



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN**

**PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERO TÉCNICO DE TELECOMUNICACIÓN.
SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN**

IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO

AUTOR:

D. FRANCISCO JAVIER CURIESES SANZ

TUTORES:

D. JAVIER MANUEL AGUIAR PÉREZ

D. CARLOS VILLAVERDE MARTÍN

17 de junio de 2019

TITULO: IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL
INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO
HOSPITALARIO

AUTOR: FRANCISCO JAVIER CURIESES SANZ

TUTORES: JAVIER MANUEL AGUIAR PÉREZ
CARLOS VILLAVERDE MARTÍN

DEPARTAMENTO: TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E
INGENIERÍA TELEMÁTICA

Miembros del Tribunal

PRESIDENTE: MARÍA ÁNGELES PÉREZ JUÁREZ

SECRETARIO: JAVIER MANUEL AGUIAR PÉREZ

VOCAL: JAIME GÓMEZ GIL

FECHA DE LECTURA:

CALIFICACIÓN:

RESUMEN DEL PROYECTO

En el siguiente documento se explican algunos de los parámetros más característicos que afectan a las telecomunicaciones y que hay que tener en cuenta antes de diseñar cualquier tipo de emplazamiento. Posteriormente da el paso a la explicación de todos los elementos por los que está formada una estación base de telefonía móvil, así como la función y mecanismos propios de cada uno. También se detallará la ubicación de los equipos, además de su distribución para conseguir dotar de cobertura al recinto hospitalario y a sus alrededores.

ABSTRACT

The following document explains some of the most important and characteristic parameters that affect telecommunications and that should be considered before designing any type of telecommunication emplacement. Subsequently, it is explained all the elements that conform a mobile telephone station, as well as the function and mechanisms of each one. Finally, it will be detailed the location of the equipment, and also distribution in order to provide coverage to the hospital and nearby areas.

PALABRAS CLAVE

3G, 4G antena, estación base, LTE, RRU, UMTS, telefonía móvil.

INDICE

<i>CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</i>	11
1.1 Introducción	12
1.2 Objetivo del proyecto	12
1.3 Motivación	12
1.4 Estructura del trabajo	13
<i>CAPITULO 2. CONCEPTOS PREVIOS</i>	15
2.1 Evoluciones de las comunicaciones móviles	16
2.2 Conceptos técnicos	20
2.2.1 Ondas electromagnéticas.....	20
2.2.2 Voltage Standing Wave Ratio	21
2.2.3 Multiplexación	22
2.2.4 Productos de intermodulación.....	23
2.2.5 Polarización.....	24
2.2.6 Insertion loss	26
2.2.7 Return loss	26
2.2.8 Diversidad	27
<i>CAPITULO 3. PROYECTO DE IMPLANTACIÓN</i>	30
3.1 Objeto del proyecto	31
3.1.1 Titular.....	32
3.1.2 Ubicación del emplazamiento	32
3.1.3 Clasificación radioeléctrica.....	33
3.2 Características de la instalación	33
3.2.1 Cuadro eléctrico	34
3.2.2 Bastidor outdoor.....	36
3.2.4 Sistema de antenas	48
3.2.5 Sistemas de transmisión	56
3.2.6 Coaxiales.....	57
3.2.7 Conectores.....	58

3.2.8 Diplexores	58
3.2.9 Combinadores	63
3.2.10 Splitters	65
3.2.11 Amplificadores	65
3.3 Sistema radiante final	65
<i>CAPITULO 4. LÍNEAS FUTURAS Y CONCLUSIÓN</i>	68
4.1 Conclusiones	69
4.2 Líneas futuras	69
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	72
<i>ANEXO. PLANOS Y ESQUEMAS UNIFILARES DEL EMPLAZAMIENTO.....</i>	75

FIGURAS

Figura 1. Onda ondulatoria [4]

Figura 2. Campo eléctrico y magnético de una onda plana

Figura 3. Onda estacionaria, onda directa y onda reflejada [6]

Figura 4. Multiplexación de señales

Figura 5. Representación de los diferentes productos de intermodulación (líneas continuas), respecto a las frecuencias fundamentales (líneas discontinuas) [7]

Figura 6. Polarización de una onda

Figura 7. Polarización horizontal (izquierda) y vertical (derecha) [9]

Figura 8. Componentes campo E de una onda polarizada circularmente a izquierdas (izquierda) y a derechas (derecha)

Figura 9. Elemento pasivo

Figura 10. Elemento pasivo con onda reflejada

Figura 11. Multipath [10]

Figura 12. Plano de situación del emplazamiento.

Figura 13. Cuadros eléctricos

Figura 14. Disyuntor monofásico vs disyuntor trifásico

Figura 15. Alimentación utilizada desde cuadro eléctrico

Figura 16. Ubicación cuadro eléctrico

Figura 17. Bastidor CF-36 LAT [13]

Figura 18. Distribución CF-36 LAT

Figura 19. Bastidor EC-1

Figura 20. Especificaciones rectificador R-48 3500 Emerson [14]

Figura 21. Controladora DUW20 [15]

Figura 22. Baseband 5212 [16]

Figura 23. Transport Connectivity Unit (TCU).

Figura 24. RBS6601 con tarjetas en su interior [17]

Figura 25. Batería PowerSafe 12V92F

Figura 26. Configuración final bastidores

Figura 27. Planta ubicación bastidores

Figura 28. RRU 01 [17]

- Figura 29. Radio 2217 (izquierda) y 2219 (derecha) [19]
- Figura 30. Instalación de RRUs
- Figura 31. Conexiones RRU 01 B8
- Figura 32. Antena indoor
- Figura 33. Antena K-80010173 [20]
- Figura 34. MY-1743 [21]
- Figura 35. Antena mimetizada
- Figura 36. Antena SLIM [21]
- Figura 37. Mimetizados en forma de naturaleza [21]
- Figura 38. Antena K-80010291v02 [22]
- Figura 39. Conexiones K-80010291v02 [22]
- Figura 40. Ubicación antenas K-80010291v02
- Figura 41. Radioenlaces en estación base (izquierda) y radioenlaces de mayor capacidad (derecha)
- Figura 42. PTRO en una estación base
- Figura 43. Diplexor K-78210620 [26]
- Figura 44. Filtros paso banda diplexor K-78210620 [26]
- Figura 45. Esquema interno K-78210620
- Figura 46. Filtros paso banda diplexor K-78310971 [27]
- Figura 47. Triplexor K-78210630 [28]
- Figura 48. Filtros paso banda triplexor K-78210630 [28]
- Figura 49. Combinador híbrido K-7821534 [29]
- Figura 50. Esquema interno combinador híbrido k-78210534 [29]

TABLAS

Tabla 1. Rango de frecuencias de operación para Telefónica

Tabla 2. Coordenadas de ubicación del emplazamiento.

Tabla 3. Características K-80010173 [20]

Tabla 4. Características MY-1743 [21]

Tabla 5. Características K-80010291v02 en la banda 790-960 Mhz [22]

Tabla 6. Características K-80010291v02 en la banda 1710-2180 Mhz [22]

Tabla 7. Comparativa atenuación coaxial [23] [24] [25]

Tabla 8. Especificaciones diplexor K-78210621 [26]

Tabla 9. Especificaciones diplexor K-78310971 [27]

Tabla 10. Especificaciones triplexor K-78210630 [28]

Tabla 11. Características combinador k-78210534 [29]

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

En un mundo cada vez más conectado es necesaria la construcción y actualización de emplazamientos de comunicaciones que permitan el intercambio de información entre los usuarios. Es indudable que la tecnología avanza a pasos asombrosos, 50 años atrás nadie se imaginaba que íbamos a ser capaces de mantener una comunicación telefónica entre Palencia y Nueva York, o descargar un archivo alojado en un servidor a cientos o incluso miles de kilómetros, en cuestión de segundos. Esto es gracias a la inmensidad de emplazamientos de comunicaciones móviles instalados en todo el mundo, que permiten el intercambio de datos de un terminal móvil a otro, pasando por un conjunto de antenas, radioenlaces y/o kilómetros de fibra óptica.

Una buena comunicación está marcada por la eficiencia que poseen los equipos utilizados y las técnicas de procesamiento y transmisión de las señales, en este caso, radioeléctricas. Por ello, ingenieros trabajan estudiando y desarrollando formas para que el tratamiento, transmisión y procesamiento de estas señales se realice de una forma más eficiente y rápida. Desde la aparición del 2G hasta el despliegue total de la red 4G, muchos han sido los cambios que se han producido, tanto en el procesado y tratamiento de las señales como en la red de conmutación de cada una de ellas.

Para un operador de telefonía móvil una de las cosas más importantes es la velocidad, además de la capacidad de usuarios que puede soportar su red. Por ello, un buen diseño de las estaciones bases es indispensable para poder transmitir con la potencia necesaria y cubrir los radios de cobertura más adecuados. Desde la controladora que procesa las señales en banda base hasta las antenas encargadas de radiar las señales radioeléctricas, que posteriormente son recibidas por los terminales de los usuarios, pasando por las unidades de radio y en algunos casos diplexores, amplificadores de señal, etc., hacen que las comunicaciones de un usuario con otro o el acceso a internet del mismo, se realice en tiempos sumamente bajos.

1.2 Objetivo del proyecto

Los principales objetivos de este trabajo son los siguientes:

- Estudio de los parámetros técnicos más importantes en los elementos de radiofrecuencia que interfieren en las comunicaciones móviles.
- Detallar las diferentes partes que componen una estación base de telefonía móvil.
- Conocer para qué sirven y cómo se conectan las diferentes partes de la estación base.
- Realizar una breve mirada al futuro para ver las posibilidades que nos ofrece la nueva generación de telefonía móvil.

1.3 Motivación

Durante la realización de las prácticas en la empresa Outsourcing Group Desarrollo SL., con sede en Valladolid, dentro del departamento de infraestructuras obtuve conocimientos avanzados sobre estaciones de telefonía móvil. Encargado de realizar estudios para la implantación de nuevas tecnologías móviles en emplazamientos ya existentes. Dentro de esos estudios, tenía como objetivo el realizar un análisis completo del emplazamiento para determinar qué equipos había que instalar o desinstalar, así como la

ubicación de los mismos, para posteriormente presentar unos planos, que se deben aprobar para proceder a su instalación. Tras observar que existe poca información de carácter público acerca de este tema, decidí realizar mi trabajo fin de grado sobre la implantación de varias tecnologías móviles para dar a conocer el funcionamiento completo de una estación base de telefonía móvil.

1.4 Estructura del trabajo

El trabajo se divide en 4 capítulos y un anexo que ayudan a entender cómo funciona una estación de telefonía móvil.

En el presente capítulo 1 se explica el factor motivacional para la realización de este trabajo fin de grado, se realiza una breve introducción a las telecomunicaciones móviles y se explican los objetivos.

En el capítulo 2 se introducirá al lector al mundo de las comunicaciones móviles con un poco de historia sobre la evolución y las características de las diferentes generaciones que han existido, desde la generación 0 hasta la cuarta (donde se detallará la tecnología *Long Term Evolution*), pasando por la segunda y tercera generación de telefonía móvil. También se explicarán los conceptos técnicos esenciales para entender el funcionamiento de los diferentes elementos que componen la estación.

En el capítulo 3 se pasará a explicar los distintos equipos y elementos que componen una estación base de telefonía móvil, así como las conexiones entre ellos. Además, se presentará la ubicación de éstos dentro del hospital y a los lugares que proporcionan cobertura móvil.

Finalmente, se presentará un último capítulo en el que se aportarán las conclusiones finales extraídas con la elaboración de este trabajo y unas líneas futuras donde se expone el futuro de la telefonía móvil con la revolución traída por el 5G.

En el anexo se podrán observar los distintos planos con la instalación del emplazamiento.

CAPITULO 2. CONCEPTOS PREVIOS

2.1 Evoluciones de las comunicaciones móviles

La telefonía móvil se basa en el envío de datos mediante ondas radioeléctricas, lo que permite al usuario estar conectado aun estando en movilidad (siempre y cuando, el terminal, se mantenga en una zona de cobertura y a una velocidad razonable respecto a la superficie terrestre).

En 1924 apareció el primer “teléfono móvil experimental” (generación 0), el cual estaba basado en la transmisión de ondas de radio. Este sistema de comunicación estaba integrado en los taxis, ambulancias o coches de bomberos. Los primeros estándares de esta generación fueron PTT (*Push to Talk*) e IMTS (*Improved Mobile Telephone System*). En la década de los 70 aparece la primera generación (1G), tenía baja calidad y baja capacidad. Tan solo ofrecía servicios de voz [1]. A lo largo de los 80’s llegó la segunda generación de telefonía móvil, 2G o también conocida como GSM (*Global System for Mobile Communication*). Esta generación ya definía bandas de frecuencia de utilización para la transmisión de datos (en Europa se fijó la banda de 1800MHz, que posteriormente se tuvo que ampliar a la banda de 900MHz debido al crecimiento que estaba sufriendo la telefonía móvil). Posteriormente se desarrolló la tercera generación, 3G o UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), la cual aumenta la velocidad de transmisión, así como la capacidad respecto a GSM. Aparece por primera vez el soporte a una amplia variedad de servicios y aplicaciones en entornos móviles. Dentro de la tercera generación se evolucionó hasta 3.5G, que no es más que una mejora de la velocidad de transmisión de UMTS, así como una reducción de la latencia en la transmisión y recepción de datos. Dentro de esta podemos destacar HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) y HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*). Debido a las necesidades de mayores tasas binarias, mayor capacidad y menores tiempos de espera, llegó E-UTRAN (*Evolved UTRAN*), que abarca la red de acceso LTE (*Long Term Evolution*) y el núcleo de red EPC (*Evolved Packet Core*) [2].

GSM (Global System for Mobile communications)

GSM definió una serie de requisitos entre los que cabe destacar:

- Itinerancia internacional (dentro de los países de la CE).
- Gran capacidad de tráfico.
- Utilización eficiente del espectro radioeléctrico.
- Sistema de señalización digital.
- Servicio básicos de voz y datos.
- Seguridad y privacidad en la interfaz radio.
- Calidades altas de cobertura, tráfico y señal recibida.

Las especificaciones del GSM fueron elaboradas y editadas por el ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*). Los principales aspectos son:

- 1) Bandas de frecuencia: Uso de las bandas de 900MHz (890-915 MHz para la transmisión del terminal móvil y 935-960 MHz para la transmisión de la estación base) y 1800MHz (1710-1885 MHz para la transmisión del terminal móvil y 1805-1880 MHz para la transmisión de la estación base).
- 2) Separación dúplex: Para la banda de 900MHz, 45MHz y para la banda de 1800MHz, 95MHz.

- 3) Separación de canales: Los canales se encuentran separados 200kHz, para proporcionar un valor mínimo en selectividad de 18dB entre canales adyacentes.
- 4) Modulación: Uso de la modulación GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*).
- 5) Dispersión Doppler: Se puede compensar la dispersión causada debido al efecto Doppler, hasta velocidades del móvil de 200 km/h.
- 6) PIRE máxima de la estación base: 500W por portadora.
- 7) Dispersión temporal: 16µs como máximo.
- 8) Potencia nominal de las estaciones móviles: Existen diferentes tipos de estaciones, con potencias de 2, 5, 8 y 20W.
- 9) Estructura celular y reutilización: Estructuras celulares sectorizadas de tipo 3/9 o 4/12 (emplazamientos / células o grupos de frecuencias) en medios urbanos y omnidireccionales en medios rurales.
- 10) Acceso múltiple: Utilización de TDMA (*Time Division Multiple Access*) como técnica de acceso al medio.
- 11) Canales de tráfico: Dos tipos de canales, uno para voz y otro para datos.
- 12) Canales de control: Diferentes canales de control: difusión, comunes y dedicados.
- 13) Localización automática: Se localiza el móvil para saber a qué estación está conectado.
- 14) Traspaso: Traspaso de llamadas entre diferentes estaciones, para asegurar que el móvil se mantenga siempre conectado.
- 15) Seguridad: Se establece una técnica de cifrado para las comunicaciones de voz y datos.

Al principio las comunicaciones estaban basadas en circuitos, pero posteriormente se decidió el estudio de la aplicación de conmutación de paquetes en las redes móviles. Con ello, en 1991 apareció GPRS (*General Packet Radio Service*), que se conoce como el puente entre la segunda y tercera generación. GPRS presenta una mayor velocidad respecto a GSM (21,4kb/s de velocidad máxima) [2].

UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)

UMTS es la tercera generación de red de comunicaciones móviles europea. Las características más destacables son:

- Amplia variedad de servicios y aplicaciones móviles.
- Permite la implantación de servicios definidos por proveedores de servicios con independencia de la red que soporte.
- Introducción flexible de nuevas facilidades y servicios multimedia.
- Velocidad asignable por demanda, hasta 2 Mbits/s.
- Calidades de servicios iguales o superiores a GSM.
- Compatibilidad con GSM.
- Eficiencia espectral.

- Carácter abierto de la norma para favorecer la interoperabilidad de equipos y terminales.

El acceso radio en UMTS dispone de una serie de recursos que utiliza la capa física para dar servicios a la capa MAC. Podemos destacar varios recursos básicos [2]:

- 1) Portadoras RF: UMTS dispone dos modos de funcionamiento:
 - a. *Modo FDD (Frequency Division Duplexing)*: Utiliza entre 1920 – 1980 Mhz para UL (*uplink*) y 2100 – 2170 Mhz para DL (*downlink*), con una separación de 5 Mhz entre frecuencias. Como el ancho de banda es de 60 Mhz, disponemos de 12 canales, donde se distribuyeron los 4 operadores (Amena (actual Orange), Movistar, Vodafone y Xfera (actual Yoigo)).
 - b. *Modo TDD (Time Division Duplexing)*: Frecuencias entre 1900 – 1920 MHz para UL/DL y 2010 -2025 Mhz para UL/DL. En total se dispone de un ancho de banda de 35Mhz, con lo cual se tiene 7 canales. Estos canales fueron asignados uno a cada operadora móvil, quedando 3 canales sin asignar.
- 2) Códigos: Para la transmisión de datos se utiliza un código de ensanchamiento de espectro. Primero se multiplica cada símbolo por un código OVVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*) y posteriormente se multiplica, por un código de aleatorización SC (*Scrambling Code*).
- 3) Codificación de canal: Se especifican dos tipos de códigos de canal:
 - a. Código de redundancia cíclica, CRC (*Cyclic Redundancy Check*), para la detección de errores.
 - b. Código para la corrección de errores, FEC (*Forward Error Correction*).
- 4) Modulación: En el canal descendente se utiliza modulación QPSK con filtros de premodulación en raíz de coseno alzado. En el canal ascendente se utilizan dos modulaciones de fase BPSK (una en el eje I y otra en el eje Q).
- 5) Estructura celular: Al igual que en GSM, en UMTS existen varios niveles jerárquicos: macrocélulas, microcélulas y picocélulas.
- 6) Sistemas de antenas: Se utilizan antenas omnidireccionales, sectorizadas y antenas inteligentes multihaz. Estas últimas poseen diagramas de radiación múltiples y configurables, de manera que la antena pueda radiar a las zonas donde se encuentren los usuarios.
- 7) Diversidad: UMTS hace uso del multitrayecto empleando diversidad en sus sistemas.

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) y HSUPA (High speed Uplink Packet Access)

HSDPA y HSUPA llegan simplemente para mejorar las tasas binarias ofrecidas por UMTS.

En HSDPA se utilizan los mismos canales lógicos que en UMTS pero se define un nuevo canal de transporte descendente (HS-DSCH) compartido, se define una nueva división temporal, se utilizan nuevas modulaciones (16-QAM y 64-QAM) y se emplean nuevas técnicas HARQ con combinación de retransmisiones.

En HSUPA, al igual que en HSDPA, se siguen manteniendo los canales lógicos pero se implementa un nuevo canal de transporte (E-DCH) dedicado, se utilizan retransmisiones con combinaciones y adaptación de la tasa binaria y planificación de usuarios.

Con HSDPA se consiguen velocidades de hasta 14 Mbit/s y con HSUPA velocidades de subida de hasta 7,2 Mbit/s [2].

LTE (Long Term Evolution)

La cuarta generación de telefonía móvil es erróneamente conocida como LTE. LTE aun pertenece a la tercera generación, ya que está basada según las *Releases* 8 y 9 de la norma UTRA 3GPP. Esta especificación se denomina E-UTRAN y está basada en el nuevo sistema de paquetes EPS (*Evolved Packet System*), donde la red de acceso se conoce como LTE y el núcleo de red EPC (*Evolved Packet Core*).

LTE-A (LTE – *Advanced*) es la verdadera generación de 4G, ya basada en la *Release* 10.

En LTE se utilizan muchas de las innovaciones que propuso UMTS/HSPA como por ejemplo; *scheduling*, utilización de modulaciones 16-QAM y 64-QAM, métodos de corrección de errores con HARQ, utilización de turbocódigos, despliegue de antenas inteligentes y utilización de MIMO (*Multiple Input Multiple Output*). LTE incorpora nuevos sistemas de modulación como OFDM para el enlace descendente (esta técnica solo es utilizada en el enlace descendente debido a los altos valores de pico que genera - PARP, *Peak to Average Power Ratio*), siendo necesario técnicas especiales en los amplificadores, haciendo que el consumo de energía aumente significativamente. En el caso del enlace ascendente se utiliza una modulación con precodificación, conocida como SC-FDMA (*Single Carrier FDMA*). Ambas modulaciones facilitan el uso de MIMO en ambos enlaces. Los objetivos de diseño de LTE, fueron [2]:

- Anchura de banda variable (1,4MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz y 20MHz).
- Tasas de bits de 100Mbit/s en DL y 50Mbit/s en UL.
- Mayor eficiencia espectral.
- Latencia (en el plano de control entre 50-100ms y en el plano de usuario 10ms).
- Empleo de técnicas avanzadas de multiantenas (diversidad de transmisión/recepción, *beamforming*, MIMO 2x2, MIMO 4x4 y MIMO 8x8).
- Pleno funcionamiento hasta 120 km/h de velocidad, y enlace básico hasta 350 km/h.
- Cobertura hasta 5 km manteniendo todas las características operativas, y hasta 30 km con una ligera degradación.
- Capacidad de hasta 200 usuarios por celda con un ancho de 5 Mhz.
- Existencia de modo de funcionamiento duplex en FFDD y TDD y modo semiduplex en TDD.
- Traspaso de comunicación a otras tecnologías con un retraso entre 300 – 500 ms.

2.2 Conceptos técnicos

Antes de comenzar a explicar los elementos que conforman una estación base de telefonía móvil es preciso conocer en qué consisten algunos fenómenos y conceptos en los que están basados éstos. A continuación se detallarán los siguientes conceptos:

- Ondas electromagnéticas.
- VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*).
- Multiplexación.
- Productos de intermodulación.
- Polarización.
- *Insertion loss*.
- *Return loss*.
- Diversidad.

