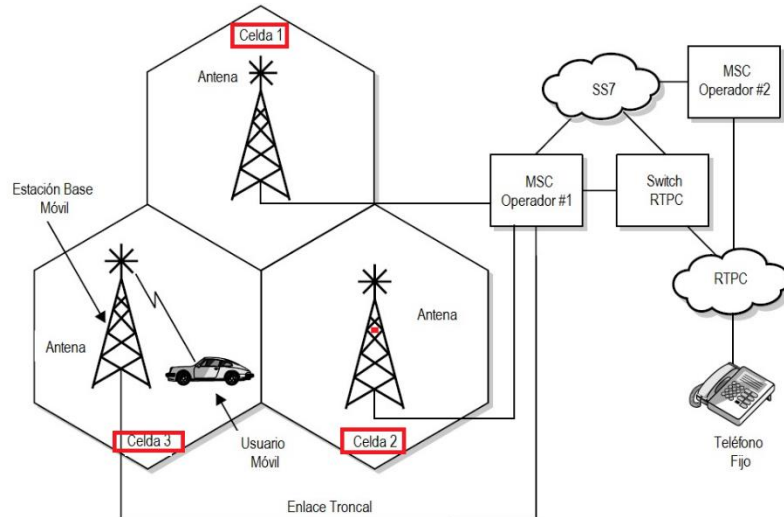


## CAPÍTULO 3

### PLANEACIÓN DE FRECUENCIAS

#### Celdas

Cada celda tiene una estación base que consiste en una torre y un pequeño edificio que contiene el equipo de radio. En cualquier celda, pueden hablar 56 personas en sus teléfonos celulares al mismo tiempo. [1]



[2]

#### Sub-división de celdas

- Se subdivide una célula congestionada en otras más pequeñas
- Se necesita reducir la potencia de las nuevas células
- La división celular presenta el inconveniente de localizar nuevos emplazamientos
- Complica la asignación de canales
- Se suele llevar a cabo una vez realizada la sectorización [1]

#### Tipos de celdas

##### a) MACROCELDAS

Se entiende como macrocélula aquella celda que proporciona cobertura con un alcance de algunos kilómetros; a saber: zonas rurales, zonas montañosas, autopistas, zonas residenciales suburbanas, zonas residenciales urbanas.

##### b) MICROCELDAS

Las microcélulas son, células urbanas cubiertas por estaciones base con antenas transmisoras colocadas por debajo de las alturas medias de los edificios circundantes. El alcance es decir la (cobertura) suele ser inferior a 1 km.

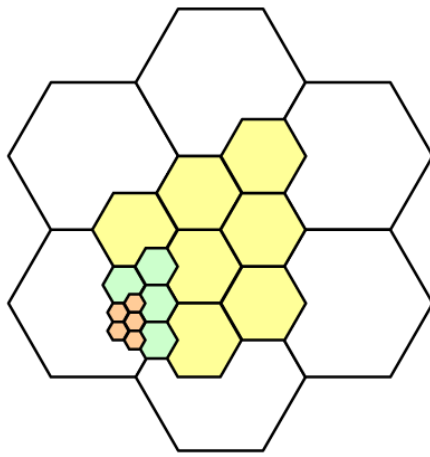
##### c) PICOCELDAS

- Picoceldas estas se logran al reducir mucho más el tamaño de las celdas, (cobrimiento menor a 100 metros).

- Una reducción en el tamaño de una celda implica un aumento en su capacidad (manejo de tráfico)
- Las picoceldas se utilizan para brindar cobertura en las zonas de muy alto tráfico, tales como centros de negocios. [1]

	MACRO	MICRO	PICO
RADIO DE CELULAS	1 a 20 Km	0.1 a 1 Km	0.05 a 0.1 Km
POTENCIA DE TRANSMISION	1 a 10 w	0.1 a 1 w	0.05 a 0.1 W

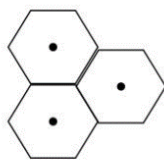
[3]



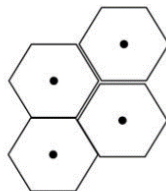
- **Macro célula**
  - Radios entre 1.5 y 20 km
  - Zonas de baja densidad (rurales)
- **Minicélula**
  - Radios ente 0.5 y 1.5 km
  - Zonas de densidad media (núcleos urbanos de importancia media)
- **Micro célula**
  - Radios de 0.2 a 0.5 km
  - Zonas de densidad alta (núcleos urbanos)
- **Picocélula**
  - Radios < 250 m
  - Zonas interiores con gran densidad (aeropuertos, etc)

