscar esta recomendación: ITU, - R. P. 1546-5.

Ahora. Para hallar los valores máximos, de la intensidad de campo. Donde, esta no debe, rebasar un valor máximo. E máxima, está dada por la siguiente formula.

Para trayectos terrestres:

$$\begin{aligned} E_{m\acute{a}x} &= E_{fs} & dB(\mu V/m) & \text{Para trayectos terrestres} \\ E_{m\acute{a}x} &= E_{fs} + E_{se} & dB(\mu V/m) & \text{Para trayectos marítimos} \end{aligned}$$

Donde  $E_{se}$  es una corrección de mejora para curvas de trayectos marítimos dada por:

$$E_{se} = 2,38\{1 - \exp(-d/8,49)\} \log(50/t) \quad dB$$

Donde:

$$\begin{aligned} d &= \text{distancia (Km)} \\ t &= \text{porcentaje de tiempo} \end{aligned}$$

Para determinar la altura de la antena transmisora de base,  $h_1$

La altura de la antena transmisora de base,  $h_1$  que se ha de utilizar en el cálculo depende del tipo y la longitud del trayecto. Entonces, para trayectos terrestres, la altura efectiva de esta antena transmisora, de base. Se define la altura en: metros, por encima, del nivel medio, del terreno, para distancias correspondidas, entre: 3 y 15 kilómetros.

Cuando no se dispone información, sobre el terreno, para efectuar las predicciones, de propagación, el valor de  $h_1$ , se calcula, de acuerdo a la longitud del trayecto,  $d$ .

Como se muestra aquí:

$$h_1 = h_a + (h_{eff} - h_a)(d-3)/12 \quad \begin{matrix} m & \text{Para } d \leq 3 \text{ Km} \\ m & \text{para } 3 \text{ Km} < d < 15 \text{ km} \end{matrix}$$

Donde:

$h_a$  es la altura sobre el suelo.

También, se puede, conseguir información, de la altura de la antena, transmisora, si se tiene información, sobre el terreno.  
Si, los trayectos terrestres, son: 15kilometros, o superiores, se debe, estudiar la recomendación, ITU, de este modelo.

Entonces.

$$L(dB) = 139,3 - E + 20\log f$$

Donde E está dado en dBμ V/m y la frecuencia en MHz

Cuando no se tiene, el campo eléctrico, se puede hallar, mediante las gráficas de curvatura, mostradas anteriormente, en el caso de esta explicación, de la recomendación ITU R. P. y también, haciendo base en diferentes, artículos investigativos, para la aplicación, de la gama de frecuencias, utilizadas en este video, se puede, aplicar la siguiente formula.

$$E = 106,9 - 20\log(d_{slope})$$

Donde. El valor dslope se halla de esta manera.

$$d_{slope} = \sqrt{d^2 + 10^{-6}(h_t - h_r)^2}$$

$h_t = \text{Altura de la antena transmisora}$   
 $h_r = \text{Altura de la antena receptora}$

Ahora, se aplicará un Ejemplo.

Teniendo solamente en cuenta las características habladas en este video.

De esta manera, se tienen los siguientes datos:

Una frecuencia de: 300Megahertz.

Una distancia de: 100Kilometros.

Una altura de la antena receptora de: 3 metros.

Una altura de la antena Transmisora de: 5 metros.

Un porcentaje de trabajo: 50%.

Un trayecto, terrestre.

Nos piden hallar, las pérdidas de propagación, dando uso de la Recomendación ITU. P. 1546 - 5

Si observamos, los datos suministrados, cumplen con las características expuestas en este video, para lo cual podemos aplicar la fórmula de las perdidas por trayectoria que sería la siguiente:

$$L(dB) = 139,3 - E + 20\log f$$

Donde E está dado en dBμ V/m y la frecuencia en MHz.

Pero, en este caso no tenemos, el valor del campo eléctrico, para lo cual debemos, aplicar la siguiente formula de campo eléctrico.

$$E = 106,9 - 20\log(d_{slope})$$

En esta fórmula de campo eléctrico, el valor dslope. Es una distancia, y se halla con la siguiente ecuación.

$$d_{slope} = \sqrt{d^2 + 10^{-6}(h_t - h_r)^2}$$

$h_t = \text{Altura de la antena transmisora}$   
 $h_r = \text{Altura de la antena receptora}$

De este modo, reemplazamos el valor de la distancia entre el transmisor y receptor, también, las alturas de las antenas, de transmisión, y recepción.

Y nos da, el siguiente resultado.



$$d_{slope} = \sqrt{100^2 + 10^{-6}(5-3)^2}$$

$$\mathbf{d_{slope:100m}}$$

Ese resultado, lo llevamos y reemplazamos, en la fórmula, del campo eléctrico, y obtenemos lo siguiente.

$$E = 106,9 - 20\log(d_{slope})$$

$$E = 106,9 - 20\log(100)$$

$$\mathbf{E = 66.9 \text{ db } (\mu v/m)}$$

El cual, será llevado, a la formula principal de las perdidas por trayecto, reemplazamos valores hallados, y así, tenemos el valor de estas pérdidas por trayecto.

$$L_b = 139,3 - E + 20\log(f)$$

$$L_b = 139,3 - 66.9 + 20\log(300)$$

$$\mathbf{L_b = 121.9424 \text{ dB}}$$

De este modo aplicaríamos esta recomendación.

Nuevamente recordar, que depende de los datos del problema, si no, llegase a cumplir, con los expuestos en este video, ir a la recomendación: ITU, P.1546-5, y examinar los demás anexos.

Para ingresar al **Modelo Erceg C o SUI**, se da click sobre este, donde se encuentra un video explicativo se puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. Se observa de la siguiente manera (imagen #).

Imagen (#) pantalla del modelo Erceg C o SUI

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

### **Modelo Erceg C o SUI:**

Te cuento que, un grupo de WiMax, (802.16), del IEEE.

Junto con la. Universidad de Stanford.

Hicieron, una investigación extensa para desarrollar un modelo, para entornos suburbanos.

Donde se halló, un modelo de perdida de propagación. SUI.

La metodología utilizada en este modelo, se basa en una base de datos experimentales, recopilados por, AT&T Wireless, Services, en los Estados Unidos, para más de 90 macro celdas, que trabajan en la frecuencia de: Uno punto 9 GHz, la principal fuente de información, se obtuvo de: New, Jersey, Chicago, Atlanta y Dallas, es aplicable a sistemas sin línea de vista, para equipos terminales ubicados en las azoteas, ventanales, y techos.

También, se establecieron 3 tipos de escenarios del estudio geográfico.

Como se muestra en la siguiente tabla:

Parámetro del modelo	TERRENO A	TERRENO B	TERRENO C
A	4.6	4.0	3.6
B	0.0075	0.0065	0.005
C	12.6	17.1	20
S	10.6	9.6	8.2
H	10.8	10.8	20

Se observa un terreno, A, B, y C, en el cual, cada uno, tiene su respectiva descripción, de aplicabilidad.

Ahora, se tienen unas características para este tipo de modelo:

- El tamaño de las celdas, es menor de 10 kilómetros.
- La altura de la antena, de receptor es de 2 a 10 metros.
- La altura de antena, de la estación base va de 10 a 80 metros.

La fórmula para hallar las pérdidas por trayectoria, de este modelo, es la siguiente.

Donde:

$$Lb = A + 10Y \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right) + X_f + X_h + S$$

$Lb$ : pérdidas básicas del trayecto

$A$ : Pérdidas en el espacio libre

$Y$ : Exponentes de pérdidas

$d$ : Distancia en metros entre la estación base (BS) y la estación móvil (MS)

$d_0$ : distancia de referencia (100m)

$X_f$ : Factor de corrección para frecuencia

$X_h$ : Factor de corrección para la altura de la antena del receptor

$S$ : Efecto de sombreado

De ese modo, para hallar el valor de las pérdidas en el espacio libre, se aplica, la siguiente ecuación.

Donde:

$$A = 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi d_0 f}{c} \right)$$

$d_0$ : Es la distancia de referencia, que equivale a: 100 metros.

$F$ : Es la frecuencia, de operación del sistema.

$C$ : la velocidad de la luz.

Ahora, para hallar, el exponente de pérdidas, se aplica la siguiente ecuación:

$$Y = a - b h_b \left( \frac{c}{h_b} \right)$$

Donde, se va a tener en cuenta, la siguiente tabla:

Parámetro del modelo	TERRENO A	TERRENO B	TERRENO C
A	4.6	4.0	3.6
B	0.0075	0.0065	0.005
C	12.6	17.1	20
S	10.6	9.6	8.2
H	10.8	10.8	20

Contiene parámetros del modelo, de acuerdo al tipo de terreno que se vaya a estudiar.  
Para hallar el factor de corrección para la frecuencia, se aplica la siguiente ecuación:

$$X_f = 6 \log_{10} \left( \frac{f}{2000} \right)$$

Donde,  $f$  Es la frecuencia, de operación del sistema.

Para hallar el valor de corrección, para la altura de la antena del receptor, se aplica la ecuación:

$$X_h = H \log_{10} \left( \frac{hr}{2000} \right)$$

Donde, H, se halla, mediante la siguiente tabla, teniendo en cuenta, el tipo de terreno.

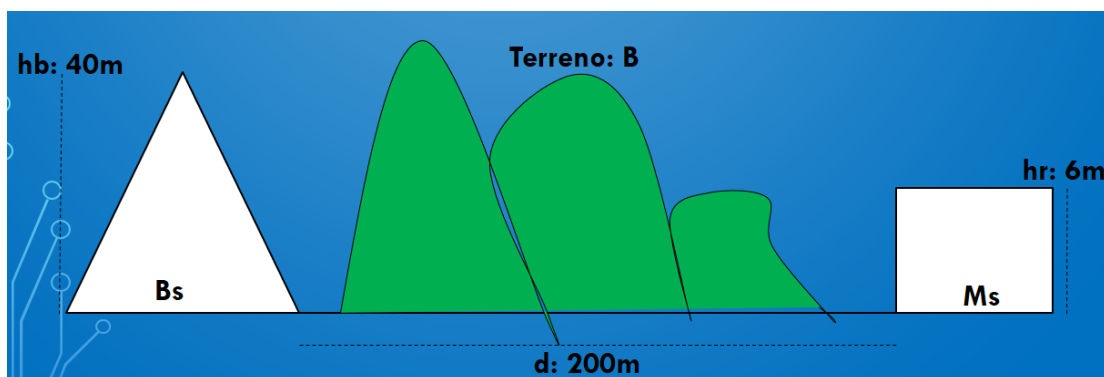
Parámetro del modelo	TERRENO A	TERRENO B	TERRENO C
A	4.6	4.0	3.6
B	0.0075	0.0065	0.005
C	12.6	17.1	20
S	10.6	9.6	8.2
H	10.8	10.8	20

Y,  $hr$  es la altura de la antena receptora.

Y finalmente, para hallar, el efecto sombreado, se observa la tabla y se extrae el valor según las condiciones del problema.

Ahora, se aplicará un ejemplo. En el siguiente esquema, problemático aplique el modelo Erceg C, o SUI.

Nota: Utilice un terreno tipo B, y halle el factor de pérdidas, en el trayecto.



Primero, sacamos los datos:

La, Frecuencia de: 2000 MHz.

Altura Base de: 40 metros.

Altura Receptor de: 6 metros.

Una distancia de: 200 metros.

Y, la distancia de referencia de: 100 metros.

Verifico que los datos, cumplen con las características del modelo, de esta manera aplico la fórmula de pérdidas en el trayecto que es la siguiente:

$$Lb = A + 10Y \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right) + X_f + X_h + S$$

Lo primero que voy a hallar, son las pérdidas de espacio libre. La cual es la siguiente:

$$A = 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi d_0 f}{c} \right)$$

De este modo, reemplazo los valores de los datos que conocemos como lo son la distancia de referencia, la frecuencia, y la velocidad de la luz:

$$A = 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi(100m)(2000)}{3 \times 10^8} \right)$$

De este modo el resultado sería el siguiente:

$$A = -41.5376 \text{ db}$$

Ahora se halla el exponente de pérdidas, aplico la siguiente fórmula:

$$Y = a - b h_b \left( \frac{c}{h_b} \right)$$

Aquí debo utilizar la siguiente tabla. Entonces, busco el parámetro a. Recuerdo que el ejercicio nos plantea un tipo de terreno B, este sería el valor de a

Para el parámetro b, y de acuerdo al tipo de terreno B, este sería el valor de b.