2.2.1 Ondas electromagnéticas

Antes de comenzar con los parámetros más característicos, es conveniente conocer qué es una onda y cuales son componentes. Una onda electromagnética es una combinación de campo eléctrico y magnético oscilante que transporta energía de un punto a través del vacío. La cual responde a la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} \quad (1)$$

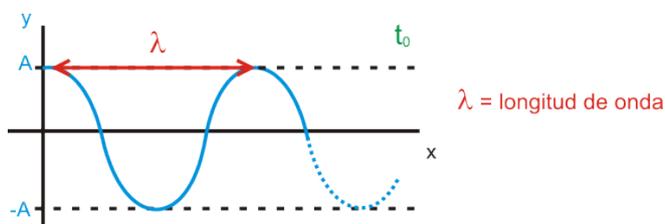
Donde v es la velocidad de propagación de la onda. Toda función de $y(x,t)$ que verifique la anterior ecuación da como resultado un movimiento ondulatorio. La ecuación que verifica la anterior:

$$y(x,t) = y_1(x - vt) + y_2(x + vt) \quad (2)$$

La solución a esta ecuación puede expresarse como una superposición de funciones de ondas armónicas:

$$y(x,t) = y_0 \text{sen}(kx - \omega t) \quad y(x,t) = y_0 \text{sen}(kx + \omega t) \quad (3)$$

Donde los parámetros k y ω , nos aportan la información más importante de ésta. k representa el número de ondas y ω la frecuencia angular. A partir de estos parámetros se puede calcular el resto de elementos para describir y analizar la onda [3].



$k = \frac{2\pi}{\lambda}$	$\omega = kv = 2\pi\nu$
$\lambda\nu = v \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$	

FIGURA 1. ONDA ONDULATORIA [4]

- λ representa la longitud de onda, es decir, la distancia entre dos puntos que se encuentran en fase (expresado en metros).

- ν o también denominada con la letra f , representa la frecuencia (expresado en hertzios).
- T es el periodo de la onda, es decir, el tiempo en el que tarde la onda en volver a estar en la misma fase (expresado en segundos).

Se puede representar una onda electromagnética plana con su campo eléctrico (E) y magnético (B) a partir de las soluciones a las siguientes ecuaciones:

$$\frac{\partial^2 \vec{E}(x,t)}{\partial x^2} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}(x,t)}{\partial t^2} \quad \frac{\partial^2 \vec{B}(x,t)}{\partial x^2} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}(x,t)}{\partial t^2} \quad (4)$$

Donde μ_0 representa la permeabilidad magnética del vacío ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$) y ϵ_0 la permitividad del vacío ($8.8541878176 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$).

Las soluciones que dan la forma de onda electromagnética con dirección de propagación en el X, campo eléctrico paralelo al eje Y, y campo magnético paralelo al eje Z:

$$\vec{E}(x,t) = E_0 \text{sen}(kx - \omega t) \vec{j} \quad \vec{B}(x,t) = B_0 \text{sen}(kx - \omega t) \vec{k} \quad (5)$$

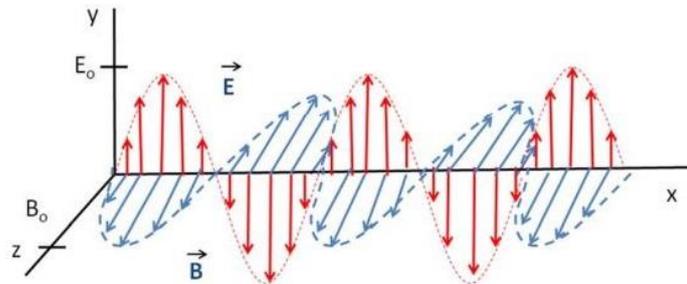


FIGURA 2. CAMPO ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO DE UNA ONDA PLANA

Por el contrario, si se quiere representar una OEM con propagación en el eje X, campo eléctrico paralelo al eje Z y magnético paralelo al eje Y, se usarán las siguientes ecuaciones:

$$\vec{E}(x,t) = E_0 \text{sen}(kx - \omega t) \vec{k} \quad \vec{B}(x,t) = -B_0 \text{sen}(kx - \omega t) \vec{j} \quad (6)$$

2.2.2 Voltage Standing Wave Ratio

VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) o en castellano ROE (Relación de Onda Estacionaria), describe la relación entre el valor máximo y mínimo de la amplitud de voltaje de una onda estacionaria. Para explicar en qué consiste se utilizará un ejemplo:

Cuando se transmite una señal de radiofrecuencia (RF) por un *feeder* (cable coaxial), la señal viaja hasta la antena, a esto se le llama onda directa. Parte del voltaje de esa señal es reflejado y viaja de vuelta por el *feeder* transmitido, esto es la onda reflejada. La VSWR es la relación entre la onda directa y reflejada [5]. En la figura 3, se aprecian las diferentes ondas que se forman durante la transmisión de una señal.

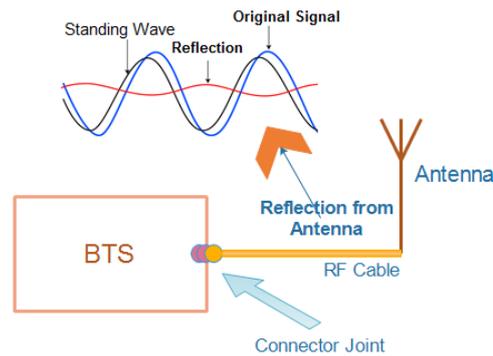


FIGURA 3. ONDA ESTACIONARIA, ONDA DIRECTA Y ONDA REFLEJADA [6]

Para calcularlo se denominará V_i a la onda incidente y V_r a la onda reflejada. La suma de ambas da como resultado la onda total, por tanto:

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{V_i + V_r}{V_i - V_r} \quad (7)$$

También se puede calcular a través del módulo de coeficiente de reflexión (ρ), que no es más que el porcentaje de onda reflejada:

$$\rho = |\Gamma| = \frac{V_r}{V_i} \quad (8)$$

Donde Γ representa el coeficiente de reflexión formado por su módulo y fase. Si se expresa el voltaje máximo y mínimo en función del módulo del coeficiente de reflexión:

$$\begin{aligned} V_{max} &= V_i * (1 + \rho) \\ V_{min} &= V_i * (1 - \rho) \end{aligned} \quad (9)$$

Por tanto, se puede expresar la VSWR de la siguiente manera:

$$VSWR = \frac{(1 + \rho)}{(1 - \rho)} \quad (10)$$

2.2.3 Multiplexación

La multiplexación se refiere al proceso de juntar dos o más señales y transmitir las por el mismo medio. Se puede multiplexar una señal en frecuencia, en tiempo, etc., pero este caso se centrará en explicar la multiplexación en frecuencia, en la cual se basan los elementos y equipos utilizados en la estación base.

La multiplexación en frecuencia consiste en seleccionar un ancho de banda determinado, (donde normalmente se encuentra la información transmitida) de dos o más fuentes independientes, y transmitirlo por una misma línea de transmisión. El resultado es una única señal con toda la información de las señales anteriormente independientes entre sí.

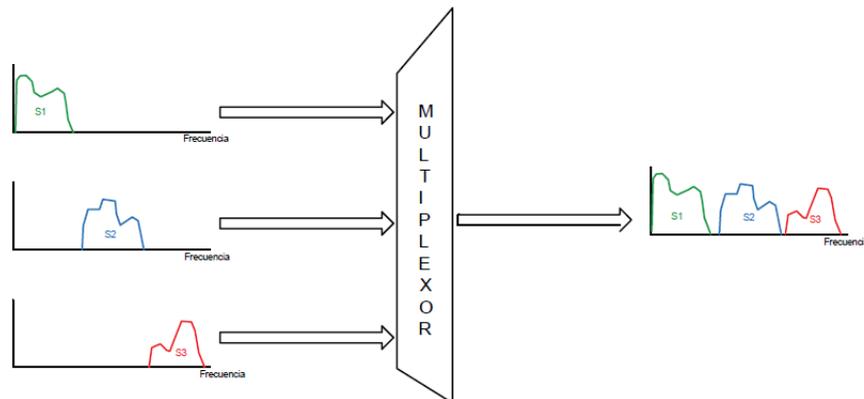


FIGURA 4. MULTIPLEXACIÓN DE SEÑALES

Si posteriormente se quiere volver a obtener las señales originales en medios independientes, simplemente será necesario filtrar la señal con un filtro paso banda, que deje pasar la banda de interés y elimine el resto de frecuencias. A esta operación se le conoce como demultiplexación.

2.2.4 Productos de intermodulación

Los productos de intermodulación son un efecto no lineal que sufre una señal al pasar por amplificadores o dispositivos pasivos, como combinadores, circuladores, conectores, etc. El resultado de los productos de intermodulación es la aparición de frecuencias indeseadas. Si estas frecuencias caen en una banda útil y su potencia es significativa, pueden ocasionar interferencias y hacer que la información transmitida en ese canal se corrompa.

Se tienen dos frecuencias, f_1 y f_2 , que se introducen en uno de los elementos comentados anteriormente, tras los efectos no lineales del sistema que atraviesa, se producen los productos de intermodulación que aparecen a frecuencias determinadas por:

$$f_{IM} = |m_1 f_1 + m_2 f_2 + \dots| \text{ con } m_i = 0, \pm 1, \pm 2 \dots \quad (11)$$

Donde el orden del producto de intermodulación viene dado por la suma de m_1 y m_2 ($f_{IM} = m_1 + m_2$). Por tanto, para el producto de intermodulación de orden 2, IM_2 , se tendrá $n=2$, $m_1=1$ y $m_2=1$, con $f_{IM} = |f_1 \pm f_2|$, para producto de intermodulación de orden 3, IM_3 ($n=3$, $m_1=2$ y $m_2=1$), con $f_{IM} = |2f_1 \pm f_2|$ o $f_{IM} = |f_1 \pm 2f_2|$ con $m_1=1$ y $m_2=2$, y así sucesivamente [7].

Los productos de intermodulación que más afectan son los de orden 3, y a veces los de orden 5. A mayor orden menor es la amplitud con la que aparecen los tonos interferentes. En la siguiente figura podemos apreciar los diferentes IM para dos frecuencias f_1 y f_2 .

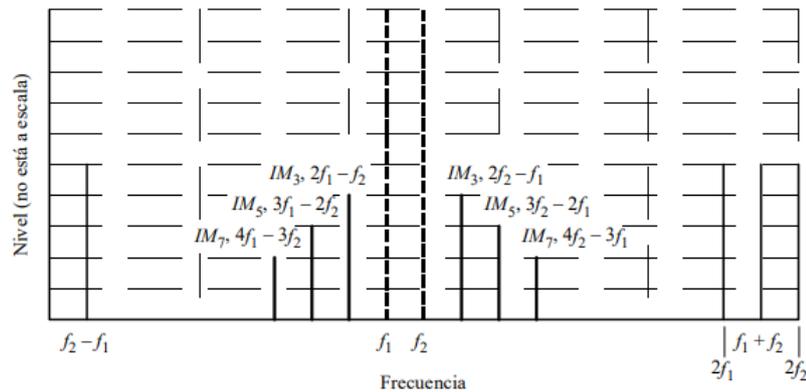


FIGURA 5. REPRESENTACIÓN DE LOS DIFERENTES PRODUCTOS DE INTERMODULACIÓN (LÍNEAS CONTINUAS), RESPECTO A LAS FRECUENCIAS FUNDAMENTALES (LÍNEAS DISCONTINUAS) [7]

En el ámbito de la telefonía móvil es muy importante verificar todas las líneas de transmisión que llevan la señal RF hacia la antena, ya que pueden aparecer productos de intermodulación muy significativos en bandas de interés, como la banda de recepción. Es decir, los productos de intermodulación de orden 3 (que son los más significativos y más próximos a las frecuencias fundamentales de transmisión) aparecen en el ancho de la banda de recepción de la estación base, ocasionando una interferencia y haciendo que ésta no esté disponible el 100% del tiempo.

Por ejemplo, si se tiene un sistema de comunicaciones móviles con 2 portadoras a 815Mhz y 824Mhz y una banda de recepción entre 800 Mhz y 810 Mhz. Puede aparecer un tono en 806 Mhz ($f_{IM3}=2*815-824$), debido al producto de intermodulación de orden 3, y hacer que la recepción del sistema no sea eficiente.

2.2.5 Polarización

Se puede definir la polarización de una onda electromagnética como la trayectoria que describe la componente vectorial del campo eléctrico, en la dirección variante con el tiempo, de manera que mantenga la ortogonalidad respecto a la componente vectorial del campo magnético [8].

Existen tres tipos de polarizaciones diferentes: lineal, circular y elíptica. Si el vector que describe el campo eléctrico en un punto del espacio siempre está dirigido a lo largo de una línea (ya sea paralelo u ortogonal respecto al vector tiempo), se dice entonces que el campo está polarizado linealmente (onda inferior de la Figura 6). Si por el contrario, la figura que describe el vector del campo eléctrico forma una elipse, el campo eléctrico está polarizado elípticamente (onda superior de la Figura 6). La polarización lineal y circular no son más que variantes de la polarización elíptica.

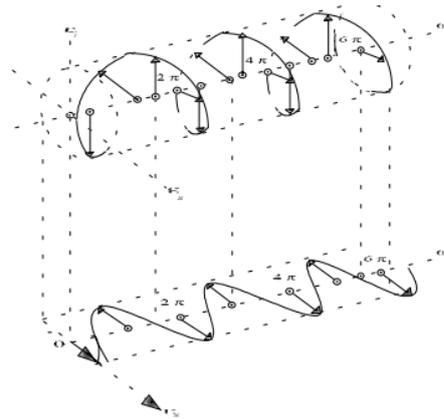


FIGURA 6. POLARIZACIÓN DE UNA ONDA

Dentro de la polarización lineal de la onda se puede clasificar en dos tipos: horizontal y vertical. Se habla de polarización horizontal cuando la componente vectorial del campo eléctrico es horizontal respecto a la superficie terrestre. Por el contrario, se habla de polarización vertical, cuando es perpendicular a la superficie terrestre.

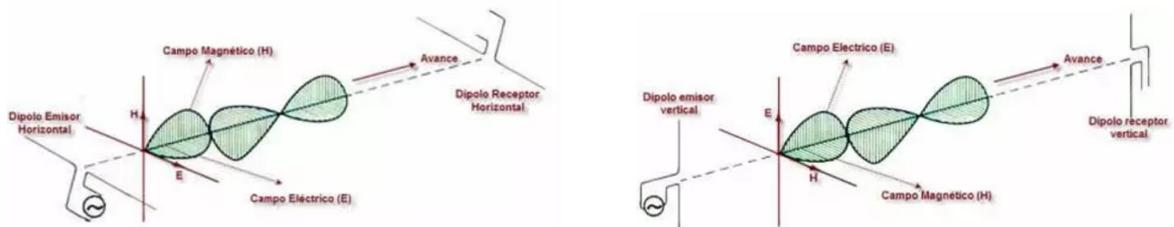


FIGURA 7. POLARIZACIÓN HORIZONTAL (IZQUIERDA) Y VERTICAL (DERECHA) [9]

Dentro de la polarización circular y elíptica se diferencian dos tipos de polarización, en función del sentido de giro del vector de campo eléctrico. Si el sentido de giro del vector es en dirección de la rotación de las manecillas del reloj, entonces se dice que es a derechas, si por el contrario, presenta un giro anti horario, se está ante una polarización circular/elíptica a izquierdas. Para comprobar el tipo de polarización basta con representar las componentes X, Y, Z del campo eléctrico. Ante una onda plana uno de los ejes siempre toma el valor de 0, en este caso se tomará Z como eje nulo ($Z=0$). A continuación se representa E_x , E_y y E_z para los dos tipos de polarización circular:

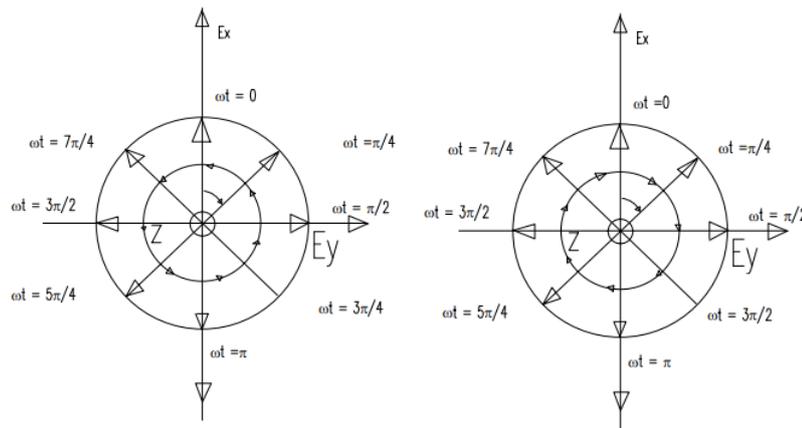


FIGURA 8. COMPONENTES CAMPO E DE UNA ONDA POLARIZADA CIRCULARMENTE A IZQUIERDAS (IZQUIERDA) Y A DERECHAS (DERECHA)

2.2.6 Insertion loss

Insertion loss (IL), o en castellano, pérdidas de inserción, son las pérdidas que se producen en una señal desde el transmisor hasta la antena, cuando atraviesa componentes pasivos (ubicados en la línea de transmisión). Se puede expresar como la relación entre la potencia de salida (P_{out}) y la potencia de entrada al dispositivo (P_{in}). Se expresa en decibelios (dB)



FIGURA 9. ELEMENTO PASIVO

$$IL \text{ (Insertion loss)}|_{dB} = 10 \log\left(\frac{P_{OUT}}{P_{IN}}\right) \quad (12)$$

2.2.7 Return loss

Return loss (RL) o pérdidas de retorno es la relación de potencia entre la onda reflejada y la onda incidente, cuando se hace pasar una señal por un elemento pasivo, es decir, da información de cuanta potencia (respecto a la de entrada) ha sido reflejada y por tanto ha perdido la señal transmitida. El fenómeno físico que existe detrás de esto es el mismo que el explicado en el apartado 2.2.2 *Voltage Standing Wave Ratio*. Se envía una señal desde el Tx hasta la antena mediante una línea de transmisión, donde existen diversos elementos pasivos como conectores, diplexores, combinadores, etc. Estos elementos hacen que parte de la onda incidente se refleje en sentido opuesto a la dirección de propagación original. Se pueden expresar las pérdidas de retorno como:

$$RL (\text{Return loss})|_{dB} = 10\log\left(\frac{P_i}{P_r}\right) \quad (13)$$

Donde P_i representa la potencia de la onda incidente y P_r la potencia de la onda reflejada.



FIGURA 10. ELEMENTO PASIVO CON ONDA REFLEJADA

Al igual que las pérdidas de inserción, también se expresa en decibelios.

2.2.8 Diversidad

El canal radio presenta ciertos fenómenos que hace que las señales, que viajan a través de él, sufran desvanecimientos y fluctuaciones debido a la gran aleatoriedad de éste. El fenómeno más característico que produce un canal es el *multipath*, donde la misma señal transmitida llega al receptor en tiempos diferentes, debido a las reflexiones y/o refracciones que sufre en el medio. Por ello, la diversidad se aprovecha de este problema para convertirlo en una ventaja a la hora de la transmisión de información en un medio no guiado.

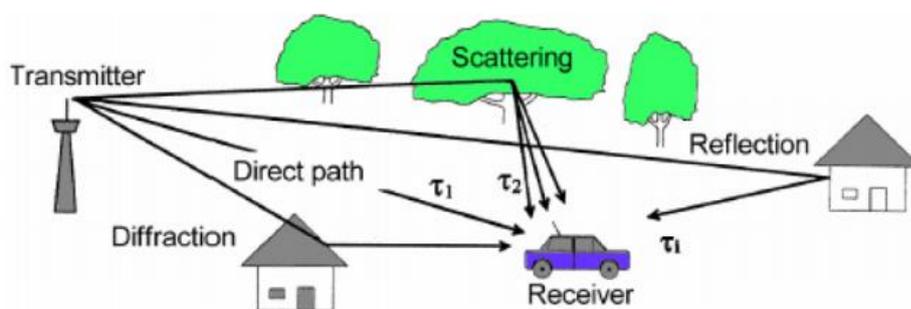


FIGURA 11. MULTIPATH [10]

Durante la transmisión se crean varios canales, en teoría independientes en sí, lo que permite que al receptor le lleguen más de una réplica de la señal transmitida. Existe una baja probabilidad que todos los canales sufran la misma alteración cuando la señal es captada por el receptor, por ello, el receptor combina todas las señales que le llegan para crear un flujo de información que se corresponde con lo transmitido. Existen diversos tipos de diversidad entre los que cabe destacar la diversidad espacial, frecuencial, temporal y de polarización.

La técnica utilizada para implementar estos sistemas se llama MIMO (*Multiple Input, Multiple Output*).

Diversidad espacial

La diversidad espacial se basa en la utilización de múltiples antenas para crear varios canales. Si las antenas se instalan a una cierta distancia entre sí, se crearán varios flujos independientes, con la misma información, de manera que la probabilidad de sufrir un desvanecimiento en todos ellos es baja.

Diversidad frecuencial

La información se transmite en más de una portadora, donde cada una de ellas se encuentran separadas frecuencialmente entre sí. Un ejemplo de diversidad frecuencial utilizado en las redes 4G es MIMO-OFDM. OFDM es una técnica de modulación donde se transmiten múltiples portadoras ortogonales superpuestas para lograr una alta eficiencia espectral, mayor simplicidad a la hora de implementar la FFT y una baja complejidad en la implementación del receptor [11].

Diversidad temporal

Consiste en transmitir varias versiones de la misma señal en intervalos temporales distintos. El tiempo que transcurre entre la transmisión de una señal y otra debe ser suficiente como para que el estado del canal cambie y las señales no sufran los mismos desvanecimientos.

Diversidad de polarización

Como su propio nombre indica, consiste en transmitir la señal en varias polarizaciones diferentes.

Como se aprecia en todas ellas, el fundamento físico es el mismo, intentar hacer que al transmisor le lleguen varias señales diferentes, pero todas ellas con la misma información, para que éste sea capaz de reconstruirlas y formar la señal original transmitida.