## Clúster

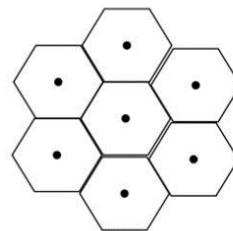
- Clusters es un conjunto o grupo de células.
- Se Agrupan la totalidad de las frecuencias disponibles por la red celular
- Ningún canal se vuelve a utilizar dentro de un cluster. Los clusters se agrupan en 4, 7, 12 o 21 celdas



Cluster de 3 celdas



Cluster de 4 celdas



Cluster de 7 celdas

Los puntos negros son radiobases

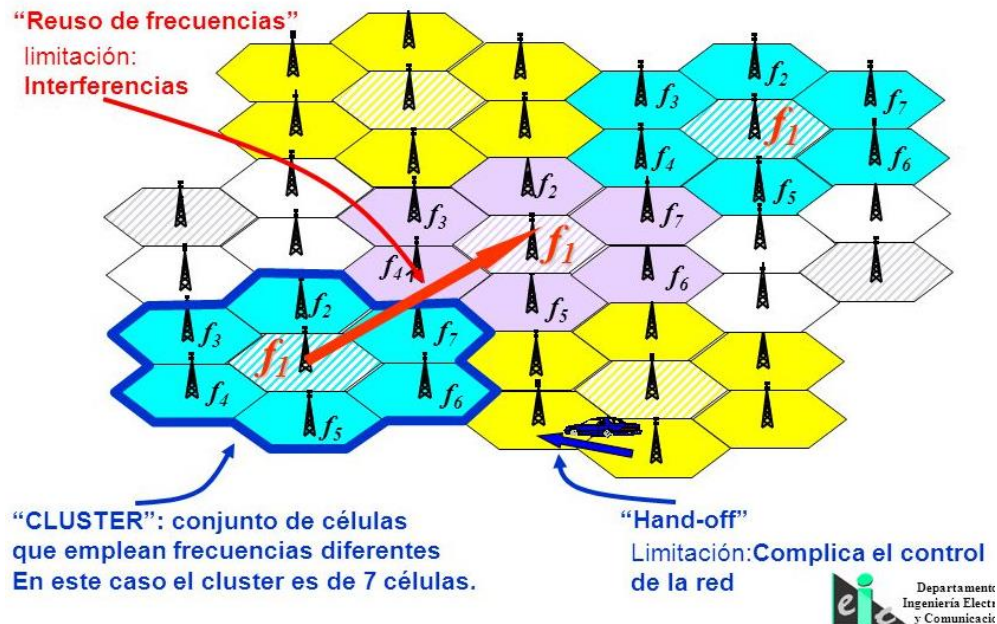
Cobertura irregular real



[4]

## REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS

- Permiten reutilizar canales de frecuencia en distintas zonas geográficas y garantizar un nivel de interferencia adecuado
- Usuarios de diferentes clusters pueden usar simultáneamente el mismo canal
- Se la realiza debido al escaso espectro de frecuencias [5]



## CAPACIDAD DE UN ÁREA GEOGRÁFICA

La capacidad de un grupo de celdas está dada por:  $S = kN$

Si el grupo de celdas se repite  $M$  veces dentro de un área geográfica, entonces la capacidad total ( $C$ ) de dicha área está dada por:

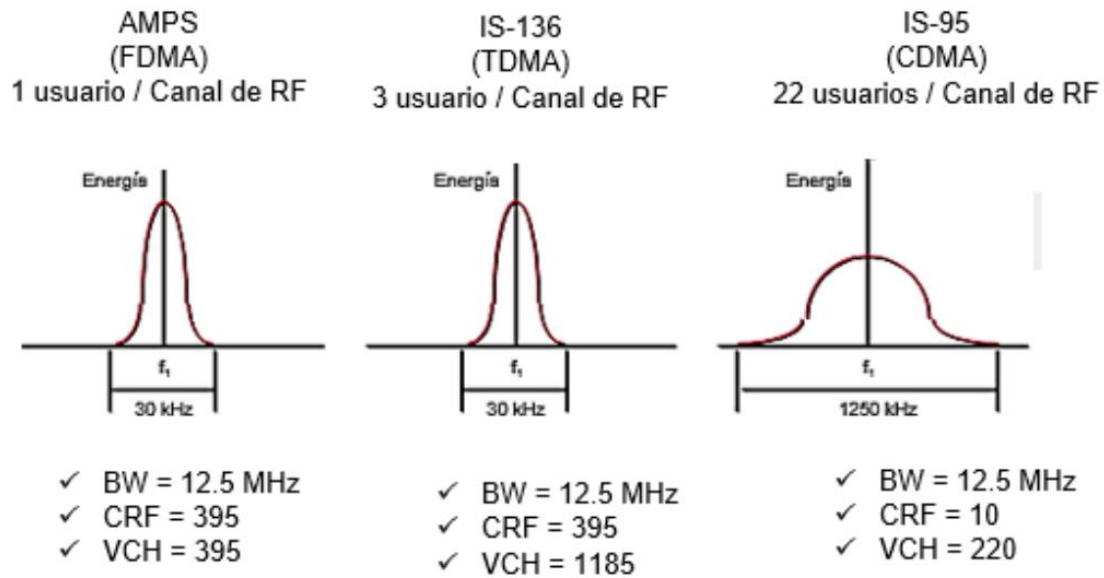
$$C = MkN = MS$$

**Ejemplo:**

- $S=660$
- $N=4$
- $M=4$
- $k=165$ .

Entonces:  $C=2640$

## MÉTODOS DE ACCESO MÚLTIPLE



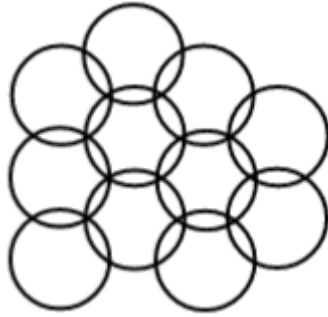
### Comparación

MÉTODO	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>FDMA</b>	Asignación de Frecuencias, acceso continuo y controlado del canal. Se recomienda cuando existen pocos nodos con mucho tráfico, con poco ancho de banda a velocidades bajas (menores que 128 Kbps). SCPC/FDMA tiene una capacidad del 100% (cero retardos)	-Disponibilidad fija del canal centralizado -No se requiere control -Terminales de bajo costo. -Usuarios con diferentes capacidades pueden acomodados.	-Requiere backoff de intermodulación (bandas de guarda), esto reduce el caudal eficaz del transponder. -Sistema muy rígido, cambios en la red hace difícil el reasignamiento. -El ancho de banda se incrementa conforme el numero de nodos aumenta.
<b>TDMA</b>	Asignación de ranuras de tiempo. Cada portadora ocupa diferente ranura. Se recomienda para muchos nodos con trafico moderado. DAMA se recomienda para muchos nodos con poco trafico. TDMA tiene una capacidad del 60% al 80%.	-Optimización del ancho de banda -La potencia y ancho de banda del transpondedor es totalmente utilizado.	-Tiempos de guarda y encabezados reducen el caudal eficaz. -Requiere de sincronización centralizada. -Terminales de alto costo
<b>CDMA</b>	Asignación de códigos a cada usuario. CDMA Capacidad del canal del 10%.	-Se trasmite a baja potencia -Control no centralizado, canales fijos. -Inmune a la interferencia.	- Requiere de gran ancho de banda. - Existe un número limitado de códigos ortogonales. - Trabajan solo eficientemente con velocidades preseleccionadas.

[6]

## GEOMETRÍA CELULAR

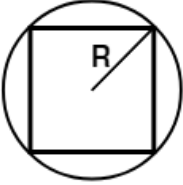
- El área de cobertura de una BS es sin forma
- Al comienzo de los sistemas celulares: necesidad de utilizar una forma geométrica regular
- La elección inmediata (cobertura circular) no es válida: zonas de solapamiento