Para el parámetro c, y de acuerdo al tipo de terreno B, este sería el valor de c.

Parámetro del modelo	TERRENO A	TERRENO B	TERRENO C
a	4.6	4.0	3.6
b	0.0075	0.0065	0.005
c	12.6	17.1	20
S	10.6	9.6	8.2
H	10.8	10.8	20

De este modo, reemplazo los parámetros a, b, y c, en la ecuación, y obtengo el siguiente resultado.

$$Y = 4.0 - 0.0065(40m) \left( \frac{17.1}{40m} \right)$$
$$Y = 3.8888 \text{ db}$$

Para hallar, el factor de corrección, para la frecuencia aplico la siguiente fórmula:

$$X_f = 6 \log_{10} \left( \frac{f}{2000} \right)$$

Donde, reemplazo el valor de la frecuencia de operación en el sistema, y de este modo obtengo el siguiente resultado:

$$X_f = 6 \log_{10} \left( \frac{2000}{2000} \right)$$

$$X_f = 0 \text{ db}$$

Ahora, para hallar el factor de corrección para la altura de la antena del receptor, aplico la siguiente formula:

$$X_h = H \log_{10} \left( \frac{hr}{2000} \right)$$

Donde, para hallar el valor de h, debo hacer uso de la tabla, de esta forma busco el parámetro del modelo que es h, observo el tipo de terreno que es B, y así obtengo el valor:

Parámetro del modelo	TERRENO A	TERRENO B	TERRENO C
<b>a</b>	4.6	4.0	3.6
<b>b</b>	0.0075	0.0065	0.005
<b>c</b>	12.6	17.1	20
<b>S</b>	10.6	9.6	8.2
<b>H</b>	10.8	10.8	20

Así, que reemplazo el valor en la formula, y me obtengo el siguiente resultado:

$$X_h = 10.8 \log_{10} \left( \frac{6m}{2000} \right)$$

$$X_h = -27.2470 \text{ db}$$

El último término de la ecuación principal por hallar es el efecto de sombreado. Para el cual hago uso de la tabla, entonces, ubico el parámetro del modelo y el tipo de terreno B, y obtengo el valor de este:

Parámetro del modelo	TERRENO A	TERRENO B	TERRENO C
<b>a</b>	4.6	4.0	3.6
<b>b</b>	0.0075	0.0065	0.005
<b>c</b>	12.6	17.1	20
<b>S</b>	10.6	9.6	8.2
<b>H</b>	10.8	10.8	20

Ahora, ya tengo todos los parámetros de la ecuación, de esta manera proceso a reemplazarlos, y así hallar el valor de las pérdidas por trayecto de este modelo que sería la siguiente:

$$Lb = -41.5376 + 10(3.8888)\log_{10}\left(\frac{200}{100}\right) + 0 + (-27.2470) + 9.6$$

$$Lb = -47.4781 \text{ dB}$$

Para ingresar al **Modelo Okumura - Hata**, se da click sobre este, donde se encuentra un video explicativo se puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. Se observa de la siguiente manera (imagen #).

Imagen (#) pantalla del modelo Okumura - Hata

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

### **Modelo Okumura - Hata:**

Este, es un método establecido, por: Masaharu, hata en el año de 1980, que tomo como base, los trabajos realizados de los resultados de las campañas de medidas realizadas por Yoshihisa, Okumura, en la ciudad de Tokio en Japón, utiliza sistemas de ecuaciones para calcular las pérdidas de propagación en diferentes tipos de zonas (urbana, semi urbana, y abierta o rural), es un referente para la planificación y dimensionamiento de enlaces de radio propagación.

La pérdida de propagación, para una zona urbana, se da mediante la siguiente ecuación:

$$L = 69,55 + 26,16\log f - 13,82\log h_1 - a(h_2) + (44,9 - 6,55\log h_1) \log d \quad (1)$$

La cual, para esta explicación será marcada con un: 1, para tenerla en cuenta más adelante. Donde, se tienen las siguientes características:

$$\begin{aligned} f &= \text{Frecuencia de operación, valida entre } 150\text{Mhz y } 1500\text{MHz} \\ d &= \text{Distancia entre transmisor y receptor, entre } 1\text{Km y } 20 \text{ Km} \\ h_1 &= \text{Altura efectiva de la antena transmisora, entre } 30\text{m y } 200\text{m} \\ h_2 &= \text{Altura efectiva de la antena receptora, entre } 1\text{m y } 20\text{m} \end{aligned}$$

$a(h_2)$  es un factor de corrección que va a depender de la altura de la antena receptora, la frecuencia y el tipo de área o zona de servicio.

Para este caso, se deben tener en cuenta el tipo de ciudad.

Entonces, para ciudades medianas y pequeñas se utiliza la siguiente ecuación:

$$a h_2 = (1,1\log f - 0,7)h_2 - 1,52\log f + 0,8$$

Donde,  $h_2$  es la altura de la antena receptora y  $f$  la frecuencia de operación del sistema.

En el caso, de que se trate de una ciudad grande se utiliza la siguiente ecuación:

$$a(h_2) = \begin{cases} 18,29[\log(1,54h_2)]^2 - 1,1; & f < 300\text{MHz} \\ 3,2[\log(11,75h_2)]^2 - 4,97; & f \geq 300\text{MHz} \end{cases}$$

Donde,  $h_2$  es la altura de la antena receptora, se debe observar si la frecuencia de operación del sistema es menor o mayor de 3000 MHz, de ese modo aplicar la correspondiente.

Para hallar las pérdidas dependiendo del tipo de zona se da de la siguiente manera.

En el caso de una zona suburbana, la pérdida de propagación se daría por la siguiente ecuación:

$$L_{su} = L_u - 2\left[\log\left(\frac{f}{28}\right)\right]^2 - 5,4$$

Donde el valor de  $L_u$  corresponde a las pérdidas de propagación para áreas urbanas dadas por la expresión que anteriormente llamamos. (1)

Para zonas rurales o abiertas, la pérdida de propagación se da con la siguiente ecuación:

$$L_r = l_u - 4,78(\log f)^2 + 18,33\log f - 40,94$$

Donde  $l_u$  es el valor de la expresión llamada anteriormente (1). Y  $f$  es la frecuencia de operación del sistema.

A continuación, se desarrolla un ejemplo para aplicar este modelo. El cual nos dice que, con los siguientes datos, hallar la pérdida de propagación, donde debe aplicarse el modelo Okumura Hata.

Los datos dado son los siguientes:

Una frecuencia de 1000MHz.

Una distancia entre el transmisor y receptor de 10 kilómetros.

Una altura de la antena transmisora de 100 metros.

Una altura de antena receptora de 5 metros.

Se trabajará en una ciudad mediana.

Con una zona, suburbana.

Observo que los datos cumplan con las características del modelo. Así, de esta manera aplico la ecuación de pérdidas para este caso que es la siguiente:

$$L = 69,55 + 26,16\log f - 13,82\log h_1 - a(h_2) + (44,9 - 6,55\log h_1) \log d$$

En la cual observamos que se debe hallar el valor del factor de corrección  $a(h_2)$

El ejercicio nos plantea que se trabaja en una ciudad mediana. Para lo cual utilizo la ecuación de este tipo:

$$ah_2 = (1,1\log f - 0,7)h_2 - 1,52\log f - 0,8$$

Donde, reemplazo el valor de la altura de la antena receptora, también el valor de la frecuencia de operación del sistema:

$$ah_2 = (1,1 \log 1000 - 0,7) * 5 - 1,52 \log 1000 - 0,8$$

Y obtengo el siguiente resultado:

$$ah_2 = 7.64 \text{ dB}$$

El cual será llevado a la ecuación principal de la siguiente manera.

Reemplazo datos, y obtengo:

$$L: Lu = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_1 - a(h_2) + (44,9 - 6,55 \log h_1) \log d$$

$$L: Lu = 69,55 + 26,16 \log(1000) - 13,82 \log(100) - 7.64 \\ + (44,9 - 6,55 \log(100)) \log(10)$$

$$L: Lu = 144.55 \text{ dB}$$

Recordemos que el ejercicio nos plantea un tipo de zona la cual es sub urbana, para lo cual aplico la siguiente ecuación:

$$L_{su} = L_u - 2[\log\left(\frac{f}{28}\right)]^2 - 5,4$$

Ya tenemos el valor de  $L_u$  que fue hallado anteriormente, de este modo reemplazo este valor y el valor de la frecuencia de operación:

$$L_{su} = 144.55 - 2[\log\left(\frac{1000}{28}\right)]^2 - 5,4$$

Para lo cual nos da el siguiente resultado, el cual son las pérdidas en una zona suburbana:

$$L_{su} = 134.0168 \text{ dB}$$

Para ingresar al **Modelo 3D- UMi LOS y 3D –UMi NLOS**, se da click sobre este, donde se encuentra un video explicativo se puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. Se observa de la siguiente manera (imagen #).

Imagen (#) pantalla del modelo 3D – UMi LOS y 3D NLOS

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Para el Modelo de canal 3D. Se inició un estudio, en enero de 2013, con el objetivo, de incorporar un modelo de canal 3D, dentro de la metodología de evaluación 3GPP.



Algunas de acontecimientos que dieron a este modelo:

- Son modelos procesadores de modelos como el 2d de SCM (modelo de canal especial para simulaciones MIMO)
- La recomendación ITU. M, 2135-1, que son las directrices para la evaluación de las tecnologías de interfaz de radio para IMT. Advanced.
- También para el modelo de canal 2D de Winnerii.

Los modelos 2D, se sitúan en un plano de dos dimensiones donde se localizan los dispersores, reflectores y por supuesto las antenas. Esto limita las técnicas de transmisión MIMO como la formación del haz, el pre codificado, el multiplexeo espacial y el multi uso mimo.

De este modo, con el fin de incluir más técnicas como:

La formación del haz de elevación específica para MIMO o lo que se conoce como full dimensión mimo, donde la transmisión sea adaptada tanto en elevación como en el plano azimut, o la sectorización vertical. Es por ello que se hizo necesaria la inclusión de un modelo de canal 3D.

A continuación, se definirán los tres tipos de escenarios más típicos de este estudio de modelo 3D:

- Esta el, 3D raya UMi. Trabaja en micro celdas urbanas con elevadas densidades. En este, la estación base se encuentra por debajo de los edificios que la rodean.
- Para el, 3D raya UMa. Trabaja en macro celdas urbanas con elevada densidad. En este, la estación base está por encima de los edificios que la rodean.
- Y, por último, el, 3D raya UMa - H. Trabaja en macroceldas urbanas, con un edificio por sector.

Algunas características de este modelo:

En modelos de canal 3D es:

Aplicable a frecuencias. De 2 a 6 GHz, con hasta un ancho de banda de 100 MHz.

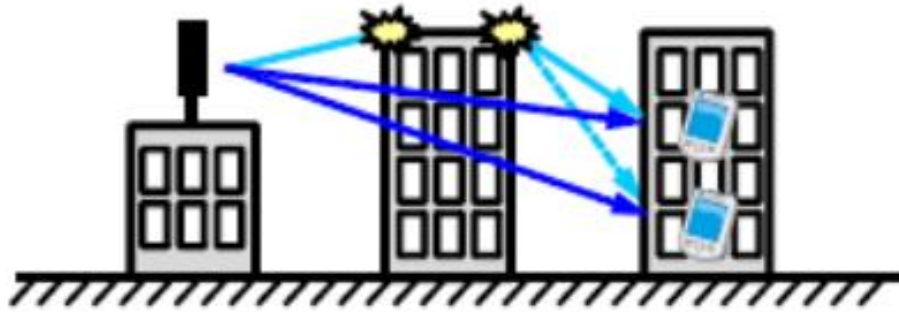
Trabaja en estados: Con línea de vista y sin línea de vista.