CAPITULO 3. PROYECTO DE IMPLANTACIÓN

3.1 Objeto del proyecto

Se va a dotar el Hospital Cruces de Barakaldo de cobertura móvil para el operador de *Telefónica Móviles España S.A.U.* En este emplazamiento se desplegarán las tecnologías UMTS y LTE, donde se usarán las siguientes bandas de frecuencias:

<i>Tecnología</i>	<i>Canales</i>	<i>Subida</i>	<i>Bajada</i>	<i>Concesión</i>	<i>Caducidad</i>
LTE	2x5 MHz	852-857MHz	811-816MHz	01/04/2015	25/04/2031
LTE	2x5 MHz	857-862MHz	816-821MHz	01/04/2015	25/04/2031
UMTS	2x5 MHz	890,1-895,1 MHz	935,1-940,1 MHz	03/02/1995	31/12/2030
UMTS	2x5 MHz	895,1-900,1 MHz	940,1-945,1 MHz	03/02/1995	31/12/2030
UMTS	2x4,8 MHz	900,1-904,9 MHz	945,1-949,9 MHz	03/02/1995	31/12/2030
LTE	2x20 MHz	1710,1-1730,1 MHz	1805,1-1825,1 MHz	24/07/1998	31/12/2030
UMTS	1 x 5 MHz	1910-1915 MHz		19/04/2000	19/04/2020
UMTS	2 x 15 MHz	1950-1965 MHz	2140-2155 MHz	19/04/2000	19/04/2020

TABLA 1. RANGO DE FRECUENCIAS DE OPERACIÓN PARA TELEFÓNICA

3.1.1 Titular

El titular de la implantación de las tecnologías de comunicaciones móvil es *Telefónica Móviles España S.A.U.*, en adelante TME.

Denominación legal: *Telefónica Móviles España S.A.U.*
NIF: A78923125
Domicilio social: Vía Ronda de la comunicación, S/N Edif Sur 3 Planta 2
Localidad: Madrid
Código Postal: 28050

3.1.2 Ubicación del emplazamiento

El emplazamiento se encuentra ubicado en la Calle Cruces 12, Barakaldo (Vizcaya), sus datos de geolocalización son los siguientes:

Coordenadas U.T.M (ED50)	X	501327,20		
	Y	4792123,32		
	Huso	30		
Coordenadas Geográficas (ED50)	Latitud	43°	16'	56.45''
	Longitud	2°	59'	3.55''

TABLA 2. COORDENADAS DE UBICACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.



FIGURA 12. PLANO DE SITUACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.

3.1.3 Clasificación radioeléctrica

Las estaciones radioeléctricas se clasifican según el Real Decreto 123/2018, en el que se aprueba el Reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico. Por ello, se pueden distinguir varios tipos en función de la potencia total radiada [12]:

- a) ER1: Estaciones radioeléctricas con potencia isotrópica radiada equivalente máxima superior a 10 vatios, en entorno urbano.
- b) ER2: Estaciones radioeléctricas con potencia isotrópica radiada equivalente máxima inferior o igual a 10 vatios y superior a 1 vatio, en entorno urbano.
- c) ER3: Estaciones radioeléctricas con potencia isotrópica radiada equivalente máxima superior a 10 vatios, en cuyo entorno no urbano permanecen habitualmente personas.
- d) ER4: Estaciones radioeléctricas con potencia isotrópica radiada equivalente máxima inferior o igual a 10 vatios y superior a 1 vatio, en cuyo entorno no urbano permanecen habitualmente personas.
- e) ER5: Estaciones radioeléctricas con potencia isotrópica radiada equivalente máxima superior a 1 vatio, en cuyo entorno no urbano no permanecen habitualmente personas.
- f) ER6: Estaciones radioeléctricas con potencia isotrópica radiada equivalente máxima inferior o igual a 1 vatio.

En este caso, la estación base a desarrollar entra en el grupo de ER1, ya que la potencia de radiación de las antenas que proporcionan cobertura exterior es mayor a 10 W y el suelo sobre el que está edificado el hospital es urbano.

Para identificar el tipo de suelo se utiliza como referencia el sistema de Información Urbana (SIU) basado en el Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre.

3.2 Características de la instalación

Toda estación base de telefonía móvil está basada en los mismos elementos, la principal diferencia entre ellas es el fabricante que suministra los equipos a cada una. Actualmente los principales distribuidores de las compañías españolas son: Ericsson, Huawei, Nokia y ZTE. En este proyecto se utilizarán equipos del fabricante Ericsson, ya que son los utilizados por TME en la zona donde se encuentra el emplazamiento.

Los principales elementos indispensables en toda instalación son:

- Cuadro eléctrico: Proporciona el suministro eléctrico en alterna (220V-230V) necesario a la estación base.
- Equipo de fuerza: Transforma la corriente eléctrica alterna en corriente continua. Alimenta los equipos existentes mediante disyuntores de diferentes calibres. También posee *strings* de batería para alimentar la estación base en caso de una pérdida de suministro eléctrico. En este caso irá integrado en un bastidor *outdoor*.

- Controladoras: Encargadas de procesar la información y derivarla al sistema de transmisión que posee la estación base. En este caso se ubicarán dentro de un bastidor *outdoor*.
- Unidades de radio remotas (RRUs): Filtran las señales recibidas por la antena y las convierten al dominio óptico para su transmisión a la controladora correspondiente (sistema de recepción) y en el otro sentido, transforma la señal óptica en señal RF para su posterior envío hacia la antena (sistema de transmisión).
- Sistema de antenas: Elemento radiante capaz de transmitir ondas radioeléctricas que posteriormente son recibidas por otro sistema de antenas (en este caso la antena ubicada en el terminal móvil).
- Sistema de transmisión: Transmite la información desde una estación base a otra o al centro de conmutación móvil directamente.
- Coaxiales: Necesarios para llevar la señal RF desde las unidades de radio remotas hasta las antenas.
- Conectores: Permiten la conexión del cable coaxial con los diferentes equipos/elementos de la instalación.

A mayores existen diversos elementos tanto activos como pasivos que son necesarios en algunos emplazamientos:

- Diplexores: Elemento pasivo que combina dos señales electromagnéticas a diferente frecuencia para transmitir las por el mismo coaxial y (opcionalmente) por el mismo array de la antena.
- Combinadores: Elemento pasivo que junta las señales de entrada y realiza un reparto de las señales en un único flujo, donde cada puerto de salida tiene una parte de la potencia de la señal original.
- Splitters: Dividen la señal en 2 o más flujos de RF.
- Amplificadores: Encargados de reconstruir la señal en la boca de antena. Son necesarios cuando existen muchas pérdidas en las tiradas de coaxial debido a su elevada longitud.

Fuera de los equipos que proporcionan cobertura, existen otros, totalmente necesarios en la estación base como pueden ser el aire acondicionado (para mantener el lugar a una temperatura adecuada), extintores, luces de emergencia, anclajes, soportes, mástiles, riostras, barandillas de seguridad (en el caso de que fuese necesario), etc.

A continuación se pasará a detallar uno por uno todos los equipos.

3.2.1 Cuadro eléctrico

El cuadro eléctrico proporciona el suministro eléctrico a la estación base. Éste realiza una distribución en alterna (220-230V y 50Hz) directamente desde la compañía eléctrica contratada.

Los cuadros eléctricos pueden ser propios (cada operador posee un suministro independiente) o compartido/cedido (varios operadores comparten el mismo suministro, del cual hay un solo propietario).



FIGURA 13. CUADROS ELÉCTRICOS

Dentro del cuadro eléctrico podemos distinguir entre acometida monofásica y trifásica. Una corriente monofásica es aquella que solo tiene una fase de 220-230V, es usada en los lugares donde la potencia consumida no es muy elevada. Por el contrario, la corriente trifásica posee 3 fases, proporcionando un voltaje de hasta 380V, se usa cuando el consumo de potencia instantáneo es elevado. Este detalle lo proporciona el ICP (Interruptor de Control de Potencia). Si el ICP es un disyuntor simple o doble, la instalación es monofásica, si por el contrario es triple, la instalación es trifásica.



FIGURA 14. DISYUNTOR MONOFÁSICO VS DISYUNTOR TRIFÁSICO

En este caso se instalará un cuadro eléctrico con una acometida trifásica ya que se compartirá con otro operador.

Para alimentar los equipos necesarios se instalará un disyuntor con un calibre de 50A y otro de 16A en el cuadro eléctrico. Para calcular la potencia instantánea máxima que soporta cada disyuntor, se aplica la siguiente fórmula:

$$Potencia = Tension \times Intensidad \quad (14)$$

Por lo tanto, como el suministro es a 230V, tendremos una capacidad de potencia instantánea máxima de 11500W (230V×50A) y 3680W (230V× 16A) en cada equipo alimentado.



FIGURA 15. ALIMENTACIÓN UTILIZADA DESDE CUADRO ELÉCTRICO

El cuadro eléctrico se instalará en una sala en la planta 0 del hospital, junto a más equipos.

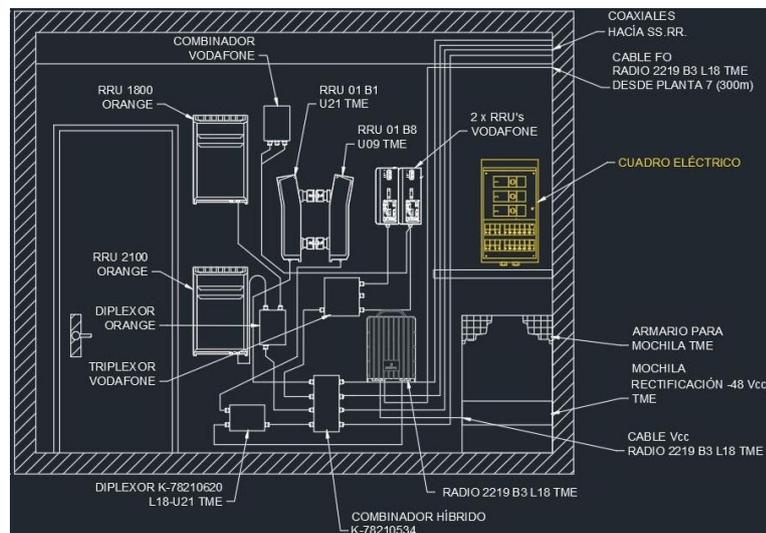


FIGURA 16. UBICACIÓN CUADRO ELÉCTRICO

3.2.2 Bastidor outdoor

Existen dos formas de instalar los equipos en una estación base, en el interior de salas (donde se instalan racks que contienen las controladoras, equipo de fuera, etc.) o a la intemperie. Para este último se utilizan bastidores *outdoor* capaces de aguantar las condiciones climatológicas necesarias para proteger todos los equipos de su interior.

En este emplazamiento se instalarán los equipos a la intemperie, se utilizarán dos bastidores *outdoor* colocados en la cubierta de la planta 7. Estos bastidores poseen el equipo de fuerza integrado, espacio para la instalación de las controladoras, los sistemas de control de la transmisión y las baterías.

Dentro de los bastidores cabe destacar las 3 partes esenciales:

- Equipo de fuerza.
- Controladoras.
- Baterías.

Se utilizaran dos bastidores, un CF-36 LAT y un EC-1.

CF-36 LAT

Encargado de albergar las tarjetas controladoras y la alimentación de las unidades remotas de las tecnologías UMTS900, LTE800 y LTE1800.

El CF-36 LAT es una estructura fabricada en chapa de acero galvanizado, lo que lo hace resistente durante años en la intemperie [13]. Sus dimensiones hacen que su instalación sea relativamente fácil de llevar a cabo en casi cualquier lugar.

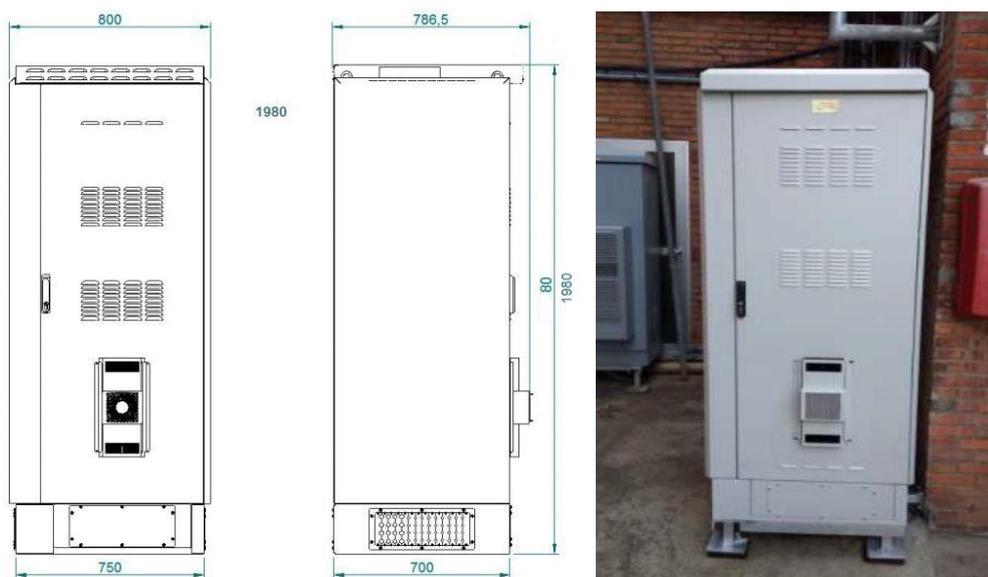


FIGURA 17. BASTIDOR CF-36 LAT [13]

Posee un espacio para el equipo de energía (equipo de fuerza), otro para la instalación de tarjetas controladoras, y un último para las baterías y paso de cableado (para realizar las tiradas de alimentación, fibra y/o coaxial hasta las unidades de radio remotas).

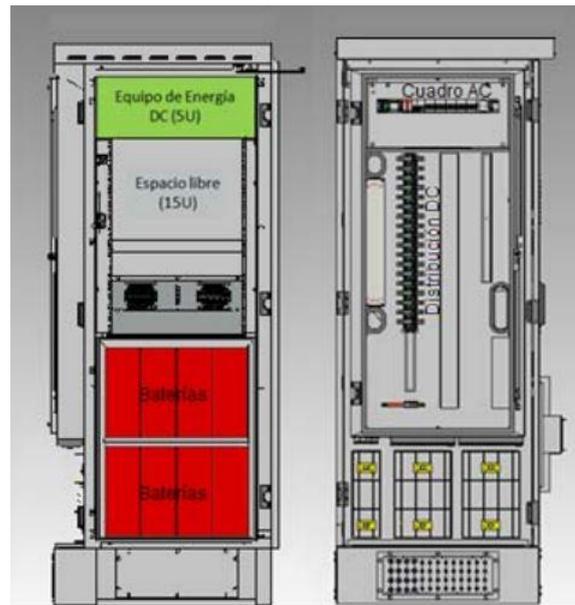


FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN CF-36 LAT

También cuenta con un sistema de ventilación y aire acondicionado para mantener el interior a una temperatura idónea para los equipos (22°-23° aprox.).

EC-1

Bastidor *outdoor* similar al anterior, donde se instalarán las tarjetas controladoras del UMTS2100. Al igual que el anterior, cuenta con un equipo de fuerza y espacio libre para la colocación de controladoras y baterías.



FIGURA 19. BASTIDOR EC-1

3.2.2.1 Equipo de fuerza

Un equipo de fuerza es el encargado de proporcionar la alimentación a todas las controladoras y unidades de radio de la estación. Formado por los rectificadores (encargados de convertir la corriente alterna en continua) y los disyuntores con diferentes calibres donde, se conecta el cable de alimentación que posteriormente va a los equipos.

Un rectificador convierte la corriente alterna a 220-230V a corriente continua a -48V. Para explicar algunas de las características a tener en cuenta en el diseño se tomará como ejemplo el rectificador R48-3500 del fabricante Emerson que proporciona hasta 3500W de potencia a su salida.

AC INPUT	
Voltage	85 VAC to 305 VAC (see figure 1) 200 VAC to 277 VAC (nominal)
Frequency	45 Hz to 65 Hz
Maximum Current	22.5 A
Power Factor	0.99
DC OUTPUT	
Voltage	-42 VDC to -58 VDC
Maximum Power	3500 W @ Vout >48 VDC
Maximum Current	73 A @ -48 VDC, limit set point 7.3A to 73 A (see figure 2 for derating)
Peak Efficiency	96.3%
Psophometric Noise (System)	<2 mV ; <32 dBmcc

FIGURA 20. ESPECIFICACIONES RECTIFICADOR R-48 3500 EMERSON [14]

Hay que fijarse en los parámetros de la corriente AC de entrada, ya que en función del país en el que se encuentre la tensión y la frecuencia en la que da suministro la compañía eléctrica varía. En las características de la salida DC cabe destacar la potencia que es capaz de proporcionar, ya que en función de ésta se realiza un dimensionamiento de potencia, instalando más o menos rectificadores (“criterio N+1”). Para realizar dicho dimensionamiento se toma como dato la potencia máxima que consume cada equipo que se va a instalar en la estación y se calcula el total de toda la instalación. Posteriormente se elige el equipo de fuerza a instalar con sus respectivos rectificadores. Teniendo en cuenta la potencia de cada rectificador, se instalarán tantos como sean necesarios para superar la potencia antes calculada y a mayores uno más para cumplir el criterio.

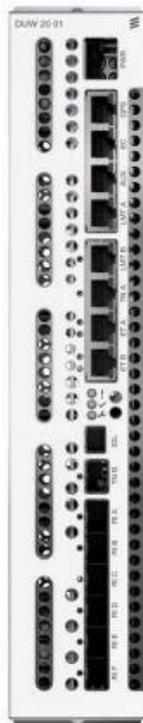
A continuación se detalla un ejemplo numérico para comprender más claramente cómo se realiza un dimensionamiento de la potencia y el cumplimiento del “criterio N+1”. Se tienen 4800W de potencia máxima estimada y cada rectificador que se instalará proporciona una potencia de salida de 3500W (es decir, tiene una corriente de salida a 73A con un voltaje de salida entre -42 y -58V). Para alimentar la estación base es necesario la instalación de 2 rectificadores, para así proveer de 7000W, los cuales son suficientes. En el caso de un rectificador falle, la estación solo dispondría de 3500W y puede no ser suficiente para su alimentación, aquí es donde entra en juego el “criterio N+1”, que dice que es necesario instalar un rectificador a mayores de los necesarios, para poder seguir alimentado la estación correctamente ante un fallo inesperado. Por tanto para una instalación donde el consumo máximo es 4800W se necesita instalar 3 rectificadores de 3500W.

En este emplazamiento se instalará un equipo de fuerza del fabricante Emerson con dos rectificadores de 3500W (el anteriormente mencionado) dentro del bastidor CF-36 LAT, para alimentar los equipos que cuelgan de este bastidor. Y un equipo de fuerza del fabricante Eltek, con 4 rectificadores de 800 W, en el interior del EC-1.

3.2.2.2 Controladoras

Las controladoras se encargan de conmutar, controlar el tráfico que recibe la estación base y transformar la señal a banda base. Normalmente existe una controladora por cada tecnología, salvo en los escenarios donde se requiere una mayor capacidad de usuarios (debido a la alta densidad de personas en la zona) donde se instalan varias controladoras para la misma tecnología. También es posible configurar una misma controladora para bandas de frecuencias diferentes, pero siempre dentro de la misma tecnología.

Para 3G, es decir, UMTS900 y UMTS2100, se usará la tarjeta *DUW* del fabricante Ericsson. En función de la capacidad que se quiera otorgar al área de cobertura, se usarán diferentes versiones 10/20/30 (de menor a mayor capacidad). En este caso se instalarán dos *DUW30* para U2100 y una *DUW31* para U900.



La *DUW* cuenta con varios puertos para las conexiones con el resto del sistema, los más importantes son [15]:

- Seis puertos de fibra óptica para el conexionado con las unidades de radio remotas.
- RJ-45 Ethernet 100/1000 BASE-T para la conexión con la tarjeta encargada de la transmisión.
- Puerto de fibra para la conexión con la tarjeta encargada de la transmisión.
- Puerto STM-1.
- Cuatro puertos E1/T1/J1.
- Alimentación a -48V.

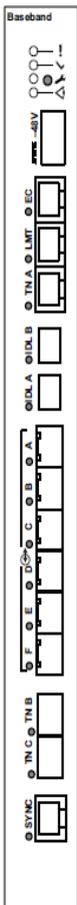
FIGURA 21. CONTROLADORA DUW20 [15]

En el caso del 4G, para la banda de 800Mhz y 1800Mhz se utilizará una tarjeta banda base del fabricante Ericsson, denominada *Baseband*. Concretamente se usará el modelo 5212, existiendo modelos con mayor capacidad de usuarios.

Las principales características de la *Baseband* son las siguientes:

- Funciones de sincronización de reloj.
- Software cargable, es decir, podemos modificar el software con cierta facilidad.
- Procesado de señales en banda base tanto en *uplink* como en *downlink*.
- Gestión del tráfico IP.
- Control de la interfaz radio.
- Manejo de la transmisión.
- Sincronización externa (poder sincronizar los equipos que cuelguen de ésta desde fuera de la estación base).

La *Baseband5212* permite:



- Conexión de 4000 usuarios al mismo tiempo.
- Ancho de banda en la antena de 480Mhz.
- 1200 usuarios conectados en VoIP con FDD o 500 con TDD.
- Hasta 600Mbps en el enlace descendente.
- Hasta 300Mbps en el enlace ascendente.
- Soporta conexiones de interfaz de radio (CPRI) de 2.5Gbps, 4.9Gbps, 9.8Gbps y 10.1Gbps.
- Configuración en *dualband*, es decir, funcionamiento en 2 o más frecuencias de la misma tecnología.

Al igual que la *DUW*, la *Baseband* presenta una serie de puertos para el conexionado con los demás elementos de la estación [16]:

- Alimentación: Conector ET20 A para la alimentación de la banda base a -48V.
- Sincronismo: Conector RJ-45 para sincronizar la banda base, como por ejemplo, el GPS o la red de transporte.
- Test de sincronismo: Conector RJ-45 para la conexión y modificación de los parámetros de la controladora.
- Transmisión Ethernet: Conector RJ-45 para transmitir los paquetes entre la controladora y la transmisión correspondiente, y viceversa. Capacidad de 100Mb/Gb.
- Transmisión fibra óptica: Conector SFP+ para transmitir los paquetes entre la controladora y la transmisión correspondiente, y viceversa. Capacidad de 1/10Gb.
- Transmisión fibra óptica: Análogo al anterior pero con capacidad de 1/Gb.

FIGURA 22. BASEBAND 5212 [16]

Con las controladoras *DUW* es necesario una tarjeta externa que permita la conexión entre el sistema de transmisión y ésta, por ello se instalará una unidad de conectividad de transporte, más conocida como *TCU (Transport Connectivity Unit)*, del fabricante Ericsson. La *TCU* realiza dos funciones en función del sentido del tráfico que recibe:

- Downlink: Desempaqueta los paquetes IP recibidos por la interfaz Ethernet y los envía mediante el protocolo LAPD a la controladora, por un canal de gran capacidad.
- Uplink: Se reciben las tramas LAPD desde la controladora y las ordena en función del tipo de tráfico (configurado por el operador del servicio). Posteriormente son enviadas en forma de paquetes IP a la transmisión correspondiente.