- El hexágono es el que tiene un área mayor: se necesitan menos BS para cubrir un terreno [1]



$$A_{\text{triángulo}} = \frac{3\sqrt{3}}{4} R^2$$



$$A_{\text{cuadrado}} = 2R^2$$



$$A_{\text{hexágono}} = \frac{3\sqrt{3}}{2} R^2$$

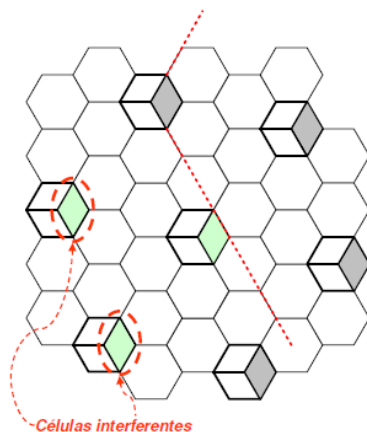
## PLANEACIÓN CELULAR

### Sectorización

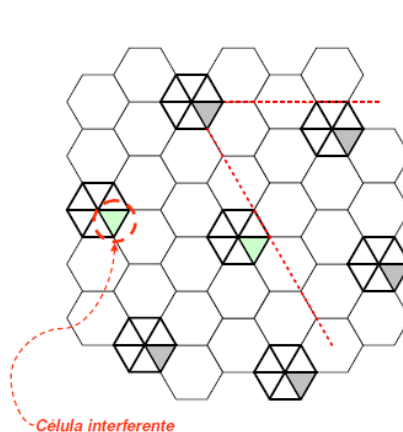
- Consiste en dividir una célula en un conjunto de sectores, cada uno con sus propias frecuencias, a cada sector se le asigna un subconjunto de frecuencias y se usan antenas direccionales en la base, para dar cobertura a cada sector.
- Se suelen dividir desde 3 a 6 sectores.
- La capacidad no se incrementa, pero se disminuye el nivel de interferencia en general
- Incremento en el reuso de frecuencias, aumentando el número mayor de usuarios. [7] [1]

### Tipos de sectorización

- Sectorización a 120°
  - Hay dos BS interferentes

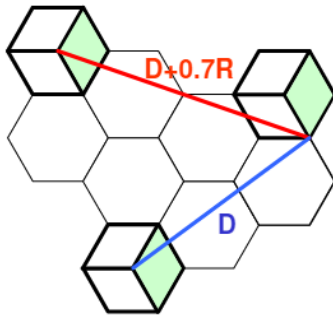


- Sectorización a 60°
  - Sólo hay una BS interferente



## Sectorización 120°

- Sólo 19 canales por sector (57/3)
- Cada sector soporta 11.2 Erlangs
- Cada celda A = 11.2 x 3 = 33.6 Erlangs
- 1008 llamadas por hora (24% menos respecto al caso omnidireccional)



- Distancias de las BS interferentes: aproximadamente D y D + 0.7R<sup>(2)</sup>
  - En (1) Lee asume que las dos BS están a distancia D + R/2

- Las dos BS interferentes están a D:

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{2} \left( \frac{D}{R} \right)^{\gamma} = \frac{1}{2} Q^{\gamma} = \frac{1}{2} (\sqrt{3N})^{\gamma}$$

- Peor caso (BS interferentes están a D-R):

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{2} \left( \frac{D-R}{R} \right)^{\gamma} = \frac{1}{2} (Q-1)^{\gamma} = \frac{1}{2} (\sqrt{3N}-1)^{\gamma}$$

- Fórmula de Lee inicial<sup>(1)</sup>:

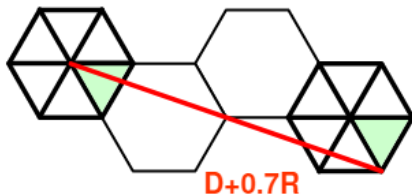
$$\frac{C}{I} = \frac{1}{2} (Q+0.5)^{\gamma} = \frac{1}{2} (\sqrt{3N}+0.5)^{\gamma}$$

- Fórmula de Lee mejorada (figura):

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{(Q+0.7)^{-\gamma} + Q^{-\gamma}}$$

## Sectorización 60°

- Sólo hay 9 canales por sector.
- Cada sector soporta 3.78 Erlangs.
- Por cada celda A = 3.78 x 6 = 22.7 Erlangs
- 680 llamadas por hora (49% menos respecto al caso omnidireccional)



- Distancia aproximada de la única BS interferente: D + 0.7R<sup>(1)</sup>

- La BS interferente está a distancia D:

$$\frac{C}{I} = \left( \frac{D}{R} \right)^{\gamma} = Q^{\gamma} = (\sqrt{3N})^{\gamma}$$

- Peor caso (BS interferente a D-R):

$$\frac{C}{I} = \left( \frac{D-R}{R} \right)^{\gamma} = (Q-1)^{\gamma} = (\sqrt{3N}-1)^{\gamma}$$