Entonces, para el modelado de pérdidas del camino con línea de vista.

El 3GPP decidió modelar las pérdidas del trayecto LOS usando la distancia 3D, junto con los coeficientes dados por la ITU para las ecuaciones de pérdidas del trayecto de los escenarios 3D-UMa y 3D-UMi. Esto proporcionó una aproximación razonable al modelo COST 231 y no precisa de las dimensiones de los edificios.

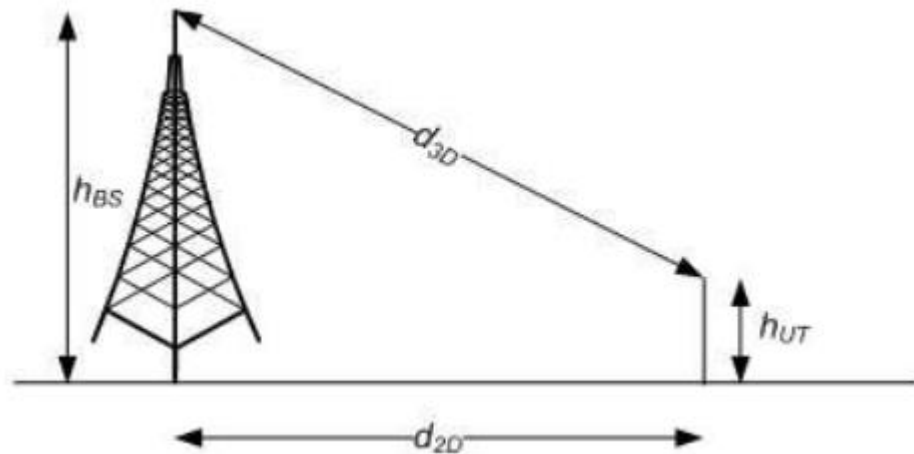
De este modo el modelo de pérdidas con línea de vista de la ITU se trata de una ecuación con dos pendientes de pérdidas, la primera de 22 dB por década y la segunda más pronunciada. El punto de transición entre ambas pendientes se le denomina punto de ruptura, y depende de la reflexión dominante que puede añadirse (constructiva o destructivamente) al rayo directo recibido localizado en la calle.

Ahora para los sistemas sin línea de vista:



En los escenarios 3D-UMi los trayectos de propagación dominantes viajan a través y alrededor de los edificios, incluso puede recibir señal de la propagada por encima de las azoteas.

A continuación, los modelos de pérdidas del camino, para lo cual en primer lugar necesitamos definir las distancias como se muestran en la siguiente imagen.



Para de este modo, después poder utilizarlas de la siguiente manera:

Si hablamos de los escenarios con línea de vista. Aplicamos la siguiente ecuación.

Escenario: 3D-UMi LOS:    Pérdidas del camino[dB],  $f_c$  [GHz],  $d$ [m]                      Rango de aplicación

$$PL = 22.0 \log_{10}(d_{3D}) + 28.0 + 20 \log_{10}(f_c) \qquad 10m < d_{2D} < d'_{Bp}$$

Para escenarios sin línea de vista, tenemos la siguiente ecuación.

Observar los parámetros que cada una de estas que se deben tener en cuenta.

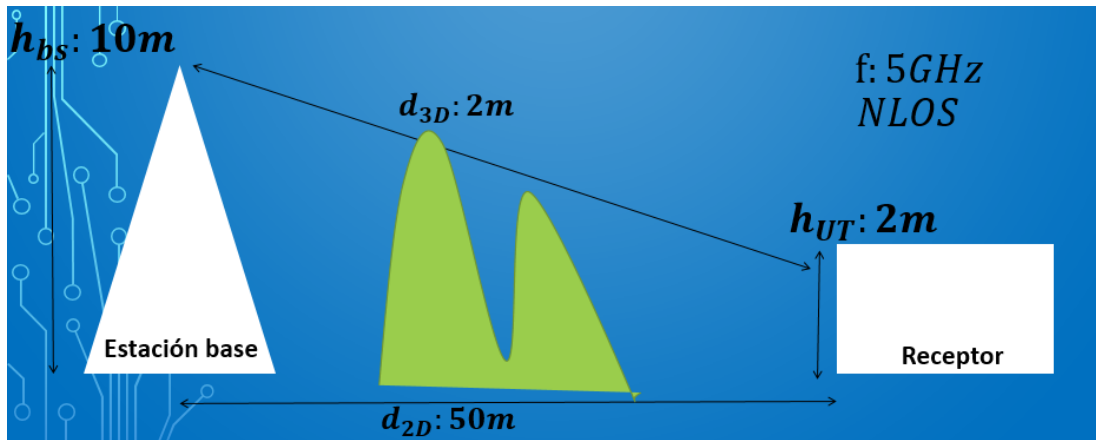
Escenario: 3D-UMi NLOS:

$$PL = \max(Pl_{3D-UMi-NLOS}, Pl_{3D-UMi-LOS}) \quad 10m < d_{2D} < 2000m \quad h_{bs} = 10m$$

$$Pl_{3D-UMi-NLOS} = 36.7 \log_{10}(d_{3D}) + 22.7 + 26 \log_{10}(f_c) - 0.3(h_{UT} - 1.5)$$

Rango de aplicación:  $10m < d_{2D} < 200m$ ,  $h_{bs} = 10m$ ,  $1.5m \leq H_{UT} \leq 22.5m$

A continuación, se plantea un ejemplo para este tipo de modelo. Nos dice que, de acuerdo a la imagen, se debe calcular la pérdida de propagación. Aplicando el modelo 3D – UMi.



Si observamos la imagen notamos que se tienen un sistema sin línea de vista, de esta manera procedemos aplicar la siguiente ecuación:

$$Pl_{3D-UMi-NLOS} = 36.7 \log_{10}(d_{3D}) + 22.7 + 26 \log_{10}(f_c) - 0.3(h_{UT} - 1.5)$$

Donde, en el ejercicio tenemos los datos de la distancia, la frecuencia y la altura de la antena de recepción. De ese modo, se reemplazan los datos:

$$Pl_{3D-UMi-NLOS} = 36.7 \log_{10}(100) + 22.7 + 26 \log_{10}(56) - 0.3(2 - 1.5)$$

Y se obtiene el siguiente resultado:

$$Pl_{3D-UMi-NLOS} = 141.4028 \text{ dB}$$

Así, se aplica este modelo para el caso de un sistema sin línea de vista.

### Modelos para Sistemas Con Y Sin Línea de Vista

Para ingresar al tema 3 de esta unidad 1, se da click en la fecha al final de este dónde se despliega el contenido de este tema.

El tema **Modelos Para Sistemas Con y Sin Línea de Vista**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un video y tres ejemplos de modelos que se utilizan con estos sistemas.

Imagen (#) pantalla de los modelos Outdoor

Al ingresar al tema tres de la unidad 1. Se encuentra con un video explicativo de este concepto puede reproducir, pausar, este no contiene ningún tipo de sonido, y ampliar la pantalla de este.

Imagen del contenido del tema 3 de la unidad 1

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Contenido del video: SISTEMAS CON LÍNEA DE VISTA Y SIN LÍNEA DE VISTA

Transmisión por ondas de Radio.

- No necesitan de un medio físico
- Se dan en línea recta
- No son visibles para nosotros

#### **SISTEMAS CON LÍNEA DE VISTA**

Hacen referencia a un camino limpio sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras.

#### **SISTEMAS SIN LÍNEA DE VISTA**

Hacen referencia a un camino con obstáculos (árboles, edificios, personas etc.), entre las antenas transmisoras y receptoras.

Para ingresar a los modelos donde se aplican los Sistemas con línea de Vista, se da click dentro del modelo que se quiere observar, el cual abre una ventana que contiene un video explicativo del modelo que selecciono. Ppuede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este.

De esta manera el contenido para el video del **Modelo de Friss**:

Imagen del contenido de Modelo de Friss de la unidad 1

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

#### **Modelo FRIIS**

Engloba parámetros básicos y necesarios en una ecuación para predecir el nivel de potencia de la señal entre un Transmisor y el Receptor.

Ideal para un trayecto donde existe Línea de Vista(LOS), sin obstáculos u objetos.

Este modelo ideal, propone que, en términos básicos se predice que la potencia disminuye en función de la separación  $d$  (distancia) entre transmisor (Tx) y el receptor (Rx) esto está representando por la ecuación de Friis:

$$Pr(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{4\pi^2 d^2 L}$$

Pt: Potencia Transmitida

Pr: Potencia recibida la cual es función de la separación Tx – Rx (Transmisor – Receptor)

Gt: Ganancia de antena Transmisora

D: Distancia de separación entre el Transmisor (Tx) y el receptor (Rx) dada en metros.

L: Factor de pérdida del sistema no relacionada a la propagación.

$\lambda$ : Longitud de onda en metros.

### Las pérdidas por trayectoria:

Las pérdidas por trayectoria se representan como, la atenuación de la señal de forma positiva medida en dB, se define como la diferencia en dB entre la potencia mitigada transmitida efectiva y la potencia recibida. Puede incluir o no el efecto de las ganancias de la antena.

- Cuando se incluyen ganancias de antena:

$$PL(dB) = 10 \log \frac{P_t}{P_r} = -10 \log \left( \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right)$$

- Cuando se excluyen ganancias de antena:

$$PL(dB) = 10 \log \frac{P_t}{P_r} = -10 \log \left( \frac{\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right)$$

### CARACTERISTICAS:

En la práctica la ecuación de Friis se aplica en los sistemas solo para hallar la potencia de recepción para valores de distancias que estén en la región de campo lejano (far-field) de antena transmisora.

Para modelar un enlace en función de la ecuación de Friis se establece que la potencia recibida se calcula para la región de campo lejano de una antena. Si la antena tiene una dimensión global máxima de valor  $D$  (diámetro de haz en el acoplador de salida), la región de campo lejano se considera que existe solo a distancias mayores de  $R$ .

De esta manera el contenido para el video del **Modelo dos Rayos**:

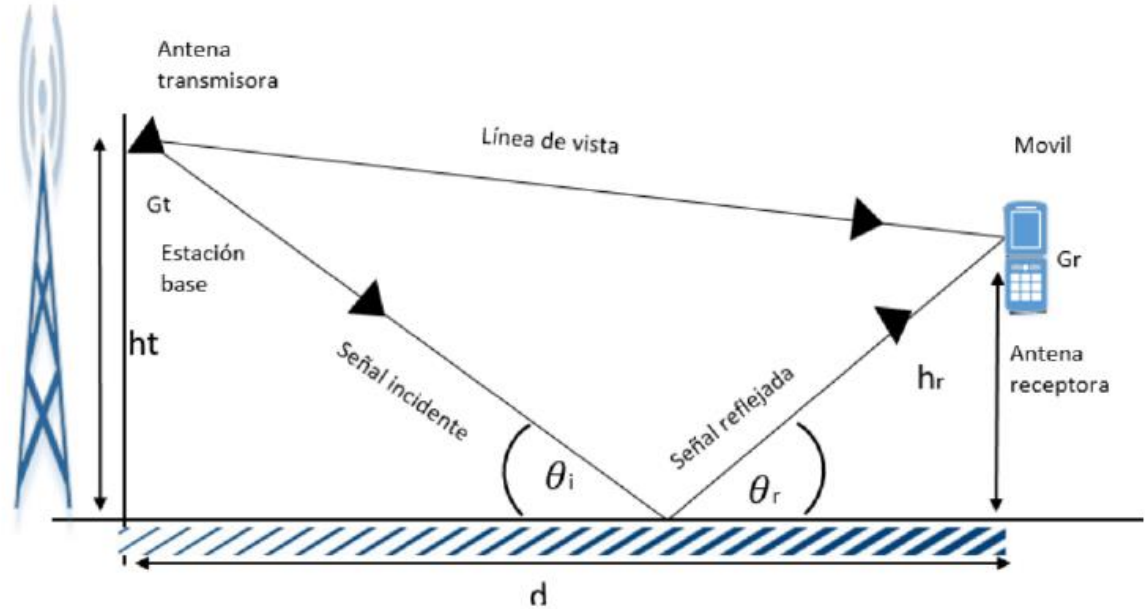
Imagen del contenido de Modelo dos rayos de la unidad 1

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

### Modelo dos Rayos

Es un modelo muy útil que se basa en óptica, y considera tanto la transmisión directa como una componente de propagación reflejada en la tierra entre el Transmisor y el Receptor.