FIGURA 23. TRANSPORT CONNECTIVITY UNIT (TCU).

Para poder instalar todas estas controladoras en un bastidor es necesario disponer de una *RBS6601*, de la familia *RBS6000* de Ericsson. La *RBS6601* permite colocar en su interior las tarjetas y proporcionar la alimentación a -48V necesaria para el funcionamiento de éstas. La *RBS6601* se alimenta desde un disyuntor del equipo de fuerza.

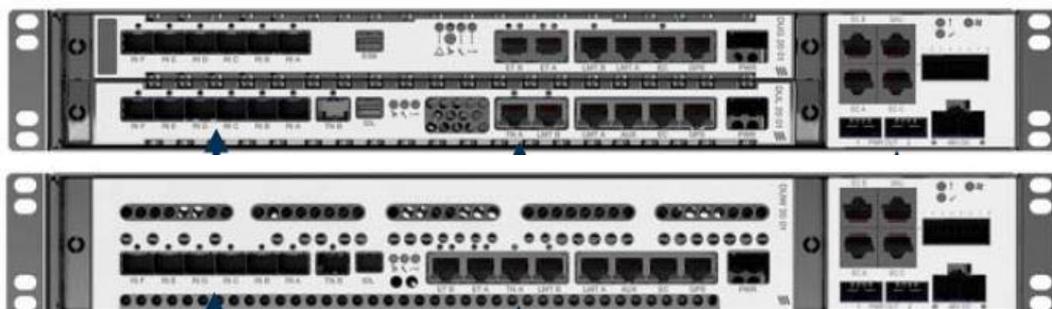


FIGURA 24. *RBS6601* CON TARJETAS EN SU INTERIOR [17]

En este caso, se instalarán dos *RBS6601* con una *DUW30* en su interior cada una, dentro del bastidor EC-1, para UMTS2100 y tres *RBS6601* dentro del CF-36 LAT, una de ellas con una *DUW31* para UMTS900, otra con una *Baseband5212* para LTE800 y LTE1800 y otra con una *TCU*.

3.2.2.3 Baterías

Las baterías son necesarias para abastecer la BTS, durante un tiempo limitado, ante un fallo en el suministro eléctrico de corta duración.

Para tal fin, se instalarán dentro del CF-36 un *string* de cuatro baterías del fabricante PowerSafe, modelo 12V92F de 12V y 92Ah.



FIGURA 25. BATERÍA POWERSAFE 12V92F

En las siguientes figuras se puede apreciar tanto la configuración final de los bastidores como la ubicación de éstos (en la terraza de la planta 7 del hospital, para mayor detalle consultar planos del anexo):

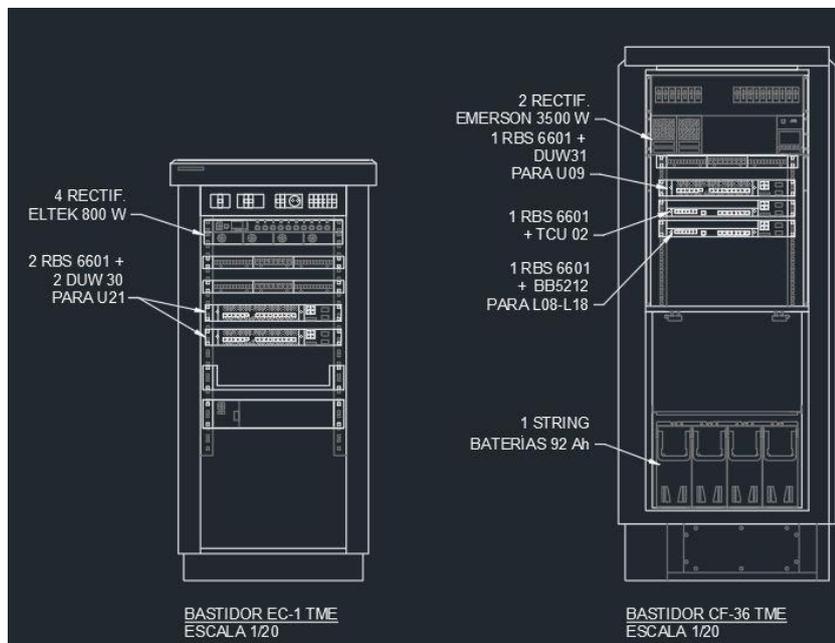


FIGURA 26. CONFIGURACIÓN FINAL BASTIDORES

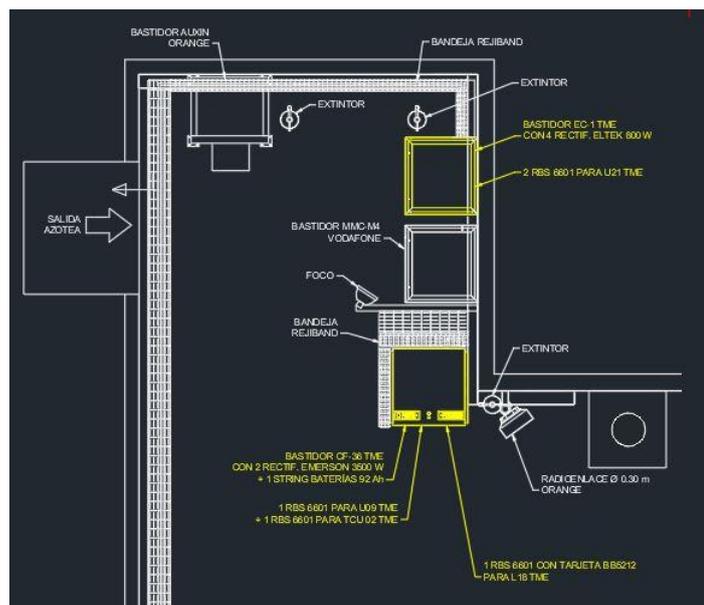


FIGURA 27. PLANTA UBICACIÓN BASTIDORES

3.2.3 Unidades de radios remotas (RRUs)

Las unidades de radios remotas, más conocidas como RRU (*Remote Radio Unit*), son las encargadas de filtrar y procesar la señal recibida mediante las antenas y transmitir esa información a las controladoras y viceversa, recibir la información de las controladoras, modular la señal y transmitirla hasta las antenas. Es decir, en sentido ascendente, la información es recibida mediante fibra óptica desde la controladora y la radio la transforma en una señal RF mediante modulaciones avanzadas (cada tecnología utiliza modulaciones diferentes) que posteriormente envía a la antena. Para el sentido descendente, recibe la señal RF y la procesa para convertirla en una señal óptica que se enviará a la controladora.

Las RRUs que se van a instalar trabajan en una banda de frecuencia específica, por eso se debe instalar una RRU por frecuencia y sector. Las cabezas remotas que se instalarán pertenecen al fabricante Ericsson.

Los modelos de las RRUs se diferencian por la banda de frecuencia de funcionamiento: B1 (2100Mhz), B3 (1800Mhz), B7 (2600Mhz), B8 (900Mhz), B20 (800Mhz), etc.

Se instalarán las siguientes cabezas remotas:

- 6 x RRU 01 B1.
- 6 x RRU 01 B8.
- 6 x RADIO 2219 B3.
- 2 x RADIO 2217 B20.

RRU 01

Las RRU 01 están formadas por el transmisor y receptor, amplificador de potencia, una unidad de filtro, un protector de sobre-voltaje con su alarma correspondiente [17].

Transmisor y el receptor: cuenta con los siguientes elementos:

- Conversor analógico / digital (A/D) y digital / analógico (D/A).
- Filtro de canal, ajustado a la frecuencia de funcionamiento de la radio (800, 900 1800, 2100, etc.).
- Ajustador de ganancia y de retardo.
- Pre-distorsionador digital.
- Modulador y demodulador RF.
- Terminación de interfaz de cable óptico.
- Dos receptores, para obtener diversidad en recepción.
- Receptor RET, para el control remoto del tilt eléctrico de la antena.

Amplificador de potencia: amplifica la señal RF de una portadora linealmente.

Unidad de filtro: consiste en un filtro paso banda y un amplificador de bajo ruido. Algunas versiones cuentan con un supervisor de VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*).

Protector de sobre-voltaje: aislar al equipo de altas corrientes que se puedan inducir desde el exterior (como por ejemplo, un rayo).

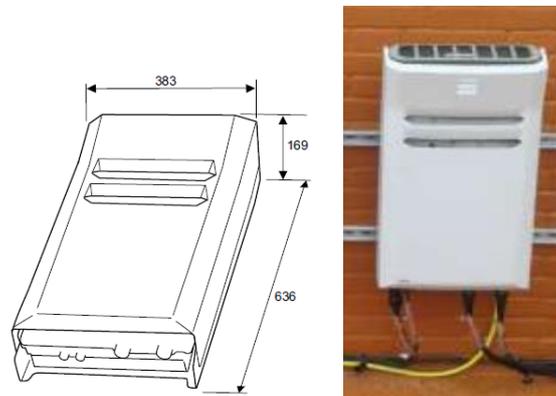


FIGURA 28. RRU 01 [17]

Funcionan con una tensión de -48V, pudiendo ofrecer hasta 80W de potencia, que se han de repartir entre todas las portadoras existentes en el sector que se configure.

RADIO 2217 / 2219

Similares a la RRU01 pero mejorando la capacidad de potencia de transmisión y el tamaño. La RADIO 2217 es capaz de transmitir 2x40W, lo que significa que puede asignar 40W a cada portadora de forma independiente y la RADIO 2219 transmite hasta 2x80W. También se observan mejoras en la disipación de potencia y en una instalación más sencilla y variada [18].

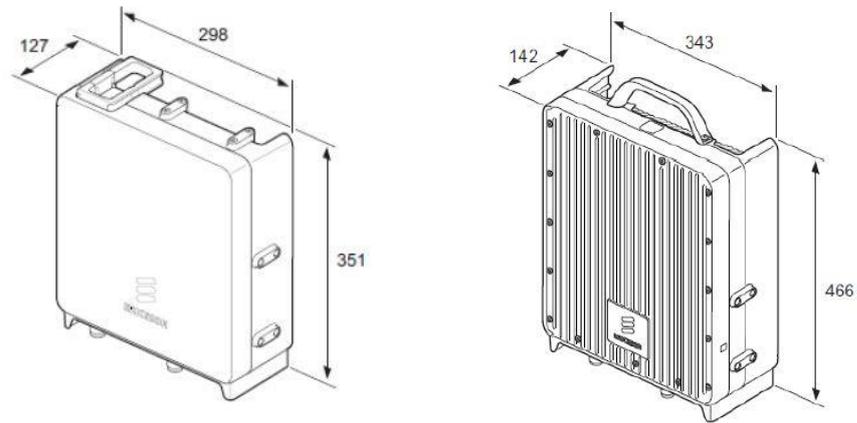
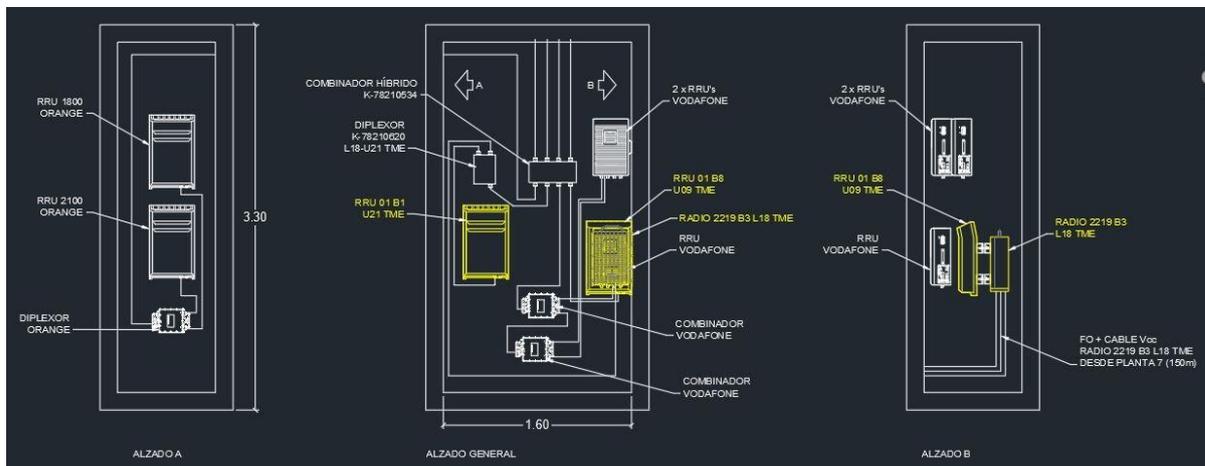


FIGURA 29. RADIO 2217 (IZQUIERDA) Y 2219 (DERECHA) [19]

Existen diversas formas de instalar las unidades de radio, como por ejemplo, en tubo detrás de antena, sobre un trípode autoportado, fijadas a pared, en el lateral de los bastidores mediante kits adaptadores, etc. Se instalarán todas las nuevas radios ancladas a la pared, utilizando perfiles de anclaje y sujeción. Cada radio se instalará en la zona más cercana posible a la antena, para conseguir que la señal se atenúe lo menos posible y llegar a bocas de antena con la mayor potencia posible sin necesidad de instalar amplificadores.



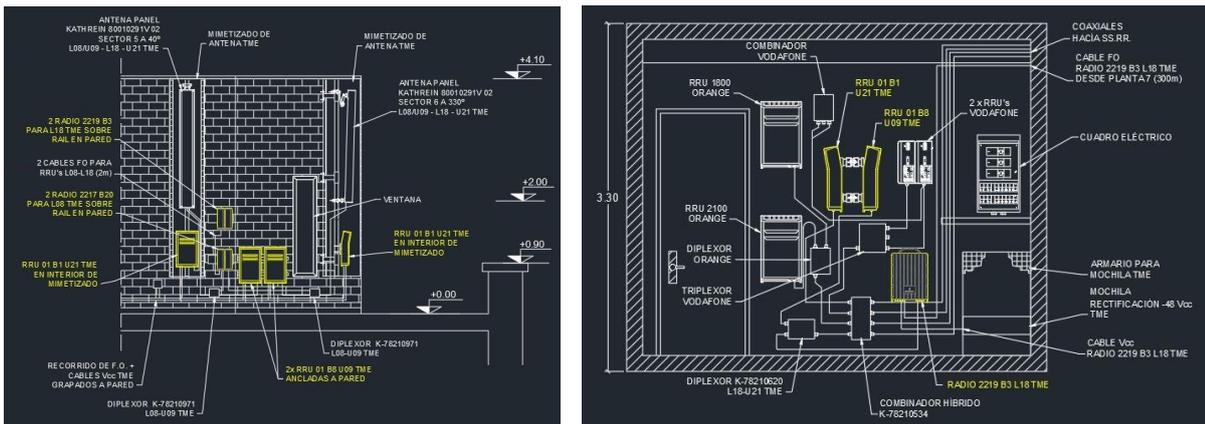


FIGURA 30. INSTALACIÓN DE RRUS

Las RRUs tienen conexión directa con la controladora correspondiente mediante fibra óptica, lo que permite el intercambio de información en ambos sentidos, de una manera rápida y eficiente. Desde cada RRU saldrán dos coaxiales (siempre de 1/2") que funcionan en modo dúplex, es decir, ambos mantienen una comunicación bidireccional (transmitir y recibir) entre la antena y la radio y viceversa. Además es necesaria la colocación de una tierra, conectada a una pletina, para proteger a todo el sistema de cualquier sobre-tensión.

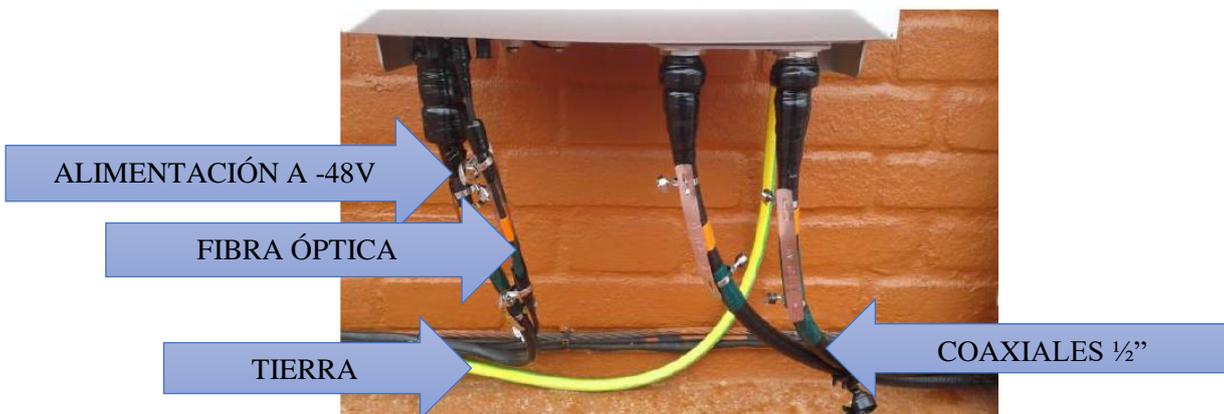


FIGURA 31. CONEXIONES RRU 01 B8

3.2.4 Sistema de antenas

Una antena es un elemento radiante que, mediante ondas radioeléctricas, establece comunicación con otro conjunto de antenas. En este caso, las antenas de telefonía móvil, envían y reciben señales hacia y desde los terminales móviles, respectivamente.

Actualmente, existe una gran variedad de antenas según el entorno y las necesidades de cada lugar. Podemos clasificar las antenas en *indoor* y *outdoor*.

3.2.4.1 Antenas indoor

Las antenas *indoor*, son elementos radiantes de pequeño tamaño (20-30cm de diámetro). Tienen potencia de radiación máxima de 50W aproximadamente. Se instalan en el interior de grandes superficies, como por ejemplo, supermercados, hospitales, grandes fábricas, hoteles, etc., donde la cobertura del exterior no penetra con suficiente potencia como para que un terminal móvil la reciba correctamente.

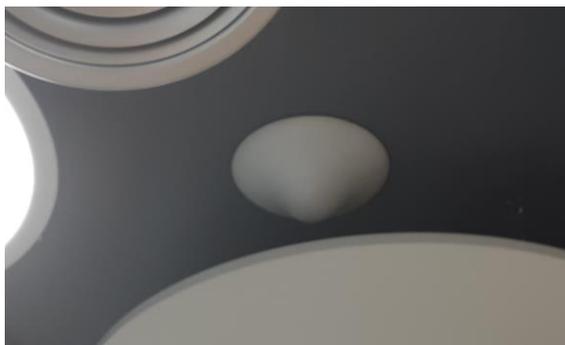


FIGURA 32. ANTENA INDOOR

Para la implantación de cobertura móvil en el interior del recinto hospitalario se desplegarán un total de 26 antenas *indoor*, de las cuales 21 serán el modelo Kathrein-80010173 y 5 serán Moyano-1743, en adelante K-80010173 y MY-1743 respectivamente.

K-80010173

Antena *indoor* omnidireccional, es decir, radia en los 360°, fabricada en aluminio. Sus principales características son:

Rango de frecuencias	876 – 960 Mhz 1710 – 2500 Mhz
Polarización	Vertical
Ganancia	2 dBi
Impedancia	50 Ω
VSWR	876 – 890 MHz: < 1.8 890 – 960 MHz: < 1.6 1710 – 2170 MHz: < 1.6 2170 – 2500 MHz: < 2.0
Potencia máxima (por banda)	50 W

Conector entrada	1 x N hembra
Peso	340g
Diámetro	215 mm
Ancho	85 mm

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS K-80010173 [20]

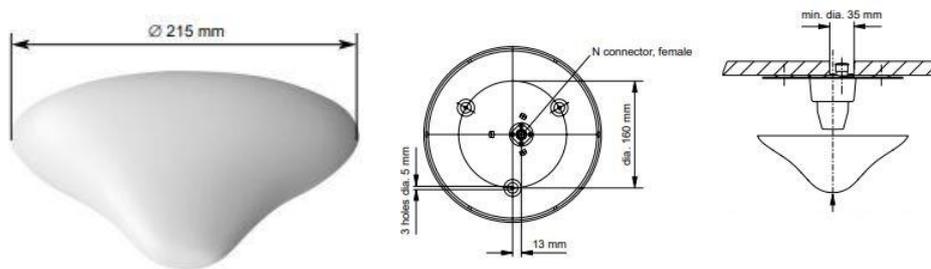


FIGURA 33. ANTENA K-80010173 [20]

Como se puede observar, únicamente permite la instalación de un único coaxial, por lo que no se podrá aprovechar la diversidad a la hora de transmitir y recibir, es decir, no se podrá usar MIMO.

Todas estas antenas se instalarán en diversas salas del hospital (pasillos, salas de espera, zona de quirófanos, urgencias, etc.) donde la cobertura del exterior llega con baja o nula potencia.

MY-1743

Antena panel del fabricante Moyano. Sus principales características son:

Rango de frecuencias	820 – 960 Mhz 1710 – 2170 Mhz
Ganancia	8 dB 7,5 dB
Potencia	50
Conector entrada	1 x N hembra
Peso	400 g

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS MY-1743 [21]



FIGURA 34. MY-1743 [21]

Al igual que la anterior antena, no dispone de dos bocas de entrada para poder utilizar MIMO.

3.2.4.2 Antenas outdoor

Las antenas *outdoor* son de mayor tamaño, ofrecen una mayor potencia de radiación, más arrays para la conexión de tecnologías y/o bandas de frecuencias diferentes respecto a las antenas *indoor*. Permiten la utilización de MIMO a la hora de transmitir y recibir y presentan una mayor directividad de la onda radioeléctrica.

Existen multitud de lugares donde instalar una antena *outdoor*, como por ejemplo, sobre soportes en torres de celosía/tubulares, en mástiles situados en las cubiertas de los edificios, ancladas a la pared, etc.

Para generar el menor impacto visual posible existe la posibilidad de “mimetizar” las antenas, es decir, cubrirlas con planchas de PVC espumado. Para la instalación de las antenas de exterior se instalará un mimetizado para evitar el mayor impacto visual posible.



FIGURA 35. ANTENA MIMETIZADA

Otra manera de disponer de un elemento radiante que genere el menor impacto visual en zonas urbanas, que un mástil con antenas, es la instalación de antenas trisectores llamadas SLIM. Las antenas tipo SLIM, son un cilindro de metal, generalmente de color blanco, que se arriostran a la cubierta de un edificio y simulan el efecto de una chimenea.