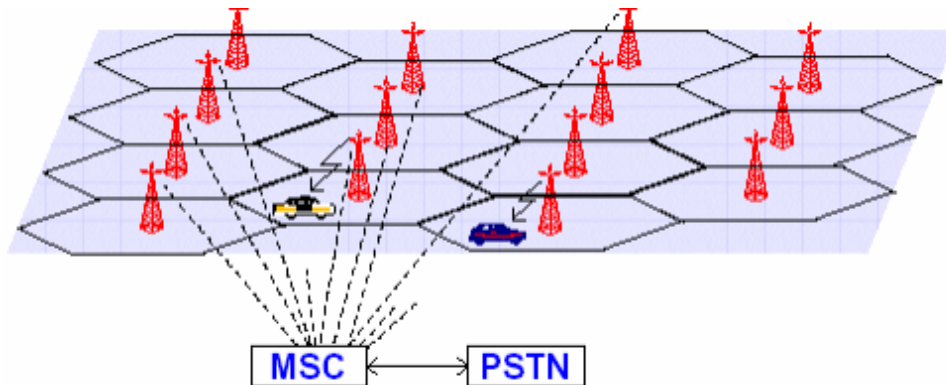
- Fórmula de Lee<sup>(1)</sup>:

$$\frac{C}{I} = (Q+0.7)^{\gamma} = (\sqrt{3N}+0.5)^{\gamma}$$



## Área de localización

- El área de localización es aquella formada por un conjunto de células
- Determinan el área donde se encuentra el móvil y las células a través de las cuales se emitirá un mensaje de búsqueda para este móvil, en caso de llamadas entrantes al mismo [1]



[7]

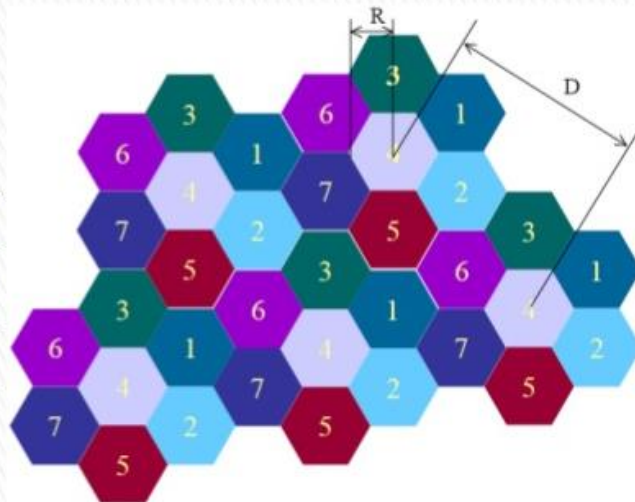
## Ejercicio.

- Ejercicio: Para un tamaño de clúster  $N = 7$ , y radio de celda  $R = 3 \text{ Km.}$ , calcular la distancia de reuso:

$$D = R\sqrt{3N} = R.Q$$
$$\Rightarrow D = 3\sqrt{3.7}$$
$$\Rightarrow D = 13,748 \text{ Km}$$

Para un tamaño de clúster de  $N = 7$ , la mínima distancia a la cual se puede reusarla frecuencia es aproximadamente

$Q = 4,6$  veces el radio de la celda  $R$ .



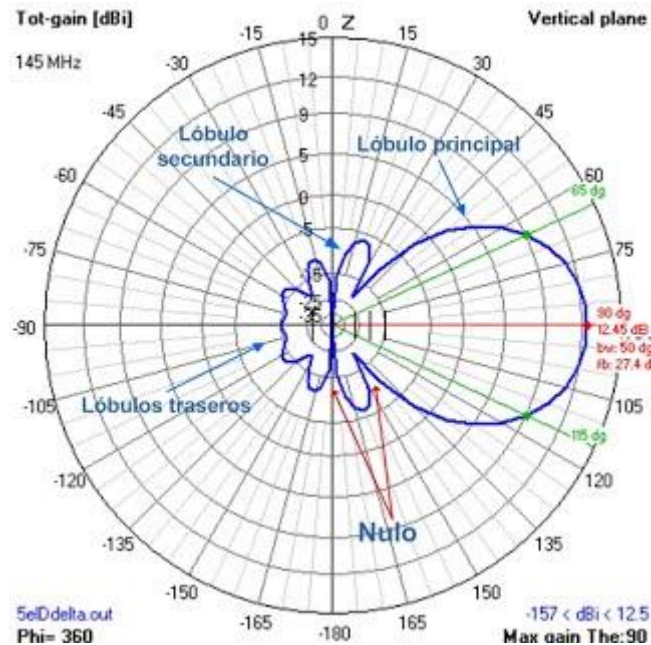
## ANTENAS

### Parámetros de las Antenas

- Ganancia
- Patrón de radiación
- Directividad
- Polarización
- Impedancia
- Efectos terrestres
- Ancho de banda