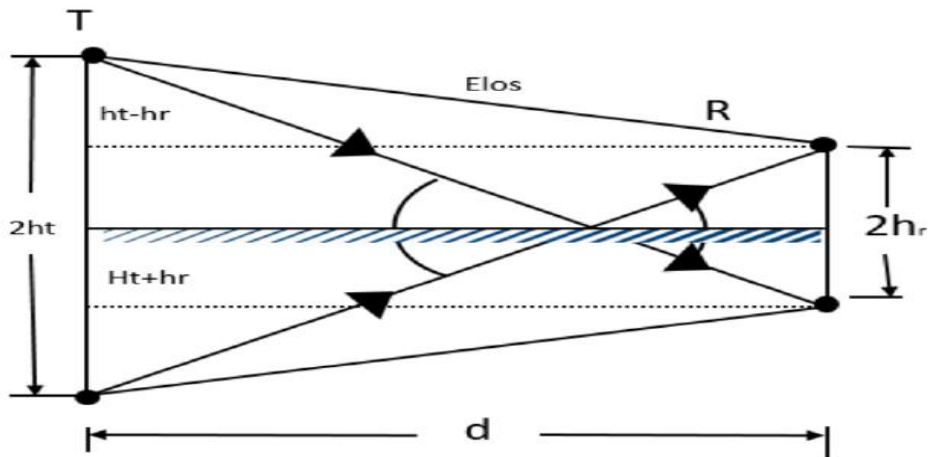
Es un modelo analítico, más preciso, que el modelo de pérdida en espacio libre (P E L). Utilizado en sistemas móviles porque considera que puede predecir la intensidad de la señal a gran escala, a



distancias de varios kilómetros para sistemas de radio móviles. Tomando en cuenta, que las antenas del sistema celular deben tener una altura mínima de: 50 metros.

En condiciones perfectas los trayectos se consideran planos y con Línea de Vista (LOS), teniendo presente algunas decenas de kilómetros entre el Transmisor y el equipo de Recepción para las pruebas o cálculos pertinentes.

Observando la figura. Se utiliza de forma gráfica un esquema, para poder entender los parámetros básicos. Por medio de la teoría de imágenes, donde la descomposición de los trayectos en el plano reflejado da un mejor entendimiento en el modelo de dos Rayos.



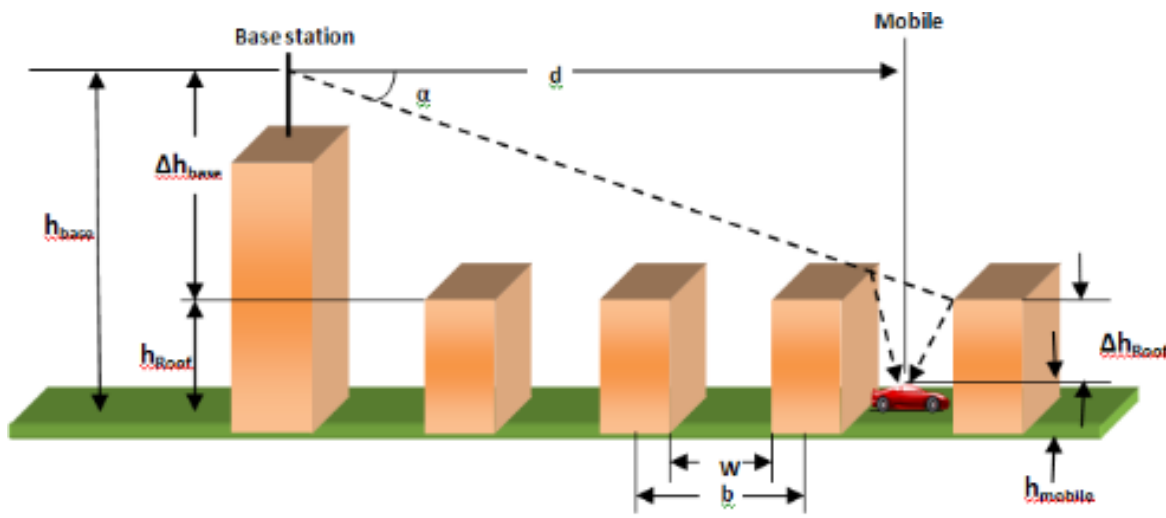
De esta manera el contenido para el video de **Walfisch – Ikegami** para Sistemas con y Sin Línea de Vista:

Imagen del contenido de Modelo Walfisch - Ikegami de la unidad 1

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

### Modelo Walfisch – Ikegami

Es el resultado de la fusión de los modelos Walfisch e Ikegami. Está basado en varios parámetros urbanos tales como densidad del edificio, altura promedio de este y el ancho de las calles.



### CARACTERISTICAS

- Considera solamente los edificios en el lugar vertical entre el transmisor y el receptor.
- Tiene una precisión el modelo, es bastante alta, ya que, en los entornos urbanos, especialmente la propagación sobre los tejados es la parte más dominante.
- Normalmente examina el rango de frecuencias de: 800 – 2000MHz
- La altura del Transmisor es de: 4 – 50 metros
- La altura del Receptor es de: 1 – 3 metros.

Situaciones sobre las que trabaja este modelo:

#### CON LÍNEA DE VISTA (LOS):

$$PL(dB) = 42,6 + 26 \log(d) Km + 20 \log(f) Mhz$$

**SIN LÍNEA DE VISTA (NLOS):**

$$L_b = L_o + L_{rts} + L_{msd}$$

Lo: Pérdidas por espacio libre.

Lmsd: Pérdidas por difracción de múltiples esquinas de los techos de los edificios (Walfisch).

Lrts: Pérdidas debido a una única difracción final cuando la onda se propaga hacia la calle (Ikegami).

Nota: Estudiar con detalle el modelo COST231-WALFISCH-Ikegami.

## UNIDAD 2 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

Esta unidad está compuesta por 4 temas y al final se encuentra un acceso rápido al módulo de Evaluación.

Imagen señalando los cuatro temas de la unidad 2

Para ingresar al tema 1 de esta unidad se da click en la fecha al final de este, donde se despliega el contenido de este tema.

De este modo para tema: **Historia de las Comunicaciones Inalámbricas**, se encuentra con un video explicativo de este concepto puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este.

Imagen del contenido del tema 1 de la unidad 1

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Hola, quiero contarte que las comunicaciones inalámbricas hacen parte de nuestra vida diaria ya que nos brindan: Información, Entretenimiento y por supuesto comunicación entre otras.

Pero para poder comprender mejor este concepto hablemos un poco de su historia.

**¿Has pesado como era la comunicación en la antigüedad?**

La técnica de comunicación no eléctrica para la transferencia de información se daba en medios de transporte físico como la mensajería utilizada por el imperio incaico que consistía en corredores jóvenes que llevaban el mensaje de forma hablada o mediante quipus (Instrumento de almacenamiento de información costaba de cuerdas de lana o algodón de diversos colores con nudos).

Otros sistemas eran las señales de humo, las palomas mensajeras, mensajes en piedras entre otras muchas más herramientas utilizadas como medio de comunicación.

**Ahora bien, ¿cómo se dio el inicio de las comunicaciones modernas?**



Te cuento que el año de 1684, un científico llamado Robert Hooke creo unos paneles móviles que codificaban las letras del alfabeto. Otro intento de comunicar señales visuales fue por medio de un sistema llamado semáforo de Chappe que consistía de un poste con brazos móviles, este avance tecnológico vio la luz a finales del siglo XVIII en Francia. Los holandeses utilizaron un sistema experimental similar durante la campaña de los diez días contra la revuelta belga en 1831/1832. En 1837, la Cámara de Representantes aprobó una resolución en la que solicitaba al Secretario del Tesoro que investigara la viabilidad de establecer dicho sistema en los Estados Unidos.

Muy bien, ya sabemos un poco de la historia de la forma de comunicación en la antigüedad. Pero, **¿Cómo fue la era de las comunicaciones inalámbricas?**

Bueno, poco después del descubrimiento de del electromagnetismo. Hubo la demostración práctica de la telegrafía (eléctrica) de Joseph Henry y Samuel Morse en 1832.

En la década de 1840, redes de telégrafos se construyeron en la costa este de los Estados Unidos y California.

En 1858, se da el primer cable transatlántico.

En 1864, James Maxwell postulo el principio de propagación inalámbrica, que fue certificada y demostrada por Heinrich Hertz en 1880 y 1887 respectivamente.

En 1876, Alexander Graham patento el teléfono. Marconi y Popov comenzaron a experimentar con el radiografo poco después.

En 1897, Marconi patento un sistema inalámbrico completo, donde su desarrollo se basó en 14 patentes de Nikola Tesla.

En 1904, con la invención del diodo por Fleming.

Y en 1906, el tríodo por lee de Forest lograron un rápido desarrollo en la telefonía de larga distancia(radio).

La invención del transistor el desarrollo de los sistemas electrónicos fundo el camino para los sistemas electrónicos que permitieron fabricar dispositivos y equipos electrónicos portátiles que permitirían una comunicación inalámbrica más practica

**¿Sabes cómo funciona la comunicación inalámbrica en la actualidad?**

Bueno. Cuando 2 dispositivos se conectan inalámbricamente, intercambian información o datos por medio del aire, pueden estar a centímetros, metros o kilómetros de distancia.

Los dispositivos móviles utilizan ondas de radio, pero utilizan tecnología digital para comunicarse a una estación base. De esta manera se puede enviar voz, datos como imágenes, textos, correos, conexión a páginas web o internet entre otras muchas otras características.

Pero, **¿Cómo se transmite la información?**

Te daré el siguiente ejemplo:

Al realizar una llamada, lo primero que sucede es que un chip convierte la voz analógica en una corriente digital de 1 y ceros, esta corriente es codificada en una onda de radio frecuencia, pero como puede ser muy grande distancia provoca que sea débil la señal por ello debe amplificarse antes de transmitirse.

Luego la señal llega a la estación base, se envía hacia un centro de intercambio móvil donde se determina como se distribuirá. Para el dispositivo que recibe esta llamada el proceso es opuesto entonces se extrae la información digital de la señal de radio frecuencia y la señal de voz de la información digital.

**En resumen**, los datos se digitalizan, codificados en la onda de radio amplificados y se envían a su destino.

Como se pudo observar la forma actual de la comunicación inalámbrica se debe gracias a todos los valiosos aportes hechos por los científicos que han permitido mejorar la forma de comunicarnos.

## Comunicaicones Inalámbricas PMR, WIFI, WIMAX, LDSM

El tema **Comunicaciones Inalámbricas PMR, WIFI, WIMAX, LDSM**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra con cada una de las tecnologías o sistemas.

Imagen (#) pantalla de los modelos Outdoor

Para ingresar a la tecnología que se requiera se da click sobre ella, esta abre una nueva ventana, al ingresar al tema **PMR** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, un gif que contiene los grandes hitos de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

Imagen del contenido del tema 2 de la unidad 2

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Contenido audio:

Las redes PMR. Son de gran utilidad puesto que nos facilitan, que los terminales dentro de un entorno, se conecten al centro de control y luego éste la distribuye de las siguientes maneras: a estación, a través de la estación base fijos mediante línea telefónica. De este modo alguna de las aplicaciones de PMR, es gestionar las radiocomunicaciones en flotas que brindan servicios tales como:

Seguridad, bomberos, taxis, entre otras.

al ingresar al tema **WIFI** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una imagen, un gif que contiene los grandes hitos de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

Imagen del contenido del tema 2 de la unidad 2

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Contenido audio:

Algunos beneficios o Ventajas de Wi-Fi. 1: Permite un Acceso extendido: da el acceso, a lugares donde los cables no pueden ir, o donde es demasiado caro para instalarlos. 2: Permite la Reducción de costos. 3: Permite Movilidad, al ser una red inalámbrica. Y, por último, permite Flexibilidad.