FIGURA 36. ANTENA SLIM [21]

Es tal la cantidad de antenas desplegadas que se han ideado diversas formas de ocultarlas en función de su localización geográfica. Podemos ver algunas ideas en las siguientes figuras:



FIGURA 37. MIMETIZADOS EN FORMA DE NATURALEZA [21]

En este despliegue se va a optar por instalar dos antenas panel Kathrein-80010291v02, en adelante K-80010291v02, anclada a un tubo fijado a la pared que existe en la terraza de la planta 13 del hospital. Finalmente se mimetizará con planchas de PVC con un laminado en forma de ladrillo (Figura 35).

K-80010291v02

Esta antena panel, de aproximadamente 2m de alto, presenta un conjunto de 6 bocas (3 arrays), dos para la banda de 790-960 Mhz y cuatro para la banda de 1710-2180 Mhz. Antes de elegir una antena es preciso fijarse en algunos parámetros para una correcta elección:



- Dimensiones.
- Rango de frecuencias: Necesario conocer las bandas de funcionamiento y las bandas que se van a implantar en la estación base.
- Número de arrays: Por lo general, las antenas macro traen dos bocas por array (para lograr la diversidad en TX y RX), pero cada boca funciona en un determinado ancho de banda.
- Tilt eléctrico: Muchas de las antenas actuales poseen lo que se llama *Etilt* (*electrical tilt*) para poder modificar el ángulo de radiación en cada uno de los arrays existentes en la antena.
- RET: Como indican sus siglas “*Remote Electrical Tilt*”, sirve para controlar el *Etilt* remotamente, para ello se instala un cable del tipo *AISG* desde las RRU o desde los amplificadores hasta la antena.

Para lograr el ángulo de radiación óptimo, aparte de modificar el *Etilt* de cada tecnología, podemos instalar la antena con un grado fijo, a esto se le denomina tilt mecánico (*Mechanical Tilt*, *Mtilt*).

FIGURA 38.
ANTENA K-
80010291v02
[22]

Como cualquier elemento radiante, las antenas no se comportan igual en todas las bandas de frecuencia ni para polarización diferentes. A continuación se pueden observar los parámetros de dicha antena.

		790-960		
Frequency range	MHz	790 – 866	824 – 894	880 – 960
Polarization	°	+45, -45	+45, -45	+45, -45
Average gain:	dBi	16.2 ... 16.0 ... 15.7	16.3 ... 16.1 ... 15.8	16.4 ... 16.2 ... 15.8
Tilt	°	2 ... 8 ... 14	2 ... 8 ... 14	2 ... 8 ... 14
Horizontal Pattern:				
Half-power beam width	°	68	67	65
Front-to-back ratio (180°±30°)	dB	> 25	> 25	> 25
Cross polar ratio		Typically:	Typically:	Typically:
Main direction	0°	25	25	25
Sector	±60°	> 10	> 10	> 10
Tracking	dB	1.0		
Vertical Pattern:				
Half-power beam width	°	10	9.7	9.3
Electrical tilt	°	2-14, continuously adjustable		
Sidelobe suppression for first sidelobe above main beam	°T dB	2 ... 8 ... 14 17 ... 17 ... 15	2 ... 8 ... 14 17 ... 17 ... 16	2 ... 8 ... 14 17 ... 17 ... 16
Impedance	Ω	50		
VSWR		< 1.5		
Isolation: Intrasystem	dB	> 30		
Isolation: Intersystem	dB	> 35 (790-960 // 1710-2180 MHz) > 30 (1710-2180 // 1710-2180 MHz)		
Intermodulation IM3	dBc	< -153 (2 x 43 dBm carrier)		
Max. effective power per port	W	400 (at 50 °C ambient temperature)		
Max. effective power for the antenna		900 (at 50 °C ambient temperature)		

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS K-80010291V02 EN LA BANDA 790-960 MHz [22]

		1710-2180		
Frequency range	MHz	1710 – 1880	1850 – 1990	1920 – 2180
Polarization	°	+45, -45	+45, -45	+45, -45
Average gain:				
1710-2180 MHz	B1: dBi	15.9 ... 15.9 ... 15.5	16.2 ... 16.2 ... 15.7	16.3 ... 16.3 ... 15.8
1710-2180 MHz	B2: dBi	15.8 ... 15.8 ... 15.4	16.1 ... 16.1 ... 15.4	16.3 ... 16.2 ... 15.5
Tilt	°	0 ... 7 ... 14	0 ... 7 ... 14	0 ... 7 ... 14
Horizontal Pattern:				
Half-power beam width	°	65	64	60
Front-to-back ratio (180°±30°)	dB	> 25	> 25	> 25
Cross polar ratio		Typically:	Typically:	Typically:
Main direction	0°	18	19	20
Sector	±60°	> 10	> 10	> 10
Tracking	dB	1.0		
Vertical Pattern:				
Half-power beam width	°	9.5	9	8.7
Electrical tilt	°	0-14, continuously adjustable		
Sidelobe suppression for first sidelobe above main beam	°T dB	0 ... 7 ... 14 18 ... 17 ... 17	0 ... 7 ... 14 18 ... 17 ... 17	0 ... 7 ... 14 18 ... 17 ... 17
Impedance	Ω	50		
VSWR		< 1.5		
Isolation: Intrasystem	dB	> 30		
Isolation: Intersystem	dB	> 35 (790-960 // 1710-2180 MHz) > 30 (1710-2180 // 1710-2180 MHz)		
Intermodulation IM3	dBc	< -153 (2 x 43 dBm carrier)		
Max. effective power per port	W	250 (at 50 °C ambient temperature)		
Max. effective power for the antenna		900 (at 50 °C ambient temperature)		

TABLA 6. CARACTERÍSTICAS K-80010291V02 EN LA BANDA 1710-2180 MHz [22]

Los coaxiales (siempre de ½”) se conectan mediante conectores hembra 7-16 (que permiten un ajustado sencillo y perfecto con la herramienta adecuada) en la parte inferior de la antena. Ahí mismo se pueden variar los Tilt eléctricos acorde al estudio previamente realizado por el optimizador de zona.

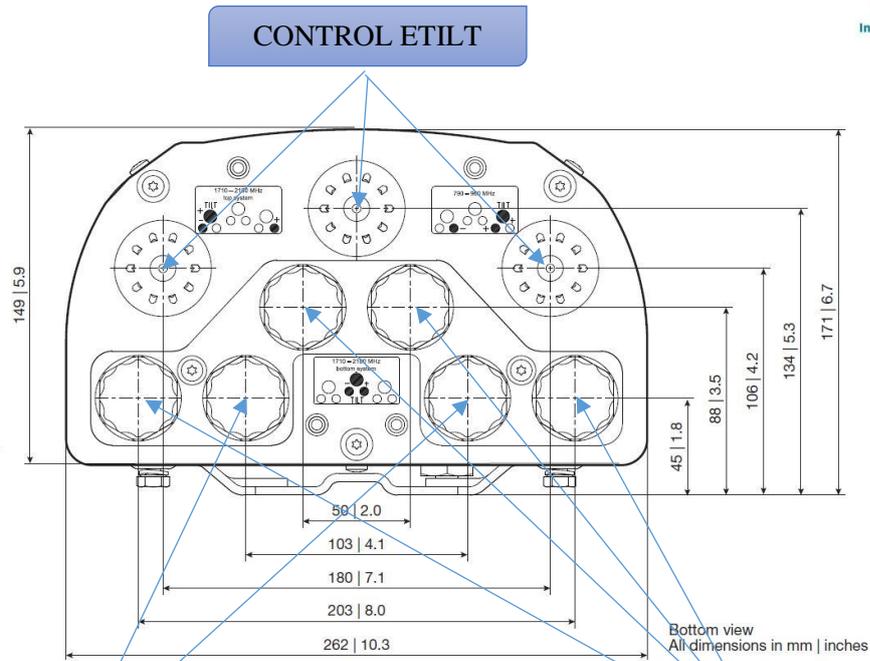


FIGURA 39. CONEXIONES K-80010291v02 [22]

ARRAYS LOWBAND

ARRAYS HIGHBAND

Se propone la instalación de dichas antenas para proporcionar cobertura a las inmediaciones del hospital y a todas las zonas urbanas próximas a éste, por ello son los dos únicos sectores en los que se va a implantar la banda de 800 Mhz, ya que las ondas radioeléctricas llegan mayor distancia, sin degradarse tanto como la banda de 1800 Mhz. La ubicación final de las antenas será la siguiente:

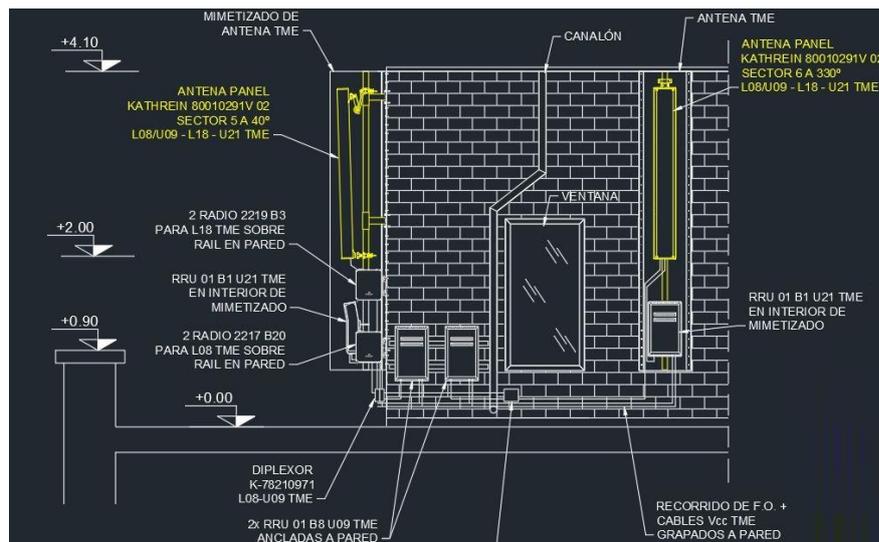


FIGURA 40. UBICACIÓN ANTENAS K-80010291v02

3.2.5 Sistemas de transmisión

Para establecer una comunicación entre dos estaciones base es necesario que estén conectadas con otras estaciones base o directamente con el centro de conmutación móvil. Las formas de transmisión más típicas son mediante radioenlace o fibra óptica.

Radioenlaces

Un radioenlace es un medio no guiado que transmite información de un punto a otro mediante el uso de ondas electromagnéticas. Son utilizados, principalmente, en los lugares donde realizar un despliegue de fibra óptica hasta el emplazamiento es inviable o que por cuestiones de diseño es más eficiente y barato que el uso de fibra óptica. Para ello se instalan dos radioenlaces, uno en la estación base que se quiere conectar y el otro en un emplazamiento más alejado, donde normalmente son centros con multitud de sistemas de conmutación y conectados con diversos puntos mediante radioenlaces de gran capacidad o fibra óptica.



FIGURA 41. RADIOENLACES EN ESTACIÓN BASE (IZQUIERDA) Y RADIOENLACES DE MAYOR CAPACIDAD (DERECHA)

Para el despliegue de un radioenlace es necesario realizar un estudio y análisis de los dos extremos que se quieren conectar y reservar una banda de frecuencia de emisión (normalmente superior a 10 Ghz).

Se emplean modulaciones adaptativas a modo de preservar de forma constante la transmisión de datos aun con factores meteorológicos adversos.

Fibra óptica

La fibra óptica es el medio de transmisión terrestre más usado en la actualidad debido a sus altas capacidades de transmisión y bajas pérdidas que presenta. Al contrario que los radioenlaces, la fibra óptica es un medio guiado que aprovecha la reflexión total interna de la luz en el interior de finos hilos de vidrio.

Para la transmisión mediante fibra óptica simplemente es necesario disponer de una instalación de fibra hasta el mismo emplazamiento para así poder enviar toda la información sobre éste. La adaptación del tráfico de información entre la estación base y el exterior se realiza mediante un PTRO, donde simplemente se empalman las fibras ópticas de la BTS con la canalización general.



FIGURA 42. PTRO EN UNA ESTACIÓN BASE

Así se podrá enviar la información hasta el centro de conmutación móvil y de éste a la estación base donde se encuentre conectado el otro terminal con el que se requiera mantener la conversación.

3.2.6 Coaxiales

Los coaxiales son los encargados de llevar la señal radio entre la antena y las unidades de radio. Se utilizan tiradas de diferentes diámetros en función de la longitud que se vaya a emplear, ya que cuanto menor es el diámetro del coaxial mayor será la atenuación en relación, de la señal que viaja en su interior, en relación a la distancia recorrida por la misma. Las tiradas de coaxial más utilizadas en las estaciones de telefonía móvil son las de 1/2", 7/8" y 5/8".

A continuación se comparará la atenuación que sufre la señal a las frecuencias de interés (800-900-1800-2100 Mhz). Para ello se tomarán como ejemplos coaxiales del fabricante RFS, concretamente:

- 1/2" ClearFill®Line Plenum-Rated Air-Dielectric.
- 7/8" HELIFLEX® Air-Dielectric Coaxial Cable.
- 1-5/8" HELIFLEX® Air-Dielectric Coaxial.

Frecuencia Mhz	Atenuación en 1/2” dB/100m	Atenuación en 7/8” dB/100m	Atenuación en 5/8” dB/100m
800	6,64	3,49	1,86
824	6,75	3,55	1,89
894	7,06	3,71	1,98
900	7,08	3,72	1,98
925	7,19	3,78	2,01
960	7,34	3,85	2,05
1800	10,50	5,43	2,89
2000	11,20	5,75	3,06
2100	11,50	-	-
2200	11,80	6,07	3,22

TABLA 7. COMPARATIVA ATENUACIÓN COAXIAL [23] [24] [25]

Se puede observar una notable diferencia a la hora de usar un tipo de coaxial u otro, ya que a mayor longitud y a mayor frecuencia de la señal transmitida, mayor será la atenuación sufrida. Siempre que se quiera tener una alta potencia de transmisión en la antena se han de calcular las pérdidas totales que sufrirá la señal y ver la necesidad de la utilización de un coaxial u otro. Hay que tener en cuenta que a los equipos siempre les debe de entrar la señal y salir en coaxial de 1/2” y después realizar un cambio de sección, en el caso de que sea necesario.

3.2.7 Conectores

Los conectores son básicos en cualquier instalación, se utilizan para establecer la unión entre un cable y un dispositivo, y que posteriormente sea fácilmente desmontable para su reutilización o reparación.

Existe gran variedad de conectores, los más utilizados en aplicaciones de comunicaciones móviles son:

- Conectores 4.3/10.
- Conectores 7/16.
- Conectores tipo N.

3.2.8 Diplexores

Un diplexor es un elemento pasivo que multiplexa dos o más señales en el dominio de la frecuencia. Esto permite transmitir varias bandas de trabajo por el mismo coaxial. Para ello dispone de diferentes entradas,

donde un filtro paso banda selecciona una banda de trabajo, para posteriormente juntarlas y dar como resultado una señal con varias bandas de frecuencia, las cuales mantienen su información original.

Para explicar el funcionamiento de un diplexor se tomará como ejemplo el diplexor Kathrein-78210620, en adelante K-78210620, con 2 de entrada y 1 de salida.



FIGURA 43. DIPLEXOR K-78210620 [26]

Por el puerto 1 se deberá introducir una señal RF cuya información esté comprendida en el ancho de banda de 1710 Mhz y 1880 Mhz (varía en función del modelo de diplexor que se utilice), y por el puerto 2 una señal entre 1920 Mhz y 2170 Mhz [26]. Los filtros seleccionarán el rango de frecuencia de interés para posteriormente juntar ambas señales. El resultado será una única señal RF, compuesta por dos anchos de banda.

En el caso del diplexor K-78210620 el puerto 1 tiene implementado un filtro paso banda comprendido entre 1710 Mhz y 1880 Mhz. El puerto 2 presenta un filtro entre 1920 Mhz y 2170 Mhz. En la siguiente figura se pueden apreciar los filtros implementados en cada uno de los puertos de entrada.

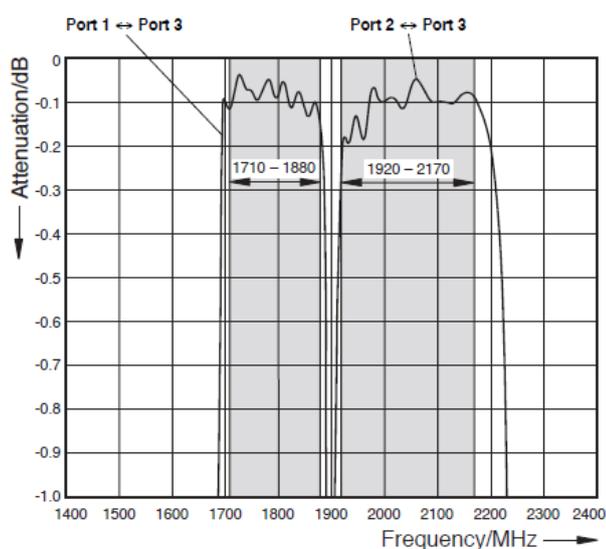


FIGURA 44. FILTROS PASO BANDA DIPLEXOR K-78210620 [26]

Por ejemplo, en el filtro implementado en el puerto 2, se aprecia que para frecuencias superiores a 2170 Mhz sigue dejando pasar frecuencias pero con una mayor atenuación. Esto se debe a que no se puede construir un filtro ideal, sino que es necesario diseñarlo con una zona de transición suave de manera que vaya atenuado cada vez más las frecuencias fuera de la banda de paso.

Retomando el ejemplo del diplexor K-78210620, su esquema interno es el siguiente:

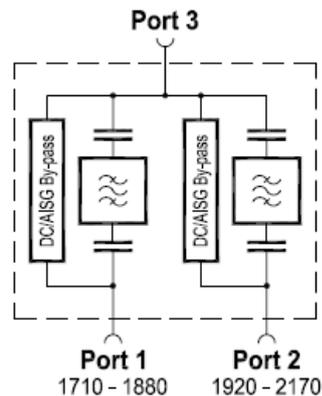


FIGURA 45. ESQUEMA INTERNO K-78210620

Formado por dos capacitores y un filtro paso banda en cada puerto, a mayores está el *DC/AISG By-pass*, que permite pasar la alimentación, en corriente continua, hacia los equipos que se encuentren después del diplexor [26].

Los diplexores presentan una serie de características que se han de tener en cuenta en el diseño del sistema radiante, como por ejemplo:

- Banda de paso (comentada anteriormente).
- Pérdidas de inserción (*Insertion loss*).
- Aislamiento entre puertos (*Isolation*).
- VSWR.
- Impedancia de entrada.
- Potencia de entrada máxima admitida.
- Productos de intermodulación producidos.
- Temperatura soportada.
- Tipo de conector de los puertos.

En la implantación de cobertura móvil se instalará un modelo similar al anterior, pero en vez de ser un diplexor simple (dos entradas y una salida), es un diplexor doble (cuatro entradas, de iguales características, y dos salidas). Se usará el modelo K-78210621 (cuyas características se pueden apreciar en la siguiente tabla) para diplexar las tecnologías UMTS2100 y LTE1800 en los sectores 1 y 2.

Pass band Band 1 (GSM 1800) Band 2 (UMTS)	1710 – 1880 MHz 1920 – 2170 MHz
Insertion loss Port 1 ↔ Port 3 Port 2 ↔ Port 3	< 0.3 dB (1710 – 1880 MHz) < 0.3 dB (1920 – 2170 MHz)
Isolation Port 1 ↔ Port 2	> 50 dB (1710 – 1880 / 1920 – 2170 MHz)
VSWR	< 1.25 (1710 – 1880 / 1920 – 2170 MHz)
Impedance	50 Ω
Input power Band 1 / Band 2	< 300 W / < 300 W
Intermodulation products	< -160 dBc (3 rd order; with 2 x 20 W)
Temperature range	-40 ... +60 °C
Connectors	7-16 female (long neck)
Application	Indoor or outdoor (IP 66)

TABLA 8. ESPECIFICACIONES DIPLEXOR K-78210621 [26]

Para diplexar las bandas de 800 y 900Mhz se usaran dos diplexores, K-78310971, (sectores 5 y 6). El esquema interno es el mismo que en el anterior caso, lo único que la banda de paso de los filtros paso banda de los puertos son diferentes. Para el puerto 1 tenemos un filtro desde 790 Mhz hasta 862 Mhz y para el puerto 2 desde 880 Mhz hasta 960 Mhz. A continuación se pueden observar los filtros implementados y las especificaciones del elemento pasivo [27].

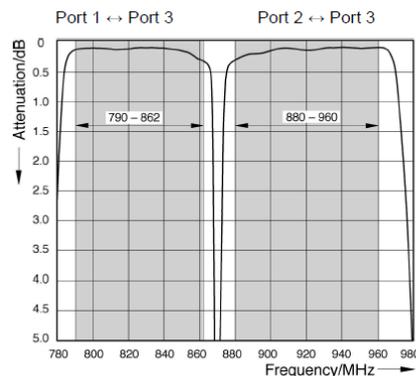


FIGURA 46. FILTROS PASO BANDA DIPLEXOR K-78310971 [27]

Pass band Band 1 Band 2	790 - 862 MHz 880 - 960 MHz
Insertion loss Port 1 ↔ Port 3 Port 2 ↔ Port 3	< 0.4 dB, typically 0.2 dB (790 - 862 MHz) < 0.4 dB, typically 0.2 dB (880 - 960 MHz)
Isolation Port 1 ↔ Port 2	> 50 dB (790 - 862 MHz / 880 - 960 MHz)
VSWR	< 1.25 (790 – 862 / 880 – 960 MHz)
Impedance	50 Ω
Input power Band 1 / Band 2	< 200 W / < 200 W
Intermodulation products	< -160 dBc (3 rd order; with 2 x 20 W)
Temperature range	-40 ... +60 °C
Connectors	7-16 female (long neck)

TABLA 9. ESPECIFICACIONES DIPLEXOR K-78310971 [27]

Por último, se instalarán dos triplexores (para los sectores 3 y 4) que permitan multiplexar las tecnologías UMTS900 – LTE1800- UMTS2100. El funcionamiento es idéntico al diplexor salvo que en este caso existen tres puertos de entrada y uno de salida.