## Patrones de Radiación de las Antenas

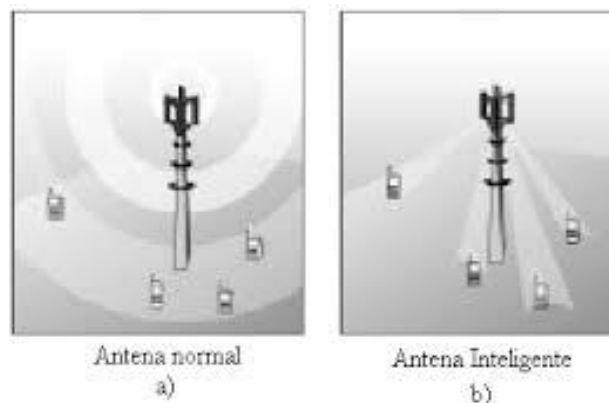
El patrón de radiación de una antena en una representación gráfica de las características de radiación de ella en función de la potencia, tanto en dirección horizontal como en dirección vertical, en sentido con el suelo [8]



## TIPOS DE ANTENAS

## Antenas Inteligentes

- **Modo omnidireccional.** La antena en este modo funciona exactamente igual que las antenas convencionales, es decir, emite señal con la misma intensidad hacia todas direcciones. [8]
- **Modo direccional.** En este modo, la antena emite señal en una sola dirección y con un cierto ángulo de apertura. La consecuencia de transmitir en este modo se traduce en un mayor alcance hacia la dirección donde emite la antena debido a que ésta concentra todo su espectro de potencia en un rango de obertura mucho menor. [8]



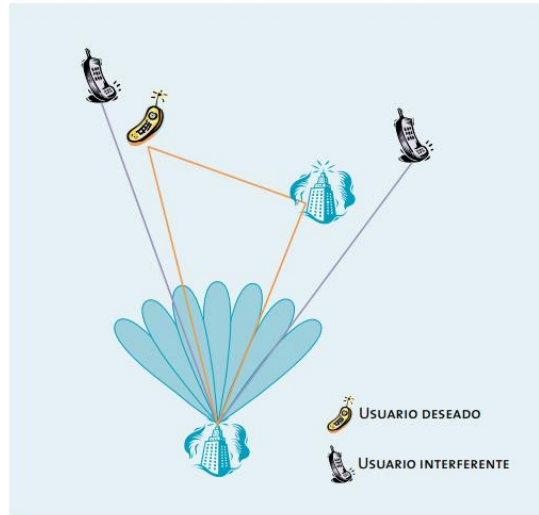


## Tipos de antenas Inteligentes

Los sistemas de Antenas inteligentes se clasifican en tres tipos:

- **Haz Conmutado (Switched Beam)**

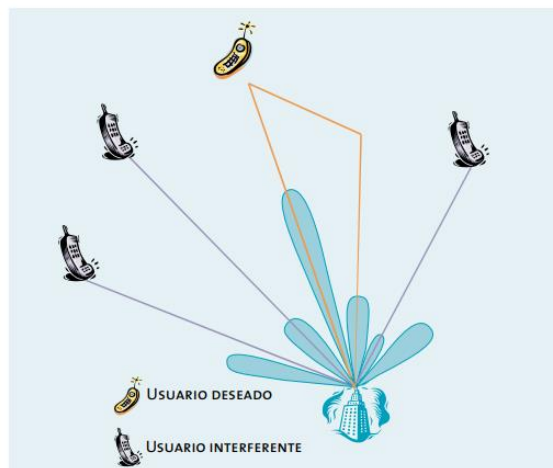
- El sistema genera varios haces a ángulos prefijados que se van conmutando secuencialmente dando como resultado un barrido discreto de la zona de cobertura en posiciones angulares fijas.
- En cada posición discreta del haz se activa el sistema de recepción para detectar la posible existencia de señales. [8]