Al ingresar al tema **WIMAX** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una imagen, un gif que contiene los grandes hitos de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

Imagen del contenido del tema 2 de la unidad 2

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Contenido audio:

Algunos beneficios o Ventajas de WiMax:

1. Permite mayores coberturas. Además, no requiere de visión directa.
2. Posee un sistema escalable, está diseñado para que escale a varios cientos de usuarios cómodamente.
3. Entrega una tasa de transferencia alta. Y, por último, Calidad de servicio, que permiten servicios incluyendo voz y video que requieren de baja latencia

Al ingresar al tema **LMDS** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, un gif que contiene características del origen de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

Imagen del contenido del tema 2 de la unidad 2

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Contenido audio:

Debido a la anchura de su banda disponible, LMDS puede dar soporte a una gran variedad de servicios simultáneos. Algunos de ellos son:

1. El acceso a Internet de alta velocidad.
2. La televisión digital multicanal Videoconferencia
3. La telefonía: local, nacional e internacional. Y, por último, Servicios de voz Ip.

## Sistemas TETRA, DECT y Radio Mensajería

El tema **Sistemas TETRA, DECT y Radio Mensajería**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra con cada una de estos estándares o sistemas.

Imagen (#) pantalla de los sistemas tetra dect y radio mensajería

Para ingresar a la tecnología que se requiera se da click sobre ella, esta abre una nueva ventana, al ingresar al tema **TETRA** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una tabla, un gif que contiene características de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

Imagen del contenido del tema 3 de la unidad 2

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Contenido audio:

Te diré, 6 ventajas de los sistemas, TETRA:

1. Utiliza una banda de frecuencia baja, en consecuencia, una menor cantidad de equipos repetidores para dar cobertura a una misma zona geográfica.
2. Infraestructura propia y dedicada para situación crítica o de alto performance.
3. Puede trabajar en modo terminal a terminal DMO, en caso, de fallo en las comunicaciones.
4. Es un sistema digital más moderno que GSM, con calidad de audio superior.
5. Aprovechamiento del canal, permite comunicaciones semi-duplex.
- Y 6. Son utilizados en su generalidad, en Misión crítica, seguridad pública, bomberos y otros servicios de alta demanda

Al ingresar al tema **DECT** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, un video y un audio los cuales (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

Imagen del contenido del tema 2 de la unidad 2

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

### **Descripción del video Funcionamiento del sistema DECT:**

#### **DECT. ¿Cómo Funciona?**

Este sistema contiene una estación base o parte fija, y otra, es un teléfono fijo, o la parte portátil del sistema, estas 2 componentes, se intercambian de forma constante.

Ahora bien. La estación base, constituye el puente entre, la conexión telefónica, de internet y los terminales. Puede ser, una estación base DECT, con o sin contestador automático, o un router, DSL, con función DECT, por supuesto.

Cabe mencionar que es posible conectar varias estaciones base para formar una red. Esto se suele utilizar para coberturas telefónicas más amplias. Los sistemas uncelulares y multicelulares permiten una transición suave.

El teléfono es la contraparte de la estación base. Suele ser el auricular inalámbrico el que se conecta a la estación base.

Ya sabemos cómo está conformado en sistema, pero **¿Cómo funciona este sistema DECT?**

Bueno, la estación base transmite continuamente la llamada señal de baliza. Esto puede ser recibido por un teléfono cercano esta señal muestra al terminal la información necesaria para conectarse y enviar datos a través de esta estación base.

Cuando la estación base y el micro teléfono se hayan sincronizado entonces se pueden realizar llamadas inalámbricas.

Cuando se transmiten datos del terminal a la estación base, hay un retardo medio de 10ms que en la práctica es mucho mejor que la transmisión por Wifi o bluetooth.

1994: en un principio era solo posible la comunicación entre dispositivos (teléfono y estación base) de un fabricante cosa que cambio en 1994 pudiendo adaptarse a las necesidades del usuario.

### Contenido audio:

Algunas de las ventajas de los sistemas DECT:

1. Gran alcance, en interiores hasta 50m y en exteriores hasta 300m.
2. Buen ahorro de energía
3. Buena seguridad en lo se escucha
4. Mejor calidad de sonido que estándares anteriores a este
5. Posibilidad de uso simultáneo de varios teléfonos
6. Cambio automático de estación de base lo que se conoce como Handover. Entre muchas más

Al ingresar al tema **Radio Mensajería** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, un video (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea, cabe mencionar que este tiene audio en mitad final del video).

Imagen del contenido del tema de la unidad 2

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

### Evolución de la Radio Mensajería

Antes: Los sistemas de mensaje oral que fueron los primeros en aparecer, es el operador el que dicta en voz el mensaje a través de una emisora de radio, con una codificación que permite que sea recibido exclusivamente por el abonado al que va dirigido.

En cuanto a la actualidad de los sistemas de Radio Mensajería: La mayoría de estos servicios, se basan en un sistema informático, en el que, el operador introduce en un teclado, el texto del mensaje y el código del abonado al que va dirigido, el sistema se encarga de la codificación, y el envío vía radio del texto, que el usuario recibe en su terminal, donde queda memorizado, pudiendo visualizarlo, en una pantalla de cristal líquido.

### Sistemas TRUNKING

El tema **Sistemas TRUNKING**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra con cada una de estos estándares o sistemas.

Imagen (#) pantalla de los sistemas tetra dect y radio mensajería

Contiene un texto, un gif de las características del sistema, un audio (se puede reproducir o pausar en el momento que se desee). Y dos sistemas **RTGC** y **AMPS**.

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual. pagina #####

#### Contenido audio:

Algunas de las ventajas de un sistema Trunking son:

1. Da prioridad a las llamadas de emergencia y ordinarias
2. El usuario puede ser localizado por medio de GPS
- Y 3. Modulación de FM. Entre otras.

Para ingresar al sistema que se requiera se da click sobre este, se abre una nueva ventana, al ingresar al sistema **RTGC** se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra texto y una tabla.

Imagen (#) pantalla de los modelos empíricos

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Al ingresar al sistema **AMPS**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, un audio y un video que se pueden reproducir y pausar en el momento que se desee.

Imagen (3) pantalla del sistema AMPS

#### Contenido audio:

¿Qué es la primera generación móvil?

La primera generación, o 1G de la telefonía móvil, hizo su aparición en el año 1979. Se caracterizó por ser analógica, y estrictamente para voz. En esta generación, la calidad de los enlaces de voz, era muy baja. Lo que provocaba que, la velocidad, y la transferencia entre celdas, sea muy imprecisa. También, tenían baja capacidad, basadas en FDMA, (Acceso múltiple por división de frecuencia), y la seguridad no existía.

La tecnología predominante, de esta generación 1G es: AMPS (Sistema Telefónico Móvil Avanzado).

#### Contenido del video:

Bueno, AMPS, y los sistemas telefónicos móviles, del mismo tipo, dividen el espacio geográfico, en una red de celdas, o simplemente celdas, de tal forma que las celdas adyacentes, nunca usen las mismas frecuencias, y así, de este modo evitar interferencias.

Aparecen en estos sistemas AMPS, dos características que son:

1. Reutilización de frecuencias: este mecanismo, permite un numero de conversaciones concurrentes, mucho mayor, que el número de canales de voz, derivados de la parcelación del espectro asignado.

2. División de celdas, o la adición de celdas entre las celdas existentes:

La reutilización de frecuencias, es una herramienta que conjuntamente con la anterior, daba mayor vida útil a este sistema. Antes de que este se viera completamente limitado por la saturación e interferencia. Entonces, para poder establecer la comunicación, entre usuarios que ocupaban distintas celdas. Como, por ejemplo: Una celda A, con una celda B. Para ello, se interconectan todas las estaciones base a un MTSO (Oficina de Conmutación de Telefonía móvil), o también llamado: MSC (Centro de Conmutación Móvil). A partir de aquí, se establece una jerarquía como la del sistema telefónico ordinario.

## UNIDAD 3 TELEFONÍA MÓVIL TERRESTRE

Esta unidad está compuesta por 3 temas y al final se encuentra un acceso rápido al módulo de Evaluación.

Imagen señalando los tres temas de la unidad 3

Para ingresar al tema 1 de esta unidad se da click en la fecha al final de este donde se despliega el contenido de este tema.

De este modo para tema: **Telefonías Móviles – CDMA, TDMA, CDPD**, se encuentran las tecnologías de este tema, para ingresar a estas se da click sobre la que se requiera, esta abre una nueva ventana, al ingresar al tema **CDMA**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, un gif con características de este, y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea)

Imagen del contenido del tema 1 de la unidad 3

La información o contenido de este es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

### Contenido Audio:

Algunas ventajas, de estos sistemas CDMA:

1. Posee capacidad no rígida, lo que quiere decir que no está limitada rigurosamente debido a que sufre degradación paulatina por interferencia.
2. Permite, una transferencia de llamadas entre celdas no rígidas.
3. Tiene diversidad inherente.
4. Utiliza eficientemente el espectro.
5. Simplifica la planeación y el desarrollo del sistema.
6. Incrementa la capacidad del sistema, en comparación con: TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo), y FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia).
7. 7. Permite, fácil transición de sistema analógico a digital.
- Y 8. Puede coexistir con los sistemas ya instalados y puede hacerse, una migración a largo plazo.

Al ingresar al tema **TDMA**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, un gif con características de este, y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea)

Imagen del contenido del tema de la unidad 3

La información o contenido de este es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

#### Contenido Audio:

Algunas ventajas de la tecnología, TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo)

1. Ahorro energético, debido a la transmisión, a ráfagas.
2. La transmisión discontinua facilita los trasposos.
3. No se requieren duplexores incluso con FDD.
4. Asignación dinámica de capacidades.
5. Puede ser adaptado para transmitir voz y datos, soporta diferentes velocidades.
- Y 6. Esta tecnología, divide a sus usuarios en tiempo asegura que no experimentaran interferencias de otras transmisiones simultáneas.

Al ingresar al tema **CDPD**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una tabla, un gif con características de este.

Imagen del contenido del tema de la unidad 3

La información o contenido de este es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

### Sistemas GSM, GPRS, PCS

El tema **Sistemas GSM, GPRS y PCS**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra con cada una de estos estándares o sistemas.

Imagen (#) pantalla de los sistemas GSM, GRPS...

Para ingresar a la tecnología que se requiera se da click sobre ella, esta abre una nueva ventana, al ingresar al tema **GSM** de la unidad 3. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una tabla, un gif que contiene algunos hitos de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).



### Imagen del contenido del tema de la unidad 3

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

#### Contenido audio:

Algunas de las ventajas de los sistemas GSM:

1. Cobertura extensa: tiene un espectro armonizado, lo que significa que los usuarios pueden operar en diferentes bandas de frecuencia, los usuarios se pueden transferir fácilmente entre las redes y mantener el mismo numero
2. Gran variedad de teléfonos: Debido a su utilización en todo el mundo, hay una mayor variedad de teléfonos que operan en GSM.
3. Permite la transmisión y recepción de información multimedia.
4. Ofrece múltiples servicios como: Mensajería de Texto, Identificador de Llamada, llamada entrante, llamada saliente, llamada en espera, correo de voz, entre otros.

Al ingresar al tema **GPRS** de la unidad 3. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, un gif que contiene algunas características de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

### Imagen del contenido del tema de la unidad 3

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

#### Contenido audio:

Algunas de las ventajas de estos sistemas, GPRS son:

1. Puede brindar una velocidad de conexión 5 veces mayor que su predecesora GSM.
2. Ofrece un amplio número de servicios que van más allá de las llamadas de voz.
3. No existe tarificación por tiempo de conexión, siendo esta realizada a partir del volumen de datos utilizados.
- Y 4. Al utilizar un modo asimétrico de transmisión, la velocidad de transferencia se optimiza según el uso que se le dé a la red.

Al ingresar al tema **PCS** de la unidad 3. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, un gif que contiene la estructura de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

### Imagen del contenido del tema de la unidad 3

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

#### Contenido audio:

Algunas de las ventajas de los sistemas, PCS:

1. Movilidad personal y de terminal: ofrece comunicación sin importar la localización del usuario.
2. Servicios multimedia de calidad: Ofrece servicios multimedia con buena calidad de voz, velocidades de datos entre otros.
3. Servicio de Roaming global y automático, sin limitaciones a una red.
- Y 4. Alta capacidad.