FIGURA 47. TRIPLEXOR K-78210630 [28]

Para el puerto número 1 se tiene un filtro paso banda desde 380 Mhz hasta 960 Mhz, en el puerto 2 desde 1710 Mhz hasta 1880 Mhz y en el puerto 3 desde 1920 Mhz hasta 2170 Hz. Esta vez tendremos una señal con información en tres bandas de frecuencias diferentes. A continuación se detallan los filtros implementados y las especificaciones del dispositivo [28]:

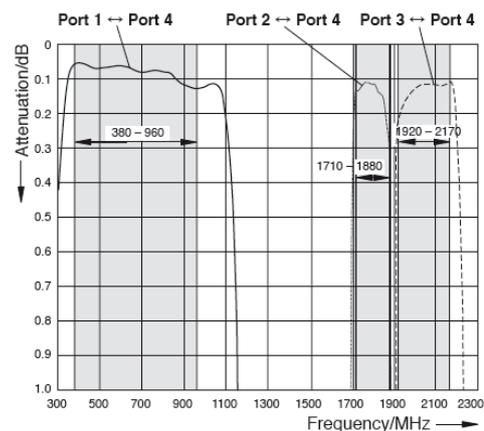


FIGURA 48. FILTROS PASO BANDA TRIPLEXOR K-78210630 [28]

Pass band	
Band 1 (TETRA ... GSM 900)	380 – 960 MHz
Band 2 (GSM 1800)	1710 – 1880 MHz
Band 3 (UMTS)	1920 – 2170 MHz
Insertion loss	
Port 1 ↔ Port 4	< 0.2 dB (380 – 960 MHz)
Port 2 ↔ Port 4	< 0.3 dB (1710 – 1880 MHz)
Port 3 ↔ Port 4	< 0.3 dB (1920 – 2170 MHz)
Isolation	
Port 1 ↔ Port 2	> 45 dB (380 – 600 MHz) / > 50 dB (600 – 960 / 1710 – 1880 MHz)
Port 1 ↔ Port 3	> 45 dB (380 – 600 MHz) / > 50 dB (600 – 960 / 1920 – 2170 MHz)
Port 2 ↔ Port 3	> 50 dB (1710 – 1880 / 1920 – 2170 MHz)
VSWR	< 1.25 (380 – 960 / 1710 – 1880 / 1920 – 2170 MHz)
Impedance	50 Ω
Input power	
Band 1 / Band 2 / Band 3	< 700 W / < 300 W / < 300 W
Intermodulation products	< -160 dBc (3 rd order; with 2 x 20 W)
Temperature range	-40 ... +60 °C
Connectors	7-16 female (long neck)

TABLA 10. ESPECIFICACIONES TRIPLEXOR K-78210630 [28]

Como se puede observar en los filtros implementados el diseño debe ser muy estricto, para conseguir una banda de paso plana y unas bandas de transición estrechas, para que los filtros no lleguen a solaparse y no se produzcan interferencias no deseadas.

3.2.9 Combinadores

Un combinador realiza una función similar al diplexor, pero en este caso todos los puertos de entrada tienen el mismo ancho de banda. Para la explicación de un combinador se tomará como ejemplo el usado en este emplazamiento, se trata de un combinador híbrido del fabricante Kathrein, modelo 7821534 (K-78210534).

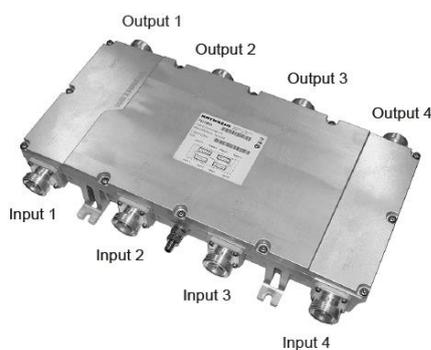


FIGURA 49. COMBINADOR HÍBRIDO K-7821534 [29]

Un combinador cuenta con un número determinado de puertos de entrada (en este caso 4) y de salida (otros 4). En cada puerto se introduce una señal diferente, cuya información esté en el ancho de banda de trabajo del puerto del dispositivo (en este ejemplo entre 698 y 2690 Mhz), posteriormente las señales pasan por uno acopladores a 3dB, que se encargan de juntar y dividir la potencia a sus cuatro salidas (como se puede observar en la Figura 50). Por tanto a la salida obtendremos una única señal con toda la información, entre 690 y 2690 Mhz, que presentaban las cuatro señales introducidas, pero con ¼ de potencia respecto a las originales [29].

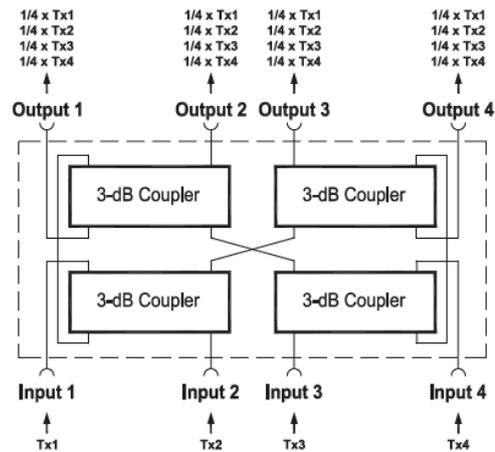


FIGURA 50. ESQUEMA INTERNO COMBINADOR HÍBRIDO K-78210534 [29]

Sus características se pueden observar en la siguiente tabla:

Type No.	78210534
Frequency range	698 - 2690 MHz
Insertion loss Input 1...4 ↔ Output 1...4	0.35 ± 0.15 dB
Power distribution loss (excluding insertion loss) Input 1...4 ↔ Output 1...4	6 ± 0.75 dB
Isolation Input 1...4 ↔ Input 1...4 Output 1...4 ↔ Output 1...4	> 20 dB* > 20 dB*
VSWR (all ports)	< 1.22 (698 - 2170 MHz) < 1.4, typ. 1.2 (2170 - 2690 MHz)
Impedance	50 Ω
Input power	< 150 W at each input port
Intermodulation products	< -160 dBc (3 rd order; with 2 x 20 W)
Temperature range	-40 ... +60 °C
Connectors	7-16 female
Application	Indoor or Outdoor (IP 66)
DC/AISG transparency	Bypass (max. 2500 mA) between Input 1 ↔ Output 4 / Input 2 ↔ Output 2 / Input 3 ↔ Output 3 / Input 4 ↔ Output 1 External DC stop available as an accessory

TABLA 11. CARACTERÍSTICAS COMBINADOR K-78210534 [29]

Muchas de sus especificaciones son iguales que las de un diplexor, pero en este caso cabe destacar las pérdidas debido a la distribución de potencias, que son producidas por los acopladores a 3-dB. Es decir, en cada puerto de salida de producen unas pérdidas de potencia (a mayores de las pérdidas de inserción) de 6,3 dB (valor típico según el fabricante). Por tanto, el uso de combinadores y diplexores debe reservarse únicamente a que, por cuestiones de diseño no tengamos más alternativa, debido a que introducen muchas pérdidas a la señal, lo que hará que no llegue su suficiente potencia a la antena.

3.2.10 Splitters

Un *splitter*, divide una señal en varios flujos iguales. Para ello, realiza un reparto de potencia entre sus salidas, es decir, a cada salida le llega una fracción de potencia de la señal original. Estos dispositivos son útiles cuando queremos instalar un conjunto de antenas que radien a una potencia pequeña y por ello no nos hace falta la instalación de una unidad de radio independiente para cada.

A la hora de elegir un *splitter* u otro es necesario contemplar las siguientes características:

- Número de salidas.
- Banda de frecuencia de funcionamiento.
- Pérdidas de inserción.

En este emplazamiento se utilizarán varios *splitters* para distribuir la señal RF de los sectores 1 y 2 en varias antenas repartidas por el interior del recinto hospitalario.

3.2.11 Amplificadores

El uso de dispositivos que amplifiquen la señal justo antes de entrar en la boca de antena es necesario en los emplazamientos donde la señal, ya sea por el tamaño de la línea de transmisión (en este caso cable coaxial) o por los diferentes dispositivos pasivos que atraviesa, sufre una atenuación demasiado grande, y la potencia que presenta es insuficiente para una radiación adecuada. Por ello se instalan amplificadores o también conocidos como TMA (*Tower Mounted Amplifier*), que amplifiquen y reconstruyan la señal dándole un nivel de potencia óptimo para su transmisión.

En este emplazamiento no es necesario el uso de un amplificador, ya que las radios se colocan a escasos metros de las antenas y llega la potencia necesaria para una correcta transmisión y recepción de la señal.

3.3 Sistema radiante final

La conexión de los elementos comentados anteriormente forma el sistema radiante de la estación base. La señal realiza el siguiente recorrido en el sentido ascendente (estación base – usuario): La señal es recibida por el sistema de transmisión específico, en este caso fibra óptica, y se lleva a la controladora que se encarga de procesarla y enviarle mediante fibra óptica a las unidades de radio remotas. En las RRUs la información es modulada y convertida en una señal de RF, que se transmite por medio de los cables coaxiales, pasando por distintos elementos pasivos como diplexores, combinadores y *splitters*. Finalmente la señal RF llega a la antena, la cual se encarga de transmitir la señal radioeléctrica que llega al terminal móvil del usuario. Para el sentido descendente (usuario - estación base) el proceso es inverso.

Este emplazamiento poseerá un total de 6 sectores, que se detallan a continuación.

Sector 1

Formado por un conjunto de 13 antenas K-80010173 repartidas por diferentes salas del sótano 0. Se radiarán las tecnologías UMTS900, UMTS2100 y LTE, todas estas serán combinadas con las bandas de otros operadores (Orange y Vodafone) mediante el combinador híbrido K-78210534, donde previamente se introducen diplexadas las bandas de 2100 y 1800 de TME. Los flujos de señal se reparten en 4, que

posteriormente mediante el uso de *splitters* se distribuye en todo el conjunto de antena (para conocer en detalle la distribución consultar el esquema unifilar en el Anexo).

Sector 2

El sector 2 presenta la misma configuración que el sector 1, pero en este caso se instalan 8 antenas de interior (K-78210534) en la planta -1, en el edificio de urgencias, y una en el exterior (MY-1743), que proporciona cobertura a las zonas al aire libre dentro del recinto hospitalario (para conocer en detalle la distribución consultar el esquema unifilar en el Anexo).

Sector 3

Formado por dos antenas MY-1743, que al igual que la del sector 2, proporciona cobertura a las zonas al aire libre dentro del recinto. Se multiplexan las tecnologías UMTS900, UMTS2100 y LTE1800 con el diplexor K-78210630, donde la señal posteriormente es splitteada y repartida en las dos antenas mencionadas anteriormente. Se instalarán en la planta 7 en la zona derecha del hospital (para conocer en detalle la distribución consultar el esquema unifilar en el Anexo).

Sector 4

Configuración idéntica que la del sector 3, esta vez las antenas se instalan en la planta 7 en la zona izquierda del hospital (para conocer en detalle la distribución consultar el esquema unifilar en el Anexo).

Sector 5

Este sector proporcionará cobertura a todas las zonas alrededor del hospital, por lo que se instalarán dos antenas macro, donde se radiará una mayor potencia. Para ello se instalan 4 RRUs para las tecnologías UMTS900, UMTS2100, LTE800 y LTE1800, y se multiplexaran las señales de las bandas de 800-900 Mhz con un diplexor K-7821971. Se instalan dos antenas K-801091v02 donde sus 3 arrays radiarán las 4 tecnologías mencionadas anteriormente. Se colocarán en la terraza de la planta 13 del hospital (para conocer en detalle la distribución consultar el esquema unifilar en el Anexo).

Sector 6

Idéntico al sector 5, pero con una orientación diferente, para así poder cubrir la zona de cobertura deseada correctamente (para conocer en detalle la distribución consultar el esquema unifilar en el Anexo).

CAPITULO 4. LÍNEAS FUTURAS Y CONCLUSIÓN

4.1 Conclusiones

Durante este documento se ha podido observar la cantidad de factores que los ingenieros deben abordar a la hora de diseñar y/o construir equipos para permitir a los usuarios una correcta comunicación entre ellos. A la hora de ejecutar un despliegue de esta magnitud no solo entra en juego el perfil de un ingeniero en telecomunicaciones, sino que es necesario ingenieros civiles (para el estudio de viabilidad de la instalación de mástiles y demás elementos que vayan anclados a la fachada o a la cubierta del edificio), ingenieros mecánicos (para realizar estudios de cargas de los mástiles sobre los que van instaladas las antenas y demás equipos), ingenieros industriales (para realizar el estudio de aclimatación de la sala donde se instalan equipos, y mantenerla a unas condiciones óptimas de temperatura y humedad). En definitiva, un despliegue de este tipo necesita varios profesionales detrás para que todo funcione y salga a la perfección.

Un factor importante para realizar un correcto despliegue de cobertura móvil es la necesidad de tener en cuenta las pérdidas que sufre la señal al pasar por diferentes elementos pasivos, así como los factores no lineales que pueden hacer que la estación base no funcione correctamente (debido a factores como el *PIM*). Ya que un mal cálculo puede hacer que no se consiga la suficiente potencia de radiación y con ello no dar cobertura a todo el área prevista.

Es imprescindible a la hora de diseñar un emplazamiento pensar a largo plazo, es decir, tener en cuenta que en unos años será necesario instalar y/o desinstalar equipos. Para ello se puede estudiar la instalación de equipos (controladoras y cabezas remotas) que soporten varias bandas de frecuencias, antenas que permitan radiar un rango de frecuencias mayor, instalar los equipos dejando espacio para las futuras implantaciones, etc. Todo ello permitirá ahorrar en costes y tiempo, cuando se quiera actualizar el emplazamiento con nuevas bandas de frecuencias o tecnologías.

En definitiva, con este tipo de implantaciones se logra dar cobertura móvil a todo el recinto hospitalario y a sus proximidades. Lo que permite a las miles de personas que estén allí, poder disfrutar de una conexión a internet rápida y realizar llamadas sin importar la sala donde se encuentren.

4.2 Líneas futuras

El rápido avance de la tecnología hace que los emplazamientos de telefonía móvil tengan que ser actualizados constantemente, ya sea instalando nuevas bandas de frecuencias de tecnologías ya existentes o instalando nuevas tecnologías que se van desarrollando. Actualmente el emplazamiento cuenta con cobertura 3G con las bandas de 900 Mhz y 2100 Mhz y 4G bandas de 800 Mhz y 1800 Mhz, si se quiere dar más capacidad y velocidad se podrá implantar la banda de 2100 Mhz para la tecnología LTE. Para dicho despliegue los fabricantes tienen desarrollado unidades de radio que compactan varias bandas de frecuencias y tecnologías, haciendo que se aproveche mejor el escaso espacio físico disponible a la hora de instalar nuevos equipos en los emplazamientos. En este caso, Ericsson ha desarrollado la RADIO2242 B1 B3 y la RADIO4443 B1 B3, las cuales permiten el procesado de señales en la banda de 1800 Mhz y 2100 Mhz para distintas tecnologías como UMTS y LTE. Con estas actualizaciones de los emplazamientos se conseguirá una mejor optimización del espacio disponible, mayor capacidad de usuarios y una mayor velocidad.

La implantación más importante (y que llegará en un futuro muy cercano) es la del 5G. La quinta generación de comunicaciones móviles ha llegado y ya se está implantando en multitud de

emplazamientos, por ello es cuestión de tiempo que algún operador de telefonía móvil, en este caso Telefónica, proponga realizar el despliegue de esta red en el hospital de Barakaldo. Esto supondrá un gran avance, no solo en el mundo de la telefonía móvil, si no en el ámbito de la conectividad entre una cantidad inimaginable de dispositivos. Algunas de las características más importantes de esta quinta generación son:

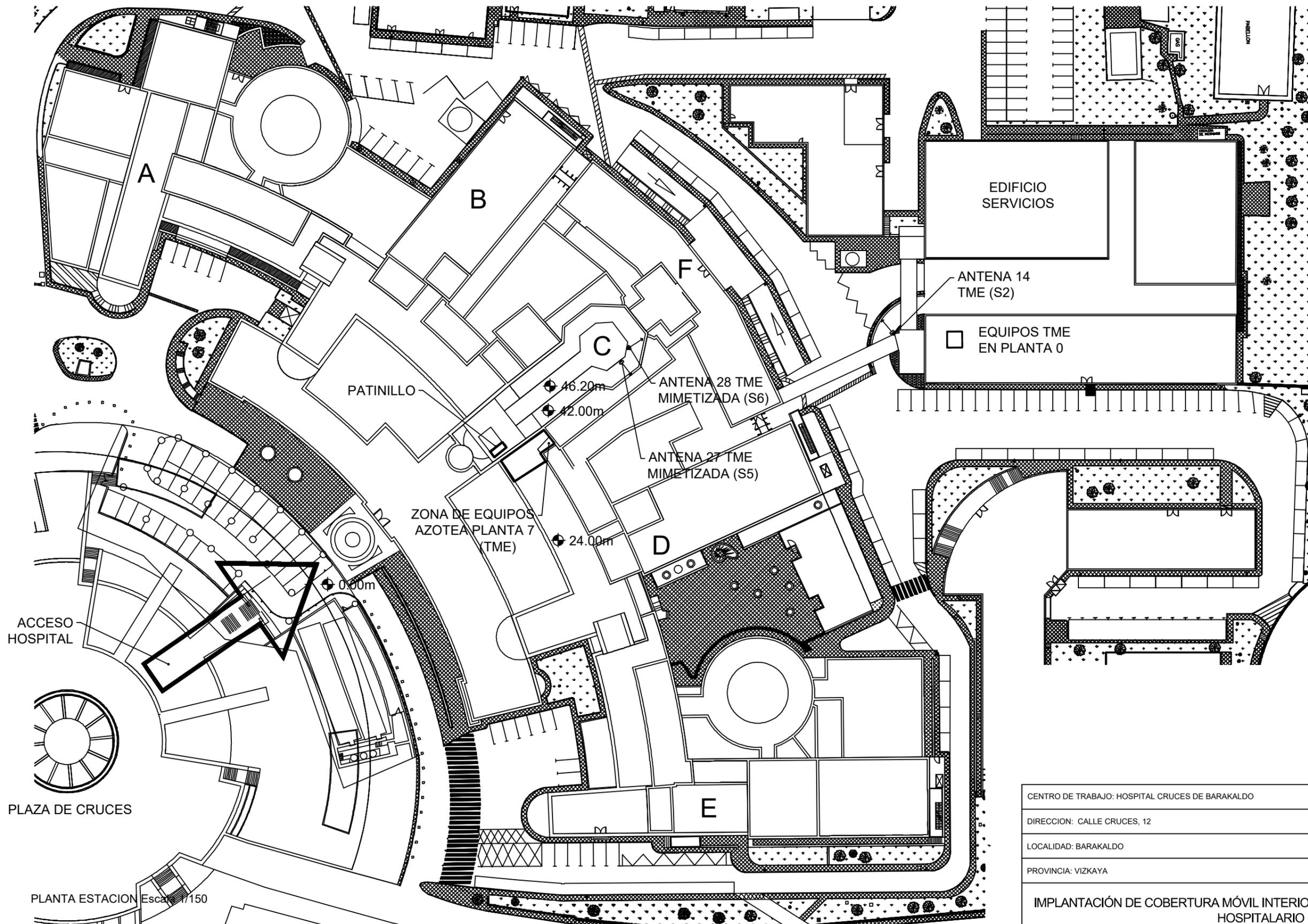
- Ancho de banda 1000 veces superior a 4G LTE.
- Hasta 100 veces más de dispositivos conectados por unidades de área respecto 4G LTE.
- Velocidades de hasta 10Gbps.
- Latencia de 1 ms.
- Eficiencia energética, el consumo energético de la red es mucho menor respecto las actuales tecnologías.

El uso de esta nueva generación de comunicaciones móvil supondrá, según muchos científicos, la cuarta revolución industrial o revolución industrial 4.0, en el que todos los dispositivos se encuentren conectados y la gran mayoría funcionen de forma casi automática o remota. Esto supondrá la creación de nuevos empleos que hoy en día aún no existen o la actualización de los puestos de trabajo tal y como se conocen. Un claro ejemplo es la utilización de la red 5G en el hospital es la realización de operaciones a distancia, es decir, dotar a los equipos y utensilios clínicos de conectividad para poder ser controlados remotamente desde cualquier parte del mundo, y debido a la baja latencia y a la alta velocidad de transmisión de datos, un cirujano será capaz de operar a un paciente a miles de kilómetros de distancia.