- **Haz Adaptativo**

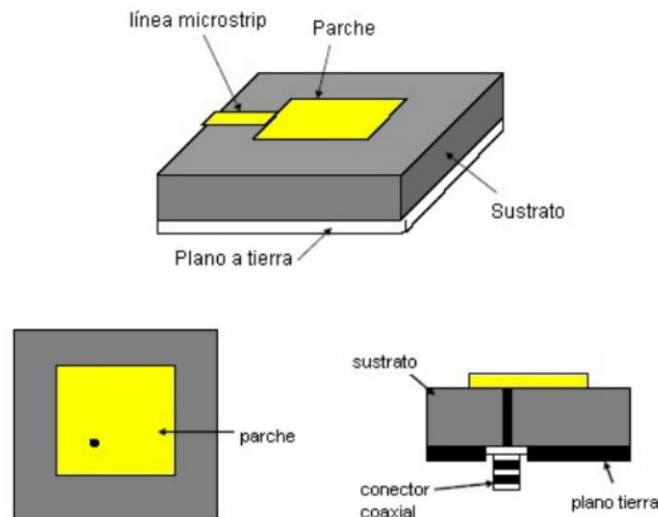
En este sistema, las salidas de cada elemento del arreglo de antenas se ponderan con un factor de peso cuyo valor se asigna dinámicamente para conformar un diagrama de radiación que presente el haz principal hacia la posición del usuario deseado y los haces o lóbulos secundarios hacia las direcciones de las componentes de multitrayecto de la señal deseada y mínimos o nulos de radiación en las direcciones de las fuentes de interferencia.

Esta técnica requiere el uso de algoritmos (DoA) tanto para la detección de las señales de arribo e interferentes como para la optimización de los pesos que conforman el haz [8]



## Antenas Microstrip

La antena microstrip es una extensión de la línea de transmisión microstrip. Sus dimensiones se eligen de forma que el “parche” disipe la potencia en forma de radiación. [5]



### Características:

- Su rango de frecuencia podría variar desde los 300 MHz hasta los 50 GHz lo que le da una amplia capacidad de uso.
- Están basadas en la tecnología de circuito impreso con técnicas de fotograbado que crea estructuras sobre un dieléctrico, esto hace que las antenas puedan ser más compactas y sirvan para diferentes aplicaciones como la aviación, dispositivos móviles etc.
- Su tamaño reducido es muy ventajoso sin embargo esto tiene como costo no poder manejar mucha potencia como en el caso de otras antenas, además están hechas para rangos de frecuencia cortos.
- Consisten, básicamente, en un conjunto formado por una superficie metálica radiante frente a otra que actúa como plano de tierra y separadas por un espacio dieléctrico de espesor muy pequeño.
- El parche rectangular es el elemento más utilizado para la implementación, para el cual existe una manera efectiva de calcular sus dimensiones, tomando en cuenta que siempre va a ver un factor que afecte y varíe las mismas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Mendioroz, Telefonía Móvil Celula, 2015.
- [2] P. Turmero, «monografias,» [En línea]. Available:  
<https://www.monografias.com/trabajos103/telefonía-celular-sistema/telefonía-celular-sistema.shtml>.
- [3] C. G. GAIBOR, «uta.edu.ec,» [En línea]. Available:  
[https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/395/3/Tesis\\_t139ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/395/3/Tesis_t139ec.pdf).
- [4] W. Salazar, «repositorio.umsa.bo,» [En línea]. Available:  
<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/13487/PG-1904-Salazar%20Luna%2C%20Wilmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [5] J. & A. L. ARGUELLO, Diseño e implementación de un prototipo de antena, Sangolqui, 2009.
- [6] D. Boza, «slideshare,» [En línea]. Available:  
<https://es.slideshare.net/marboza/deximarbozaact7>.
- [7] F. Isai, «slideshare,» [En línea]. Available:  
<https://es.slideshare.net/FranklinIsaiLeonhuacal/presentacion-propagacion-en-sistemas-celulares>.
- [8] C. Guita, E. Muñoz y N. Fierro, «Antenas inteligentes y su desempeño en redes wireless,» 2007. [En línea]. Available:  
<http://revistas.uach.cl/pdf/sintec/v3n2/art05.pdf>.