## Sistemas Móviles 4G-LTE, 5G e IOT

El tema **Sistemas Móviles 4G - LTE, 5G e IOT**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra con cada una de estos estándares o sistemas.

Imagen (#) pantalla de los sistemas Móviles 4g-lte...

Para ingresar a la tecnología que se requiera se da click sobre ella, esta abre una nueva ventana, al ingresar al tema **4G - LTE** de la unidad 3. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, un gif que contiene algunos hitos de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

Imagen del contenido del tema de la unidad 3

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

### Contenido Audio:

Algunas ventajas de 4G-LTE:

1. Conexión a internet con velocidades hasta 10 veces más rápidas que con otras redes de 3G.
2. Acceso a todo Smartphone con acceso a redes 4G la posibilidad de conectarse desde cualquier país del mundo.
3. Mejor definición y alta velocidad en red para servicios multimedia.
4. Esta tecnología permite hacer streaming en tiempo y real y con muy buena definición.
- Y 5. Asegura a los usuarios soporte necesario para la movilidad y compatibilidad entre los sistemas, con lo cual se podrá utilizar de banda ancha en cualquier momento y lugar.

Al ingresar al tema **5G e IOT** de la unidad 3. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, un gif que contiene algunas ventajas de este sistema y un video (se puede reproducir y pausar, subir y bajar el volumen en el momento que se desea).

Imagen del contenido del tema de la unidad 3

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Contenido del video Funcionamiento de 5G:

### ¿Cómo funciona la tecnología 5G?

Bueno, te cuento que al igual que las redes celulares anteriores, la tecnología 5G utiliza emplazamientos celulares que transmiten datos a través de ondas de radio. Los emplazamientos celulares se conectan a las redes con tecnología inalámbrica o con conexión por cable. La tecnología 5G funciona al modificar la forma en que se codifican los datos, lo que aumenta significativamente el número de ondas utilizables para los operadores.

La **OFDM**. La multiplexación por división de frecuencia ortogonal.

Es una parte esencial de la tecnología 5G. OFDM es un formato de modulación que codifica las ondas aéreas de banda alta incompatibles con 4G y ofrece una menor latencia y una mayor flexibilidad en comparación con las redes LTE.

#### **Torres más pequeñas**

La tecnología 5G también utiliza transmisores más pequeños colocados en edificios y otras infraestructuras. La tecnología celular 4G y las anteriores dependían de torres móviles independientes. La capacidad de hacer funcionar la red desde pequeños emplazamientos celulares permitirá utilizar muchos dispositivos a velocidades superiores.

#### **Recorte de la red**

Los operadores de redes móviles utilizan la tecnología 5G para desplegar múltiples redes virtuales independientes sobre la misma infraestructura. Pueden personalizar cada corte de red para diferentes servicios y casos de empresa, como los servicios de streaming o tareas empresariales. Al formar una colección de funciones de red 5G para cada caso de uso o modelo específico, puede dar soporte a diferentes requisitos de todos los sectores verticales. La separación de servicios significa que los usuarios se benefician de una experiencia más fiable y una mayor eficiencia en sus dispositivos

## **UNIDAD 4 INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES**

Esta unidad está compuesta por 3 temas y al final se encuentra un acceso rápido al módulo de Evaluación.

Imagen señalando los tres temas de la unidad 4

Para ingresar al tema 1 de esta unidad se da click en la fecha al final de este dónde se despliega el contenido de este tema.

De este modo para tema: **Historia y Evolución de los Satélites**, se encuentra un video explicativo de este concepto puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. También se encuentra un audio (puede reproducir o pausar en el momento que desee)

Imagen del contenido del tema 1 de la unidad 4

La información o contenido de este es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Contenido del video Definición de Satélite Artificial:

**Satélites y su Definición.**

## ¿Qué es un satélite artificial?

Es construido por el hombre, y sirve para enviar y recibir comunicaciones de uso masivo como la telefonía, Internet o la televisión. Gira alrededor de un planeta, en una órbita definida.

## Pero. ¿Cuáles, son las partes de un Satélite artificial?

Bueno, una de ellas es: El **Sistema de suministro de energía**: Asegura, el funcionamiento de los sistemas. Normalmente, está constituido por paneles solares. Estos paneles solares son: dos secciones iguales, y ampliadas de forma simétrica, en las paredes, sur y norte, de un satélite. Cada una de éstas, está conformada, por tres paneles solares, y su función es, transformar la energía del sol, en energía eléctrica.

**Sistema, de control**: Es el ordenador principal del satélite y procesa las instrucciones almacenadas y recibidas desde la Tierra.

**Sistema, de comunicaciones**: Es el conjunto de antenas y transmisores, para comunicarse con las estaciones de seguimiento y así recibir instrucciones y enviar los datos captados. Las antenas, reciben señales de radiofrecuencia de las estaciones terrenas transmisoras o de otros satélites, luego de que son amplificadas, en el satélite se envían de regreso hacia otro destino como a la Tierra, u otro satélite. En el interior de un satélite, las antenas son el puerto de entrada y salida, de los objetos electrónicos localizados dentro del satélite.

**Sistema, de posicionamiento**: Mantienen el satélite, en la posición establecida, y lo apuntan hacia su objetivo.

**Blindaje térmico**: Constituye el aislante térmico que protege los instrumentos del satélite de los cambios bruscos de temperatura a los que están sometidos. Esta protección es la que da el color dorado, característico de muchos satélites.

Y, por último, **la Carga útil**: Sistema que se encuentra en el satélite el cual otorga el enlace para la recepción y transmisión de señales de radiofrecuencia.

Estas, serían las partes más comunes y principales de los satélites. Cabe mencionar, que, dependiendo del fabricante, pueden variar sus componentes, pero aquí te mencione las más comunes y principales.

A continuación, el satélite meteorológico: Meteosat 7, en la imagen. Para este tipo de satélite y de esta manera estarían ubicados sus componentes como se muestra en la imagen.

Bueno, **los tipos de satélites artificiales**: Hay varios tipos básicos de satélites artificiales que orbitan sobre la Tierra como:

**Los Geoestacionarios**: Son aquellos, que se mueven en dirección este-oeste, por encima del Ecuador. Siguen la dirección y velocidad de la rotación de la Tierra. Y, **los Polares**: se llaman así porque, viajan de un polo a otro, en dirección norte-sur.

**Según la función que desempeñan los satélites**, los principales son:

**Satélites de comunicación**: Ayudan a transmitir, y a efectuar telecomunicaciones.

**Satélites meteorológicos**: Aquellos empleados para evaluar, medir, y predecir condiciones climáticas de la Tierra.

**Satélites de navegación**: Se usan, para conocer la posición precisa y exacta de algo o de alguien. Por ejemplo: los utilizados por los sistemas de: GPS.

**Satélites de reconocimiento**: Más conocidos como: satélites espías, se utilizan en el ámbito militar o en servicios de inteligencia.

**Satélites astronómicos:** Se fabrican para observar galaxias, planetas, asteroides u otros objetos astronómicos. Y, los **Satélites de energía solar:** Sirven como fuente de alimentación de energía; la reciben desde el sol y se re direcciona hasta las antenas de los hogares en la Tierra.

Pero, ¿**Cuál es la importancia de los satélites artificiales?**

Los satélites artificiales, que logran posicionarse en la órbita terrestre, son fundamentales para el desarrollo de la especie humana y de la vida en sociedad. Los satélites, se utilizan para la investigación científica, ya que muchos de ellos son enviados al espacio con el objetivo de explorar otros planetas o cuerpos. Además, permiten observar la vida en la Tierra y estudiar fenómenos como: la deforestación, tipos de relieves, nivel de los mares y la contaminación. También, los satélites son fundamentales, para obtener información útil como: los datos del clima en algún punto específico del planeta o la necesaria para la elaboración de mapas. También son los encargados, del desarrollo de la tecnología de tipo: GPS. Que permite conocer la posición casi exacta, de cualquier objeto, sobre la superficie terrestre. Los satélites artificiales, son de gran importancia en el ámbito de las telecomunicaciones, porque transmiten mensajes e información desde un punto del planeta hacia otro. Los satélites de comunicación, envían y reciben señales que permiten el desarrollo de tecnologías y medios de comunicación como: la televisión, la radio, el teléfono celular, e internet.

Contenido Audio:

Las principales características de los satélites artificiales son:

1. Son creados por el ser humano.
2. Pueden ser esféricos, cilíndricos o cónicos. En su interior cuentan con materiales de alta delicadeza y sensibilidad.
3. Pueden ser observados desde la Tierra.
4. Deben tener una ruta o trayectoria a seguir. Cuando un satélite, tiene una trayectoria alrededor de un planeta se denomina órbita.
6. Pueden, estar activos o inactivos. Los satélites tienen una vida útil determinada por lo que, al cabo de un tiempo o debido a ciertos factores entran en desuso.
- y 7. Son lanzados en un cohete

### **Satélites Orbitales y GeoSíncronos: GEO, MEO, LEO**

El tema **Sistemas Orbitales y Geo Síncronos: GEO, MEO, LEO**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un gif, y cada uno de los tipos de satélites

Imagen (#) pantalla de los sistemas Orbitales...

Para ingresar a la órbita que se requiera se da click sobre ella, esta abre una nueva ventana, al ingresar al satélite tipo **GEO** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una tabla, un gif que contiene algunas características de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

## Imagen del contenido del tema de la unidad 4

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual. pagina #####

### Contenido Audio:

Ventajas de la órbita GEO:

1. Amplia cobertura
2. Alta calidad
3. Posibilidad de utilización de aplicaciones de comunicaciones muy diversas.
4. Su coste económico global es menor.

Y 5. Además, la sincronización de su órbita con la rotación de la tierra, convierte el proceso de seguimiento del satélite en mucho más simple que en el de las orbitas no geoestacionarias.

Al ingresar al satélite tipo **MEO** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una tabla, un gif que contiene algunas características de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

## Imagen del contenido del tema de la unidad 4

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual. pagina #####

### Contenido Audio:

Ventajas de la órbita, MEO:

1. Amplia cobertura.
2. Alta calidad.
3. Posibilidad de utilización en aplicaciones de comunicaciones muy diversas y su coste económico global es menor que en los otros sistemas.
4. La sincronización de su órbita con la rotación de la Tierra, convierte el proceso de seguimiento del satélite en mucho más simple que en el de las órbitas no geoestacionarias.
5. Suelen ser órbitas circulares. Al ser más altas que las LEO, la cobertura de cada satélite es mayor y por tanto se necesitan menos satélites para cubrir un área determinada.
6. Y, las pérdidas de propagación más cortas, perfectas para el uso de terminales portátiles y móviles, lo cual tiene un mercado muy amplio.

Al ingresar al satélite tipo **LEO** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una tabla, un gif que contiene algunas características de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

## Imagen del contenido del tema de la unidad 4

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual. pagina #####

### Contenido Audio:

Entre las ventajas de las LEO se puede decir que:

1. Al ser de baja altura, y usar satélites pequeños, el lanzamiento es fácil, y el coste mínimo.
2. La atenuación, por propagación en espacio libre, es pequeña.
- Y, 3. Los retardos de propagación, son pequeños.

## Parámetros y Ecuaciones de un Sistema Satelital

El tema **Parámetros y Ecuaciones de un Sistema Satelital**, se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra una imagen de un modelo de enlace satelital junto con un mapa con la definición de cada elemento de este, también el acceso a los parámetros del sistema Satelital y otro para las Ecuaciones del enlace Satelital.

Imagen (#) pantalla de los sistemas Parametros y ecuaciones...

Para ingresar a cada elemento que se requiera se da click sobre estos, esta abre una nueva ventana, al ingresar al elemento **Estación Terrena** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una tabla, una imagen con el diagrama de esta.

Imagen del contenido del tema de la unidad 4

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual. pagina #####

Al ingresar al elemento **Enlace de Subida** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una imagen con el diagrama de esta.