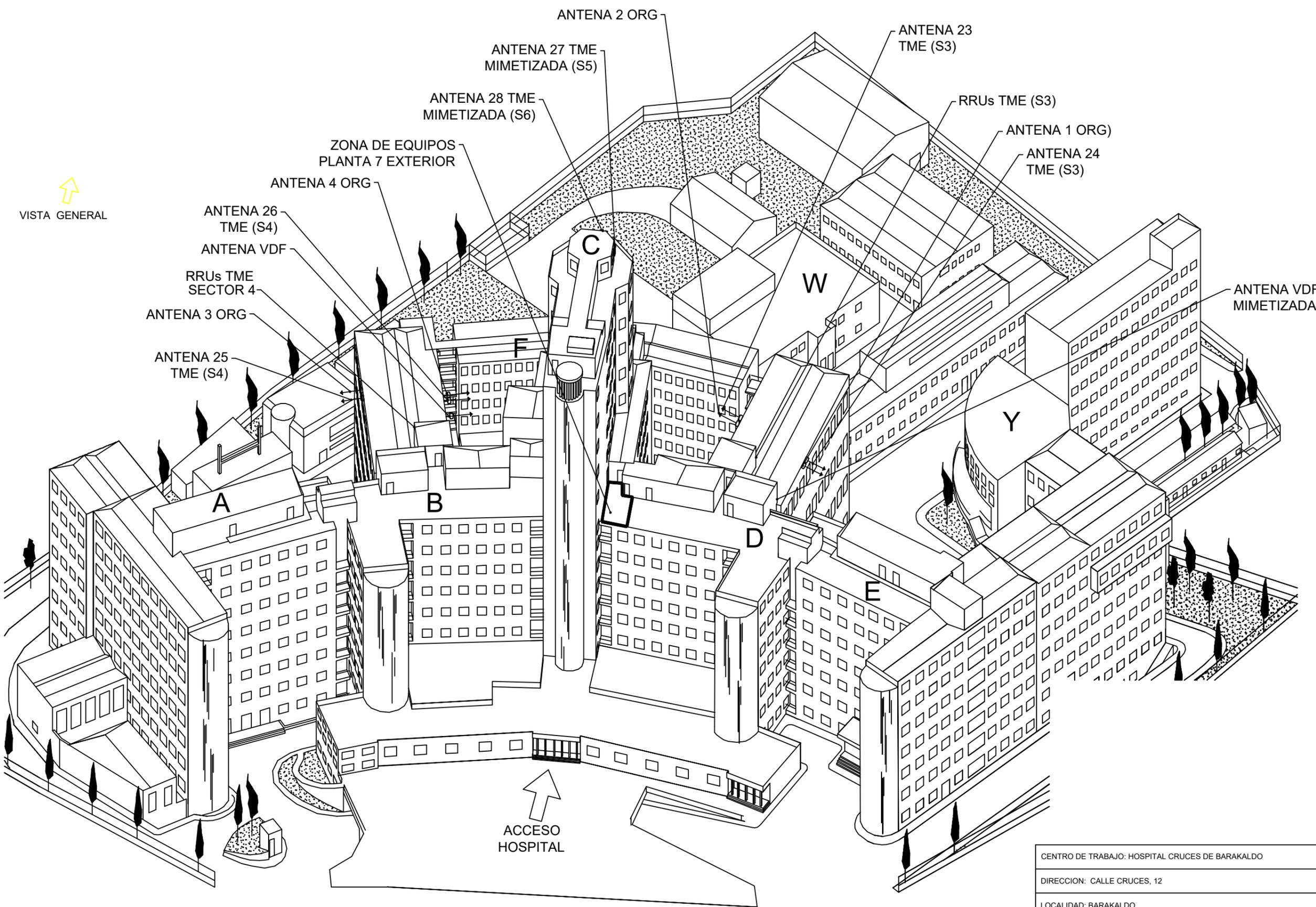
BIBLIOGRAFIA

- [1] Asignatura “Sistemas de Telecomunicación”, Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación, mención en Sistemas de Telecomunicación, Universidad de Valladolid.
- [2] Hernando Rabanos, José María, Mendo Tomás, Luis y Riera Salis, José Manuel. (2015) “Comunicaciones móviles”.
- [3] Peula, J.M, Alados, I., Liger, E., Margas, J.M. (2014) “Fundamentos Físicos de la Informática”.
- [4] Martin Blas, Teresa y Serrano Fernández Ana, Universidad Politécnica de Madrid. Página web: <http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/ondas/armonicass.html> Consultada en junio de 2019.
- [5] Walraven, Darrin. (2006) “Understanding SWR by example”.
- [6] Derren, Oliver. (2014) “Back to Basics in Microwave System: Return loss and VSWR”. Pagina web: <https://www.commscope.com/Blog/Back-to-Basics-in-Microwave-Systems-Return-Loss-and-VSWR/> Consultada en junio 2019.
- [7] Recomendación UIT-R SM.1446. (04/2000) “Definición y medición de los productos de intermodulación en transmisores que utilizan técnicas de modulación de frecuencia, de fase o compleja.”.
- [8] Asignatura “Academia de electromagnetismo”. Instituto politécnico Nacional.
- [9] Instituto de formación profesional a distancia, Gobierno Vasco. Página web: http://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ICTV/ICTV02/es_IEA_ICTV02_Contenidos/website_22_polarizacin_d_e_la_onda_electromagnética.html. Consultado en junio de 2019.
- [10] Asignatura “Sistemas de Radiocomunicaciones”, Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación, mención en Sistemas de Telecomunicación, Universidad de Valladolid.
- [11] Vargas, Cesar, López, Wilson y da Rocha, Carlos. “Sistemas de Comunicaciones Inalámbrica MIMO-OFDM”, Universidad Federal de Santa Catarina.
- [12] Real Decreto 123/2017, de 24 de febrero, sobre el uso del dominio público radioeléctrico.
- [13] Descripción técnica, (2013) “Cabina de 36U con distribución lateral”.
- [14] Hoja de características técnicas, “R-48-3500e”.
- [15] Ericsson, “DUW Controller”.
- [16] Ericsson, “Baseband Description”.
- [17] Ericsson, “Remote Radio Unit Description, RRUS 01”.
- [18] Ericsson, “Radio Description, Radio 2217, Radio 2217 and Radio 0208”.
- [19] Ericsson, “IR-716, Instalación de RRU de Ericsson”.
- [20] Hoja de características técnicas, “Kathrein 80010173”.
- [21] Ayuntamiento de A Coruña, “Catalogo de técnicas de integración en el medio y mimetización de las infraestructuras de radiocomunicación en el término municipal de A Coruña”.
- [22] Hoja de características técnicas, “Kathrein 80010291v02”.
- [23] Hoja de características técnicas, “1/2" ClearFill®Line Plenum-Rated Air-Dielectric Coaxial Cable for In-Building Applications”.
- [24] Hoja de características técnicas, “7/8" HELIFLEX® Air-Dielectric Coaxial Cable”.
- [25] Hoja de características técnicas, “1-5/8" HELIFLEX® Air-Dielectric Coaxial Cable”.
- [26] Hoja de características técnicas, “Kathrein 78210620”.
- [27] Hoja de características técnicas, “Kathrein 78310971”.
- [28] Hoja de características técnicas, “Kathrein 78210630”.
- [29] Hoja de características técnicas, “Kathrein 7821534”.

ANEXO. PLANOS Y ESQUEMAS UNIFILARES DEL EMPLAZAMIENTO



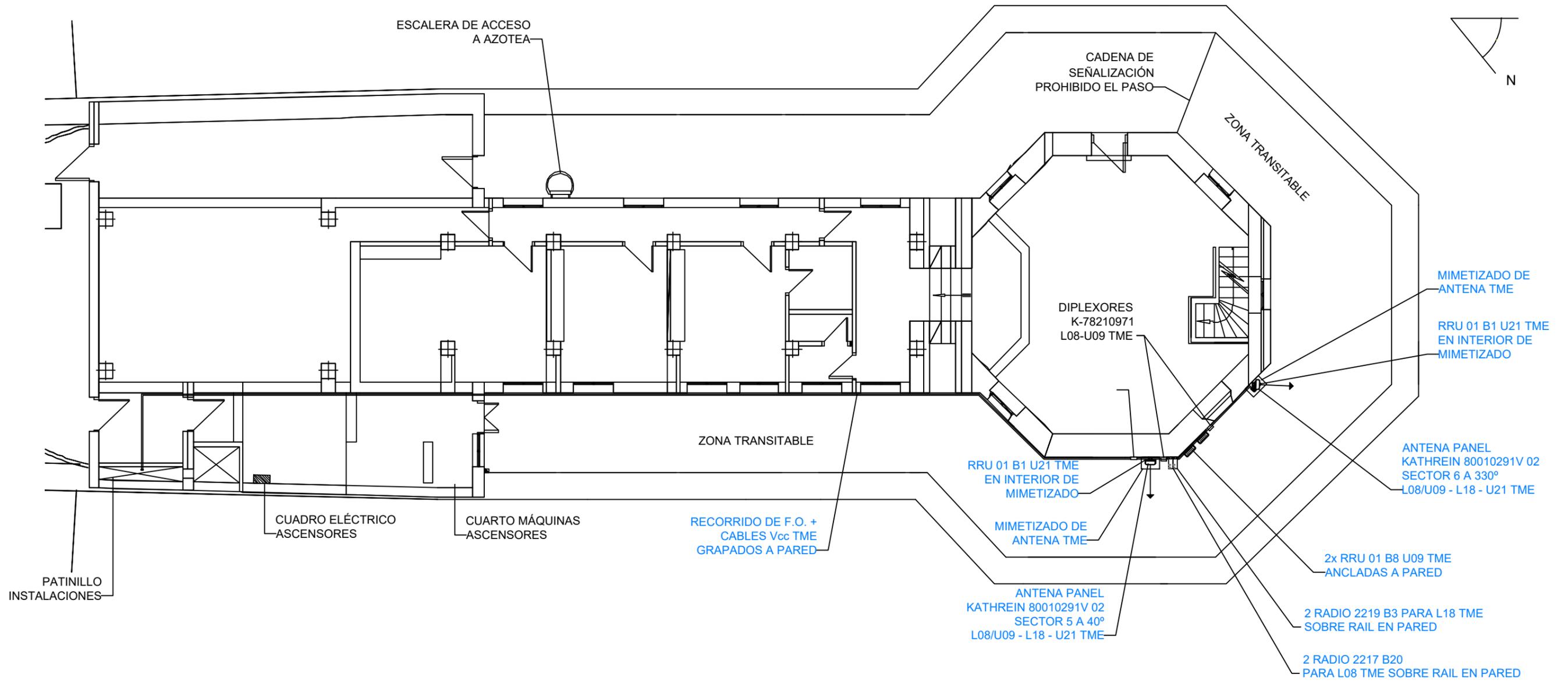
CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO:	PLANTA GENERAL DEL CONJUNTO HOSPITALARIO	PLANO Nº: 1/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	



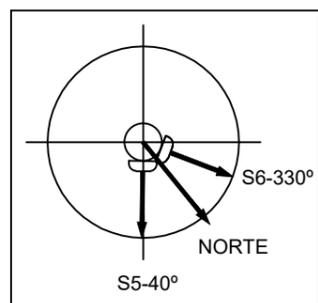
VISTA GENERAL

ACCESO HOSPITAL

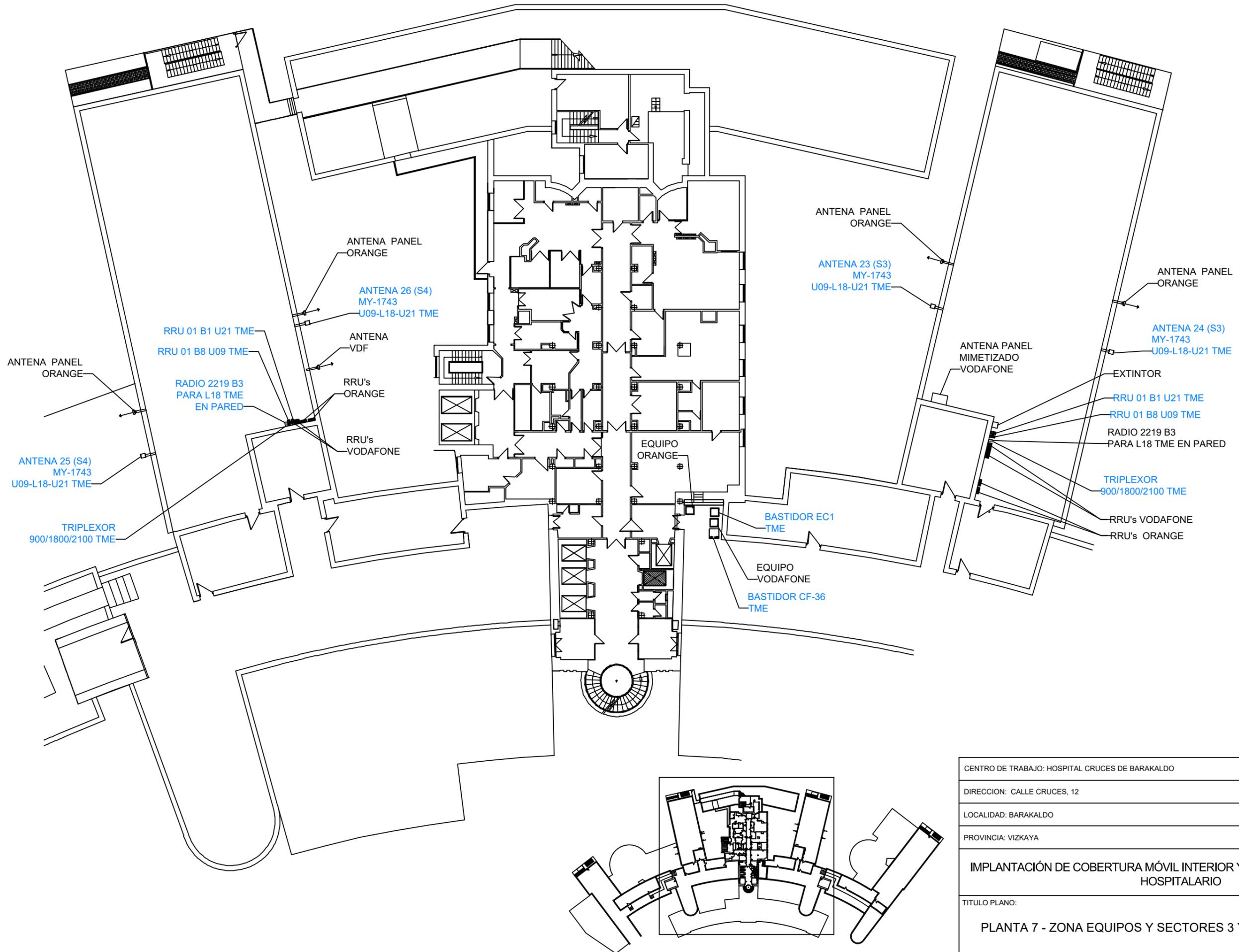
CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO:	ALZADO PRINCIPAL DEL CONJUNTO HOSPITALARIO	PLANO Nº: 2/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	



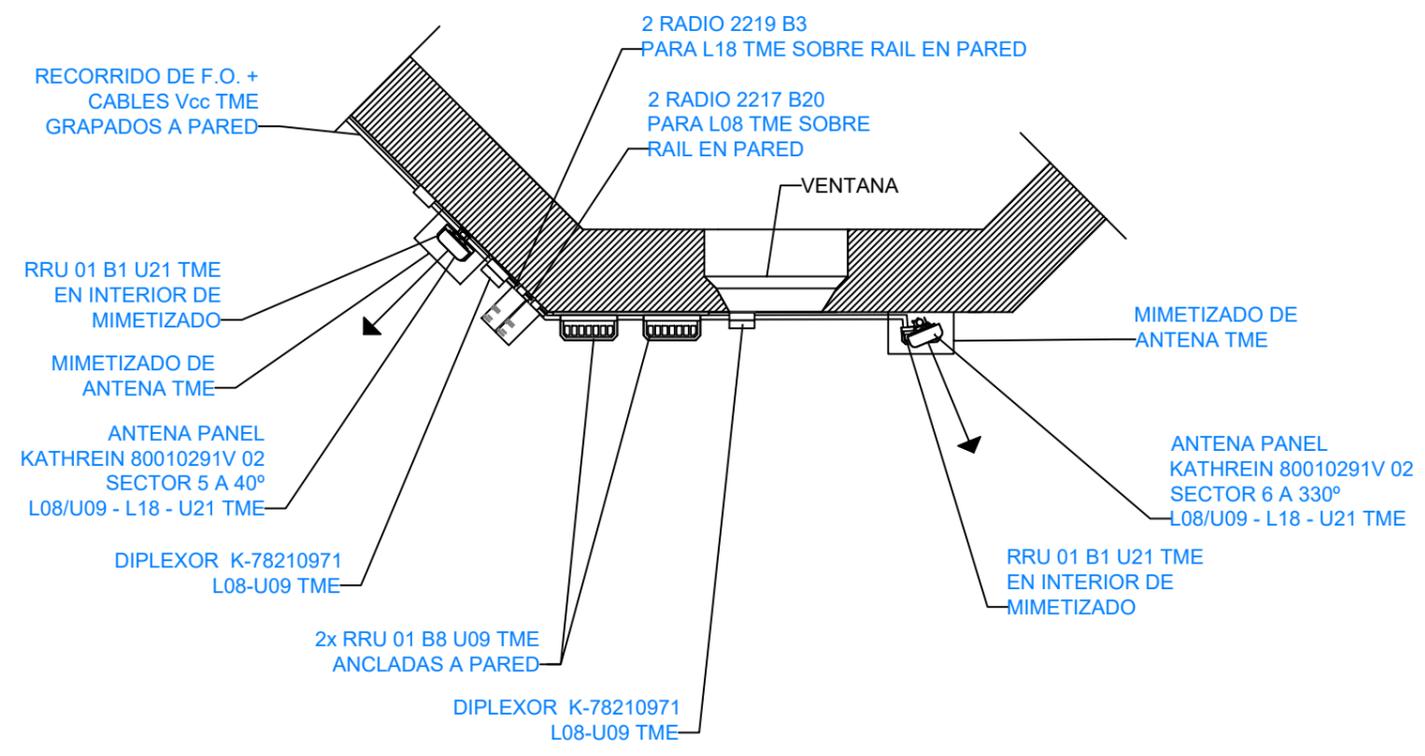
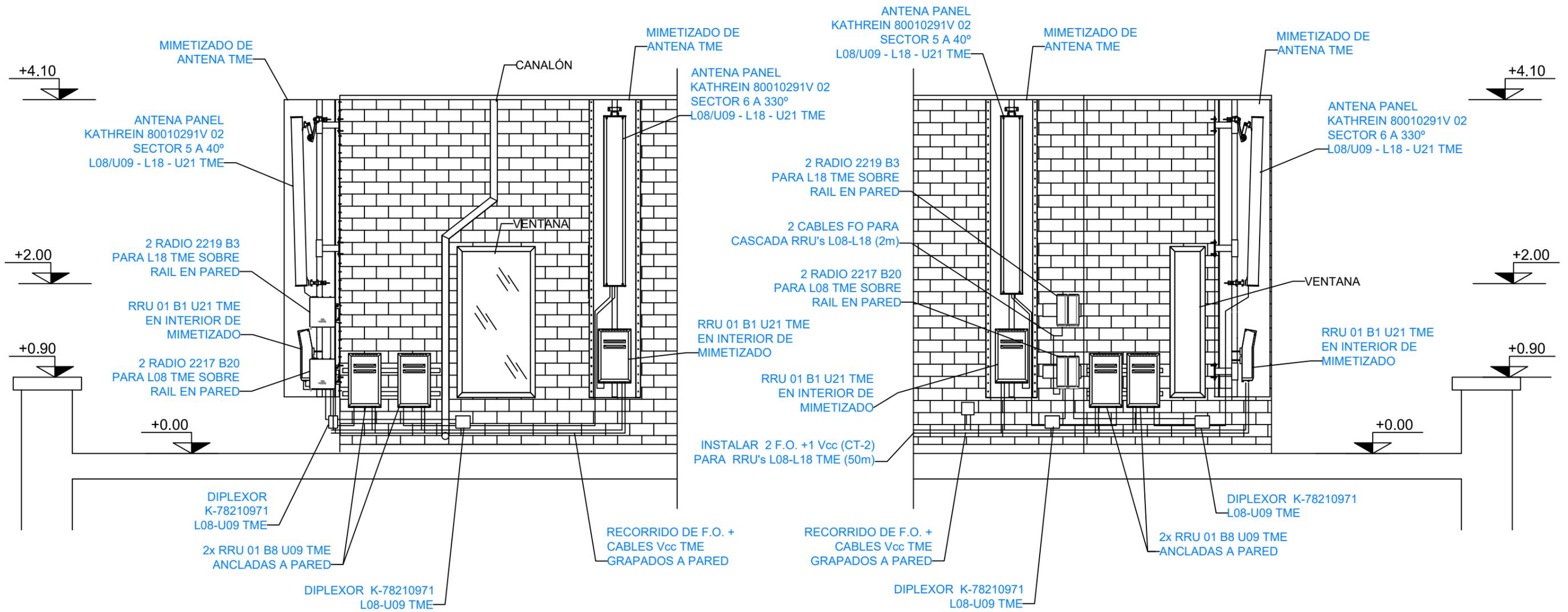
CARACTERÍSTICAS SISTEMA RADIANTE		
	SECTOR 5	SECTOR 6
ORIENTACIÓN	40°	330°
Nº x LONG. COAXIAL L08/U9	2 x 3.00 m.	2 x 3.00 m.
Nº x LONG. COAXIAL L18	2 x 3.00 m.	2 x 5.00 m.
Nº x LONG. COAXIAL U21	2 x 1.00 m.	2 x 1.00 m.
TIPO DE COAXIAL	1/2"	1/2"
Nº x LONG. F.O. L08	1 x 2.00 m.	1 x 2.00 m.
Nº x LONG. F.O. U9	1 x 50.00 m.	1 x 50.00 m.
Nº x LONG. F.O. L18	1 x 50.00 m.	1 x 50.00 m.
Nº x LONG. F.O. U21	1 x 50.00 m.	1 x 50.00 m.
Nº x LONG. CABLE Vcc	2 x 50.00m.	2 x 50.00m.
TIPO DE ANTENA	KATHREIN 80010291V02	KATHREIN 80010291V02
INCLINACIÓN MECÁNICA	---	---
INCL. ELÉCTRICA 800/900	---	---
INCL. ELÉCTRICA 1800	---	---
INCL. ELÉCTRICA 2100	---	---
ALTURA A BASE DE LA ANTENA DESDE LA TERRAZA	2.00 m.	2.00 m.