Imagen del contenido del tema de la unidad 4

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual. pagina #####

Al ingresar al elemento **Enlace de Bajada** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una imagen con el diagrama de esta.

Imagen del contenido del tema de la unidad 4

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual. pagina #####

Al ingresar al elemento **Enlaces Cruzados** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una imagen con el diagrama de esta.

Imagen del contenido del tema de la unidad 4

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual. pagina #####

Al ingresar al elemento **Transpondedor** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (imagen #), se encuentra un texto, una imagen con el diagrama de esta.

Imagen del contenido del tema de la unidad 4

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual. pagina #####

Al ingresar **Parámetros del Sistema Satelital**, se encuentra un video explicativo de este concepto puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este.

Imagen del contenido del tema 1 de la unidad 4

La información o contenido de este es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Contenido del video Parámetros de un sistema satelital:

En un sistema satelital, se deben tener en cuenta una serie de parámetros, es por ello que en este video se mencionaran estos.

Empecemos por el PIRE, que es la potencia radiada isotrópica efectiva. Esta se define como una potencia de transmisión equivalente, y se expresa, mediante la siguiente ecuación.

$$PIRE = P_r * G_t$$

Donde:

$$P_r = \text{Potencia total radiada de una antena (watts)}$$
$$G_t = \text{Ganancia de antena transmisora (adimensional)}$$

Ahora en términos logarítmicos (en dB). La ecuación anterior se escribe de la siguiente manera:

$$PIRE_{(dBW)} = P_{r(dBW)} + G_{t(dB)}$$



Donde:

$P_t = \text{Potencia de salida real del transmisor (dBW)}$

$L_{bo} = \text{Perdidas por respaldo de HPA (dB)}$

$L_{bf} = \text{Ramificación total y pérdida de alimentador (dB)}$

De esta manera, tendríamos la siguiente ecuación final.

$$PIRE = P_t - L_{bo} - L_{bf} + G_t$$

Otro parámetro, de un sistema satelital es: La temperatura equivalente, de ruido (Te). El cual es un valor hipotético, que puede calcularse, pero no medirse.

(Te), frecuentemente se usa en vez de la figura de ruido, porque es un método más exacto para expresar el ruido aportado por un dispositivo o un receptor cuando se evalúa su rendimiento. La potencia de ruido, es expresada por:

$$N = KTB$$

Entonces, si se agrega, la temperatura ambiente, se tendría:

$$T = \frac{N}{KB}$$

Donde:

$N = \text{Potencia total de ruido (watts)}$

$K = \text{Constante de Boltzman } (1.38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K})$

$B = \text{Ancho de banda (Hz)}$

$T = \text{Temperatura ambiente (}^\circ\text{K)}$

El factor de ruido (adimensional), se expresa:

Donde, Te, es la temperatura de ruido, y se halla de la siguiente manera:

$$NF = 1 + \frac{Te}{T}$$

Donde, Te, es la temperatura de ruido, y se halla de la siguiente manera:

$$Te = T(NF - 1)$$

Un tercer parámetro, de un sistema satelital es la densidad de ruido.

La potencia, de ruido total normalizada a un ancho de banda de 1Hertz, matemáticamente se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$No = \frac{N}{B} = KTe$$

Donde, No es la densidad de potencia de ruido y se da en W/Hz.

El cuarto parámetro, es la Relación de potencia de portadora a densidad de ruido. Y, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{C}{N_o} = \frac{C}{K T_e}$$

Donde.

C, es la potencia de la portadora, de banda ancha.

Otro parámetro es: La Relación de potencia de energía de bit a densidad de ruido.

$E_b/N_o$ , es uno de los parámetros más importantes y utilizados en comunicaciones satelitales, cuando se evalúa un sistema de radio digital. Se expresa mediante la siguiente formula:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{\frac{C}{f_b}}{\frac{N}{B}} = \frac{C B}{N f_b}$$

La Relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido es otro parámetro de un sistema satelital. Donde,  $G/T_e$ , es una figura mérito usada para representar la calidad de un satélite en receptor de una estación terrena. Y se expresa:

$$\frac{G}{T_e} = \frac{G_r + G_{LNA}}{T_e}$$

También,  $G/T_e$ , es un parámetro muy útil para determinar relaciones de  $E_b/N_o$  y  $C/N$  en el transponder del satélite y receptores de la estación terrena.

Y, por último, tenemos: Las Pérdidas por espacio libre el PEL se expresa de la siguiente manera:

$$PEL = L_o = \left( \frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2$$

Al ingresar a **Ecuaciones del Enlace Satelital**, se encuentra un video explicativo de este concepto puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este.

Imagen del contenido del tema de la unidad 4

La información o contenido de este es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina ####

Contenido del video Ecuaciones de un Sistema Satelital:

En un enlace satelital, se tienen en cuenta las ecuaciones. Estas ecuaciones, se usan para analizar las secciones de subida y de bajada de un sistema satelital. Aquí solo se consideran las ganancias y pérdidas ideales, de igual manera los efectos de ruido térmico.

De esta manera se tiene:

La ecuación del enlace ascendente. Que se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{C}{N_o} = \frac{G_t P_r (L_o L_u) G_r}{K T_e} = \frac{G_t P_r (L_o L_u)}{K} * \frac{G}{T_e}$$

Donde:

Lo: Son las pérdidas por espacio libre.

Lu: Son las pérdidas atmosféricas de subida adicionales.

G/Te: Va ser, la ganancia de la antena receptora, más la ganancia del LNA, dividida, por la temperatura de ruido, equivalente de entrada.

En logaritmo, estaría expresada por:

$$\frac{C}{N_o} = 10 \log(G_t P_r) - 20 \log\left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right) + 10 \log\left(\frac{G}{T_e}\right) - 10 \log(L_u) - 10 \log(k)$$

$10 \log(G_t P_r) =$  Es la PIRE de la estación terrena

$20 \log\left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right) =$  Pérdidas por espacio libre

$10 \log\left(\frac{G}{T_e}\right) =$  Relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido del satélite

$10 \log(L_u) =$  Pérdidas atmosféricas adicionales

$10 \log(k) =$  Constante de Boltzman

A continuación, tenemos: la ecuación del enlace descendente. Se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{C}{N_o} = \frac{G_t P_r (L_o L_d) G_r}{K T_e} = \frac{G_t P_r (L_o L_d)}{K} * \frac{G}{T_e}$$

Donde

$L_d$  Son las pérdidas atmosféricas de bajada adicionales, los demás parámetros ya sabemos que significan.

Si se expresan en logaritmo tendríamos la siguiente formula:

$$\frac{C}{N_o} = 10 \log(G_t P_r) - 20 \log\left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right) + 10 \log\left(\frac{G}{T_e}\right) - 10 \log(L_d) - 10 \log(k)$$

Donde:

$10 \log(G_t P_r) :$  Es la potencia radiada isotropica efectiva.

$10 \log(L_d) :$  Pérdida atmosféricas, adicionales

## MODULO CALCULAR

Para el ingreso a este módulo se da click en sobre el (1), donde ingresara a la lista de los seis (6) modelos que trabaja este software, este módulo permite ingresar datos por teclado al usuario para realizar el cálculo de las perdidas por trayecto de cada modelo.

Imagen del módulo calcular abierto

A continuación, se describe modelo por modelo del módulo calcular.

Para ingresar a realizar cálculos al **Modelo Walfisch – Ikegami**, de click sobre este, el cual abrirá un cuadro de dialogo seleccione las características y tenga en cuenta los parámetros de este modelo de esta manera le ira mostrando las ecuaciones según su selección, y por último ingrese los datos por teclado tenga en cuenta los rangos o condiciones de cada dato, de click en **CALCULAR** y obtendrá la respuesta, también cuenta con la opción de **BORRAR DATOS** que sirve para limpiar la pantalla.

Imagen de calcular el modelo walfisch ikegami

Para ingresar a realizar cálculos al **Modelo Cost 231 – Hata**, de click sobre este, el cual abrirá un cuadro de dialogo seleccione las características y tenga en cuenta los parámetros de este modelo de esta manera le ira mostrando las ecuaciones según su selección, y por último ingrese los datos por teclado tenga en cuenta los rangos o condiciones de cada dato, de click en **CALCULAR** y obtendrá la respuesta, también cuenta con la opción de **BORRAR DATOS** que sirve para limpiar la pantalla.

Imagen de calcular el modelo cost 231 hata

Para ingresar a realizar cálculos al **Modelo ITU – Recomendación P.1546-5**, de click sobre este, el cual abrirá un cuadro de dialogo seleccione las características y tenga en cuenta los parámetros de este modelo de esta manera le ira mostrando

las ecuaciones según su selección, y por último ingrese los datos por teclado tenga en cuenta los rangos o condiciones de cada dato, de click en **CALCULAR** y obtendrá la respuesta, también cuenta con la opción de **BORRAR DATOS** que sirve para limpiar la pantalla.

Imagen de calcular el modelo ITU- R.P

Para ingresar a realizar cálculos al **Modelo Erceg C o SUI**, de click sobre este, el cual abrirá un cuadro de dialogo seleccione las características y tenga en cuenta los parámetros de este modelo de esta manera le ira mostrando las ecuaciones según su selección, y por último ingrese los datos por teclado tenga en cuenta los rangos o condiciones de cada dato, de click en **CALCULAR** y obtendrá la respuesta, también cuenta con la opción de **BORRAR DATOS** que sirve para limpiar la pantalla.

Imagen de calcular el modelo Erceg C

Para ingresar a realizar cálculos al **Modelo Okumura – Hata**, de click sobre este, el cual abrirá un cuadro de dialogo seleccione las características y tenga en cuenta los parámetros de este modelo de esta manera le ira mostrando las ecuaciones según su selección, y por último ingrese los datos por teclado tenga en cuenta los rangos o condiciones de cada dato, de click en **CALCULAR** y obtendrá la respuesta, también cuenta con la opción de **BORRAR DATOS** que sirve para limpiar la pantalla

Imagen de calcular el modelo Okumura Hata

Para ingresar a realizar cálculos al **Modelo 3D – UMI LOS y 3D – UMI NLOS**, de click sobre este, el cual abrirá un cuadro de dialogo seleccione las características y tenga en cuenta los parámetros de este modelo de esta manera le ira mostrando las ecuaciones según su selección, y por último ingrese los datos por teclado tenga en cuenta los rangos o condiciones de cada dato, de click en **CALCULAR** y obtendrá la respuesta, también cuenta con la opción de **BORRAR DATOS** que sirve para limpiar la pantalla

Imagen de calcular el modelo 3D – UMI

## MODULO GUÍA LABORATORIO

Para el ingreso a este módulo se da click en sobre el (1), donde mostrara una guía de un laboratorio practico que permite aplicar algunos modelos de propagación en ambientes Outdoor – Exteriores vistos en este Software Educativo, este laboratorio es una guía en formato pdf que podrá ver en línea o ser descargada.

Imagen del módulo guía laboratorio abierto

## MODULO EVALUACIÓN

Para el ingreso a este módulo se da click en sobre el (1), donde ingresa a una lista de cuatro (4) unidades correspondientes a las unidades vistas en el módulo **CONTENIDO**, que contienen preguntas de estas con selección de respuesta que permite al estudiante realizarse una autoevaluación de los conocimientos adquiridos con estas temáticas teóricas, además al en la parte inferior de esta ventana encontrara en formato pdf la respectiva rubrica de evaluación que describe los criterios que se tienen en cuenta para estas evaluaciones que podrá ver en línea en descargar.

Imagen del módulo Evaluación abierto

A continuación, se describe unidad por unidad del módulo Evaluación.

Para ingresar a realizar la evaluación de la **UNIDAD 1**, de click sobre esta, el cual abrirá un cuadro de dialogo con las respectivas preguntas, para seleccionar la respuesta que crea correcta de click sobre el circulo para finalizar la evaluación de click en **FINALIZAR CUESTIONARIO** y obtendrá la cantidad final de respuestas correctas.

Imagen del módulo Evaluación unidad 1 abierto

Para ingresar a realizar la evaluación de la **UNIDAD 2**, de click sobre esta, el cual abrirá un cuadro de dialogo con las respectivas preguntas, para seleccionar la respuesta que crea correcta de click sobre el circulo para finalizar la evaluación de click en **FINALIZAR CUESTIONARIO** y obtendrá la cantidad final de respuestas correctas.

Imagen del módulo Evaluación unidad 2 abierto

Para ingresar a realizar la evaluación de la **UNIDAD 3**, de click sobre esta, el cual abrirá un cuadro de dialogo con las respectivas preguntas, para seleccionar la respuesta que crea correcta de click sobre el circulo para finalizar la evaluación de click en **FINALIZAR CUESTIONARIO** y obtendrá la cantidad final de respuestas correctas.

Imagen del módulo Evaluación unidad 3 abierto

Para ingresar a realizar la evaluación de la **UNIDAD 4**, de click sobre esta, el cual abrirá un cuadro de dialogo con las respectivas preguntas, para seleccionar la respuesta que crea correcta de click sobre el circulo para finalizar la evaluación de click en **FINALIZAR CUESTIONARIO** y obtendrá la cantidad final de respuestas correctas.

Imagen del módulo Evaluación unidad 4 abierto

## BIBLIOGRAFÍA

Alfonso, J. M. (2009). Modelo de propagación Empírico Para Predicción de Pérdidas de Potencia en Señales Inalámbricas Bajo el Estándar IEE 802.11B/G.

Area tecnología. (s.f.). *Area Tecnología*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/electronica/sistemas-inalambricos.html>

Aula Clic S.L. (2005). *Aula Clic*. Obtenido de <https://www.aulaclic.es/articulos/wifi.html>

aws amazon. (2023). *Amazon Web Services*. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/what-is/5g/>

Axess. (2019). *AXESS Networks*. Obtenido de <https://axessnet.com/los-satelites-artificiales/>

Barrios Ulloa, A. R. (2021). Comparación de modelos de propagación de ondas de radio de un canal inalámbrico en un entorno urbano de la ciudad de Barranquilla. *Revistas Científicas CUC edu CESTA*.

Beguería, S. (2018). *CEUPE*. Obtenido de <https://www.ceupe.com/blog/planificacion-y-preparacion-de-la-entrevista.html>

Bejarano Gonzales, D. O. (2012). *Universidad Piloto de Colombia*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/1020>

Bejarano González, D. O. (2012). *Diseño y desarrollo de un software para simulación de propagación en redes LTE*. Universidad Piloto de Colombia.

Bulgarin, L., & Picos, C. (2022). *PDFCoffe*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/metodo-grafico-18-pdf-free.html>

Calderón, J., Díaz, W., & Márquez, N. (2000). Metodologías para el desarrollo de software educativo.

Camarillo cruz, K., Correa Bernal, M., & Luckie Solís, N. (2021). *De círculos y Colores*. Obtenido de [https://ade.edugem.gob.mx/bitstream/handle/acervodigitaledu/53720/JARZPT171\\_De%20c%C3%ADrculos%20y%20colores.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://ade.edugem.gob.mx/bitstream/handle/acervodigitaledu/53720/JARZPT171_De%20c%C3%ADrculos%20y%20colores.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Campos, B. (2021). *Grupo NUVABELA*. Obtenido de <https://nuvabela.com/blog/f/tipos-de-embalaje-y-elementos-de-proteccion-de-mercancias>

Campos, D., Itzel, A., Moreno, L., Arcos, M., & Huerta, R. (2013). *Control Interno de Efectivo*. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiBorm39c76AhXYTDABHXi\\_A8sQFnoECckQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.uv.mx%2Fperson-al%2Fbarmartinez%2Ffiles%2F2013%2F02%2FCONTROL-INTERNO-DE-EFECTIVO.pptx&usg=AOvVaw2AwqiGbAvtEF0UiznAVmAo](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiBorm39c76AhXYTDABHXi_A8sQFnoECckQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.uv.mx%2Fperson-al%2Fbarmartinez%2Ffiles%2F2013%2F02%2FCONTROL-INTERNO-DE-EFECTIVO.pptx&usg=AOvVaw2AwqiGbAvtEF0UiznAVmAo)

Carranza, A. E., & Nuñez Wagner, M. C. (2017). Metodologías de desarrollo de software educativo.



Carreño, M. (2013). *Slideshare*.

Castro Garcia, P. (2016). *YouTube* . Obtenido de <https://youtu.be/BetoKxOL2Jw>

Ciordia, Ó. (2020). *YouTube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=hF1nisiVLYY>

Cueva Mieles, R. D., & Reyes Quimí, R. A. (2019). Modelos pedadógicos en el aprendizaje de las TICs plataforma web.

Diario ABC, S.L. (2019). *ABC Tecnología*. Obtenido de [https://www.abc.es/tecnologia/informatica/soluciones/abci-grandes-hitos-wifi-primeros-20-anos-201909301222\\_noticia.html](https://www.abc.es/tecnologia/informatica/soluciones/abci-grandes-hitos-wifi-primeros-20-anos-201909301222_noticia.html)

Dubravcic G., Y. (s.f.). *Monografias*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos13/guiadeim/guiadeim>

Equipo editorial, Etece. (2023). *Enciclopedia Humanidades*. Obtenido de <https://humanidades.com/satelites-artificiales/>

Fernandez, D., Cárdenas, A., & Marín , A. (s.f.). Telefonía móvil celular sistemas AMPS y TACS estudio comparativo. Revista Faculta de ingeniería universidad de Antioquia.

Ferrer Roca, O. (2001). *Telemedicina*. Medica panamericana.

Garcia Rueda, F. (2016). Modelos de propagacion para comunicaciones móviles 4G y 5G.

Genially. (2021). *Genially* . Obtenido de <https://view.genial.ly/583d9691ba1aa639b083610e/interactive-content-sistema-tipicos-pmr>

Gigaset. (s.f.). *Gigaset*. Obtenido de [https://www.gigaset.com/es\\_es/cms/dect.html](https://www.gigaset.com/es_es/cms/dect.html)

Hernadez Magro, J. (s.f.). Acceso múltiple por division de código (CDMA).

Hernandez, C., Corredor, O., & Pedraza, L. (2010). *SciELO*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v14n26/v14n26a11.pdf>

Herrera Rubio, J. E. (2020). *Metodología de medición del espectro con técnicas experimentales para obtener modelos de propagación*.

Herrera Rubio, J., & Villamizar Roza, W. (s.f.). Ajuste y comprobacion de un modelo exprimental de radio propagacion en ambientes exteriores semi urbanos para sistemas inalambricos en la banda de frecuencia 2.4 GHz.

Herrera, J., & Trujillo, C. (2019). *The Electrochemical Society*. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1388/1/012045/pdf>

Huidobro, J. (2014). *Comunicaciones Móviles Sistemas GSM, UMTS y LTE*. RA-MA.

Ibarra, E. V. (2016). *Repositotio Unipamplona*. Obtenido de [http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/668/1/Villamizar\\_2016\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/668/1/Villamizar_2016_TG.pdf)

Ingeniatic. (2011). *etst.upm*. Obtenido de <https://www.etsist.upm.es/estaticos/ingeniatic/index.php/tecnologias/item/594-lmds-local-multipoint-distribution-system.html>

ITU 2023. (s.f.). *ITU Recomendaciones*. Obtenido de <https://www.itu.int/en/ITU-R/Pages/default.aspx>

JFM INGENIERIA. (2021). *JFM INGENIERIA*. Obtenido de <https://youtu.be/XPTXTNsDaNM>

Lain, J. (2019). *Purple*. Obtenido de [https://purple.ai/es/blogs/la-historia-del-wifi/#:~:text=El%20WiFi%20se%20invent%C3%B3%20y,%C3%A1rea%20local%20inal%C3%A1mblicas%20\(WLAN\).%20-](https://purple.ai/es/blogs/la-historia-del-wifi/#:~:text=El%20WiFi%20se%20invent%C3%B3%20y,%C3%A1rea%20local%20inal%C3%A1mblicas%20(WLAN).%20-)

Lorenzo, J. (2022). *RZ redes zone*. Obtenido de <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/tetra-red-comunicaciones-emergencias/>

Montserrat, J. (s.f.). *Escuela Politecnica Superiro de Gandia*. Obtenido de [https://poliformat.upv.es/access/content/group/OCW\\_6511\\_2010/Unidad%20Did%C3%A1ctica%201.%20Telefon%C3%ADa%20M%C3%B3vil%20Privada/1.1.Private%20Mobile%20Radio\\_Sesi%C3%B3n%201.pdf](https://poliformat.upv.es/access/content/group/OCW_6511_2010/Unidad%20Did%C3%A1ctica%201.%20Telefon%C3%ADa%20M%C3%B3vil%20Privada/1.1.Private%20Mobile%20Radio_Sesi%C3%B3n%201.pdf)

Morrison. (2020). *YouTube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=IPLAtSq-9Yg>

Morrison. (s.f.). *YouTube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=IPLAtSq-9Yg>

Partes del . (s.f.). *Partes de un S  t  lite artificial*. Obtenido de <https://www.partesdel.com/partes-de-un-satelite-artificial.html>

Pinto , A., Torres, J., Garcia Bello, A., Perez, N., & Uzcategui, J. (2016). Modelo para Estimación de Pérdidas de Propagación en Sistema de television Digital Abierta. *Revista de Ingenieria Electronica, Automatica y Comunicaciones (RIELAC)*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/eac/v37n2/eac06216.pdf>

Plain Concepts. (2022). *Plain Concepts*. Obtenido de <https://www.plainconcepts.com/es/5g-iot/#:~:text=Impacto%20del%205G%20en%20el%20IoT,-Estamos%20viendo%20que&text=La%20convergencia%20de%20ambas%20tecnolog%C3%ADas,r%C3%A1pido%20y%20aumentar%20su%20funcionalidad.>

Ponce , N., & Castillo, E. (2008). Estudio de los estándares para redes inal  mblicas WIMAX.

Poveda, J. (s.f.). *SliderPlayer*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/141633/>

Quintana , A., Bordón Lopez, R., & Montej   Sanchez, S. (2013). *SciELO*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59282013000100002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282013000100002)

Relax, D. (2014). *YouTube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=sF5-RTPywTc>

Salazar, J. (s.f.). *Redes Inal  mblicas*. Techpedia.

Técnicas Competitivas. (s.f.). *Técnicas Competitivas*. Obtenido de [https://www.tecnicascompetitivas.com/?page\\_id=400](https://www.tecnicascompetitivas.com/?page_id=400)

UIT - R. (s.f.). *Union Internacional de Telecomunicaciones*. Obtenido de Metodos de prediccion de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3000MHz: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-5-201309-!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-5-201309-!!PDF-S.pdf)

UIT-R, I. (2014). *Sistemas móviles terrestres digitales con utilizacion eficaz del espectro para tráfico de despacho*.

Urbe.edu. (s.f.). *Modelo del enlace Satelital*. Obtenido de <https://www.urbe.edu/info-consultas/web-profesor/12697883/articulos/Comunicaciones%20Satelites%20y%20Celulares/Modelo%20de%20Enlace%20Satelital.pdf>

Velasquez Barrios, W., & Padilla Arrieta, C. (2008). *Tecnologías de Informacion y Comunicacion Historia y Evolucion, Selecccion y uso de las Diferentes Tecnologias de Redes*.

Vera, F., Valdes, G., & Plasencia, J. (2022). *Gale Academico Onefile*. Obtenido de <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA146391209&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=02585944&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7E4c75fc4f#:~:text=Los%20denominados%20sistemas%20de%20radiotelefon%C3%ADa,a%20la%20red%20p%C3%BAblica%20de>

Virguez, J. (julio de 2016). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/javiervirguez/modelo-outdoor-e-indor>

WhistleOut. (2019). *WhistleOut*. Obtenido de <https://www.whistleout.com.mx/CellPhones/Guides/difrencias-entre-3g-y-4g-lte>

Wifisafe Spain S.L. (2013). *WifiSafe*. Obtenido de <https://wifisafe.com/blog/algunos-beneficios-del-wifi/>

Xirio. (s.f.). *Xirio Online*. Obtenido de <https://www.xirio-online.com/web/help/es/okumura-hata.htm>