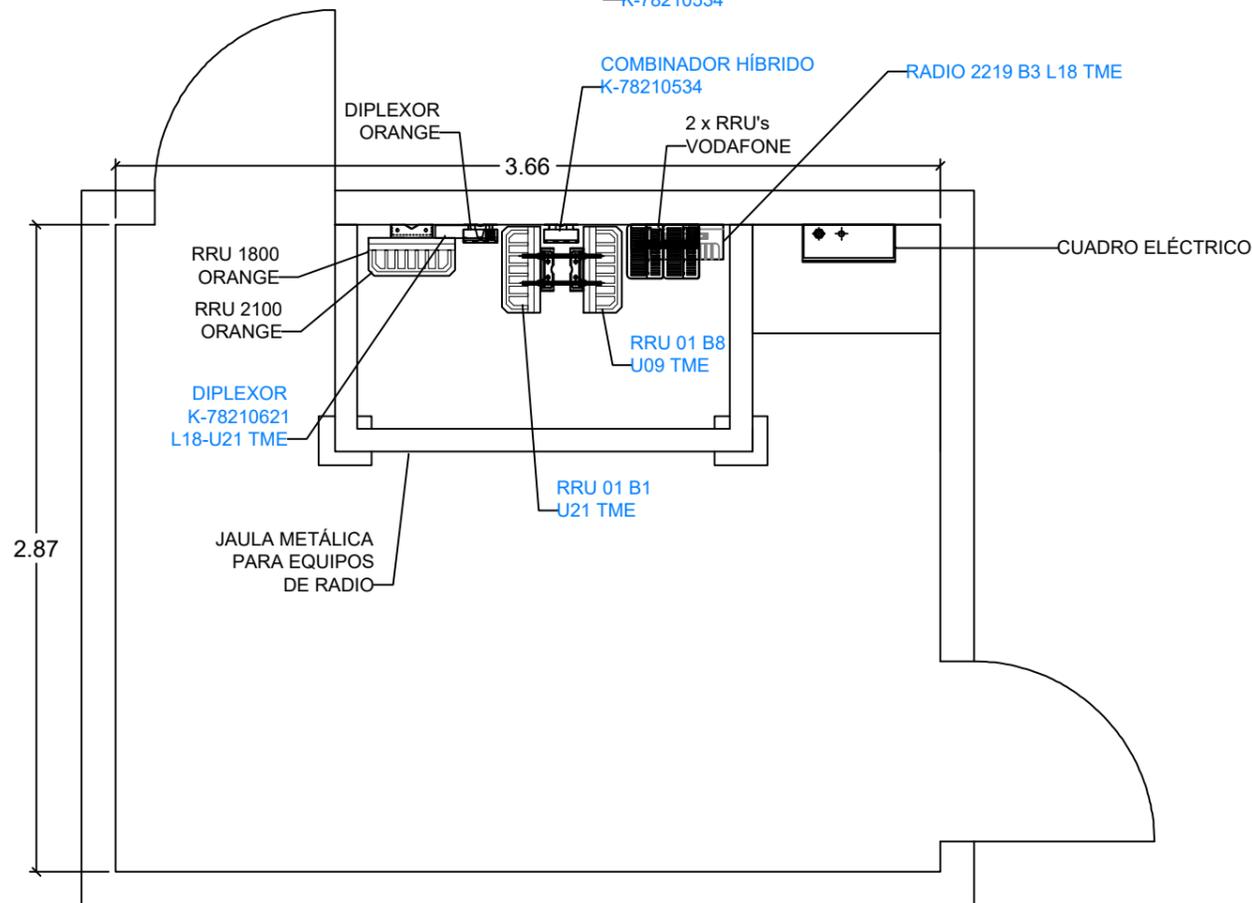
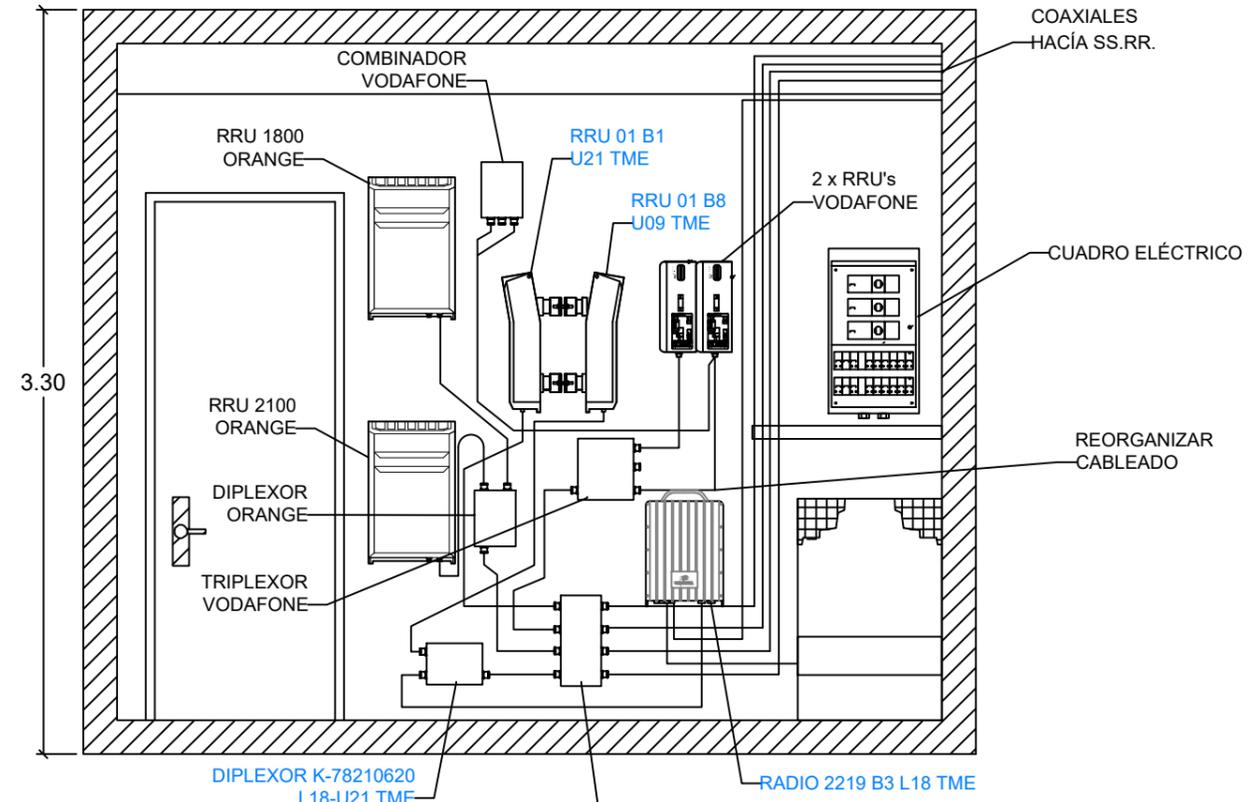
CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO:		PLANO Nº:
PLANTA 13 - ANTENAS SECTORES 5 Y 6		3/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	



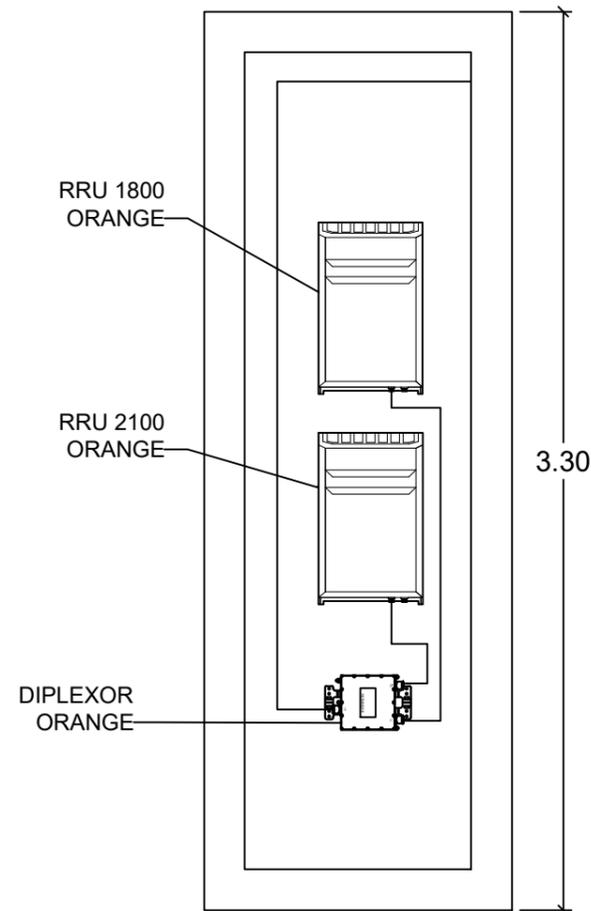
CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO: PLANTA 7 - ZONA EQUIPOS Y SECTORES 3 Y 4		PLANO Nº: 4/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	
		



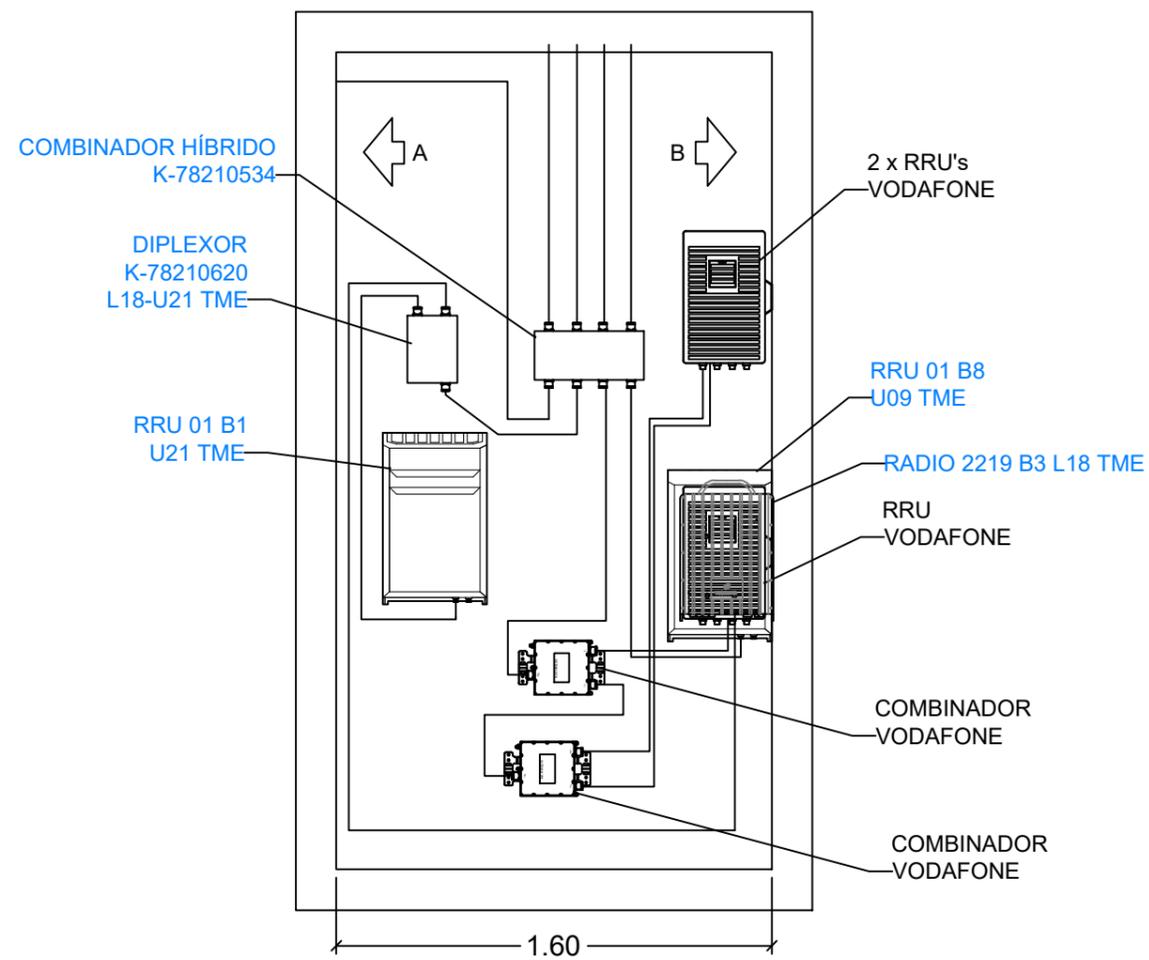
CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO:		PLANO Nº:
PLANTA Y ALZADO - SECTORES 5 Y 6		5/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	



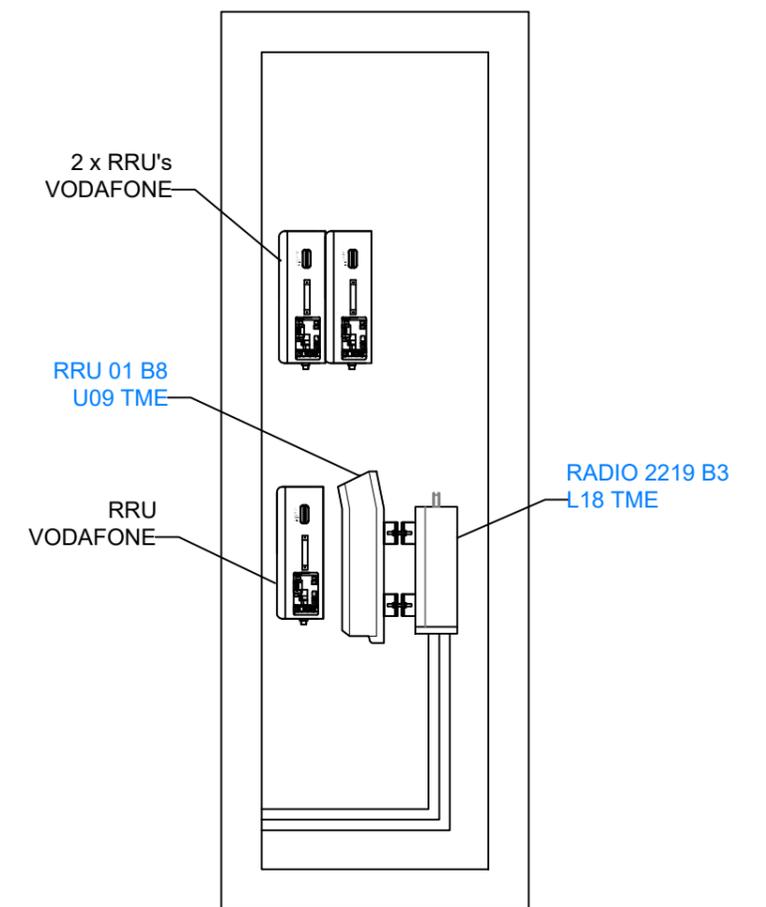
CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO	
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12	
LOCALIDAD: BARAKALDO	
PROVINCIA: VIZKAYA	
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO	
TITULO PLANO: PLANTA Y SECCION RRUs - PLANTA -1	PLANO Nº: 6/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado



ALZADO A

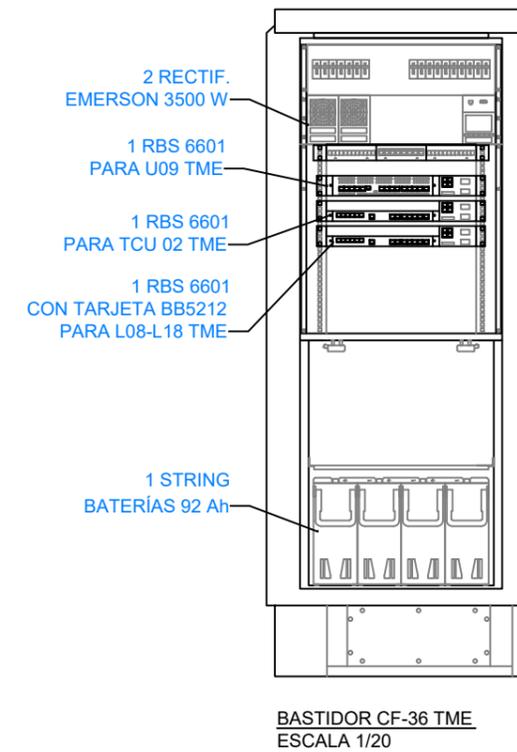
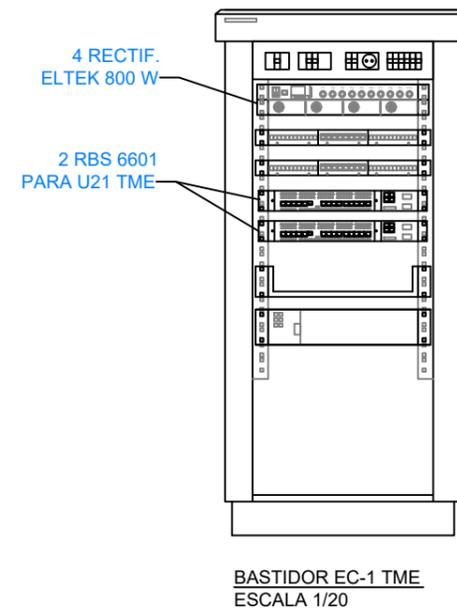
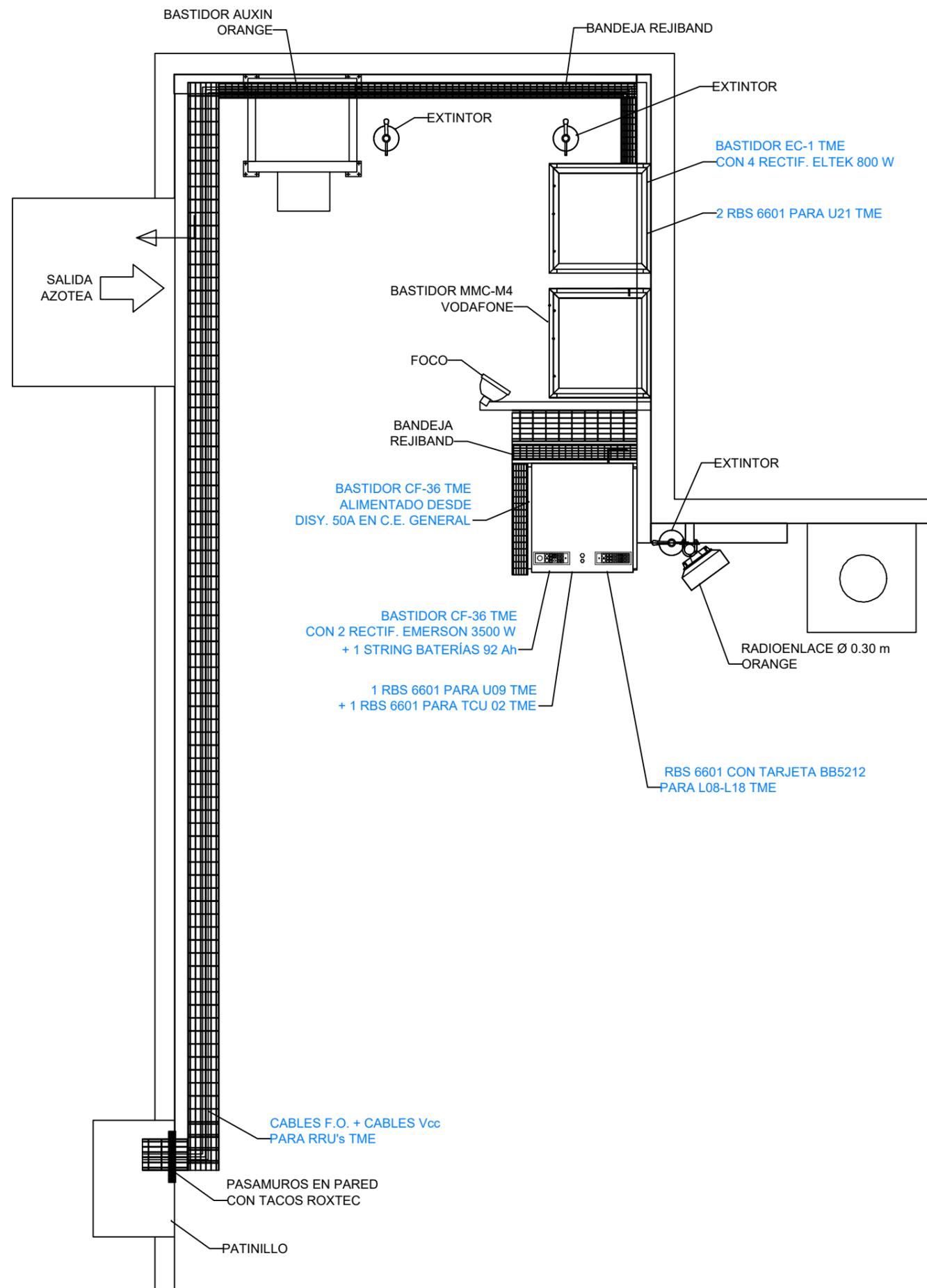


ALZADO GENERAL



ALZADO B

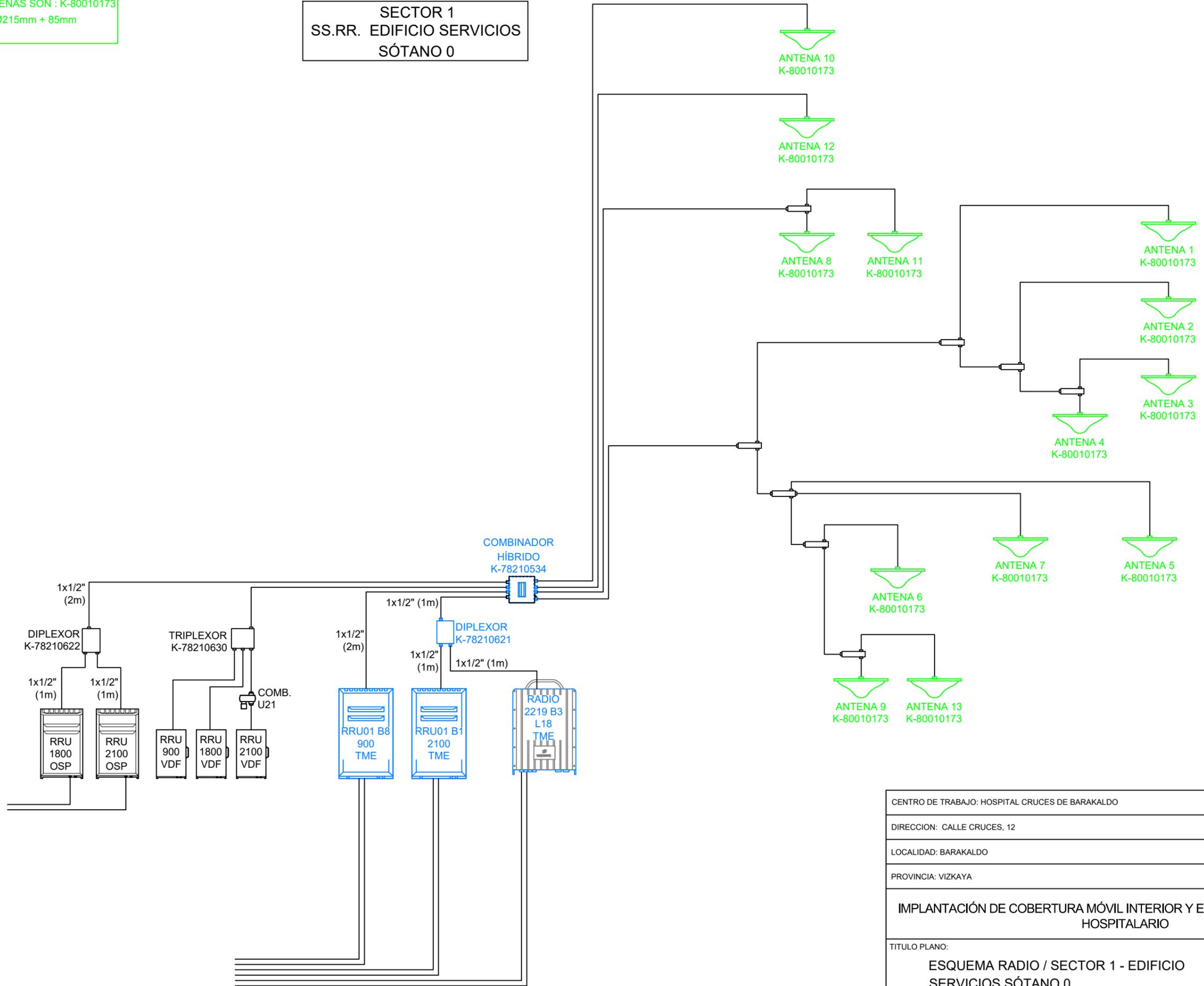
CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO:		PLANO Nº:
PLANTA SÓTANO 0 - SECCIONES SALA DE RRUs		7/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	



CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO: PLANTA 7 - DETALLE ZONA DE EQUIPOS		PLANO Nº: 8/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	

TODAS LAS ANTENAS SON : K-80010173
 DIMENSIONES: Ø215mm + 85mm
 PESO: 340g

SECTOR 1
 SS.RR. EDIFICIO SERVICIOS
 SÓTANO 0

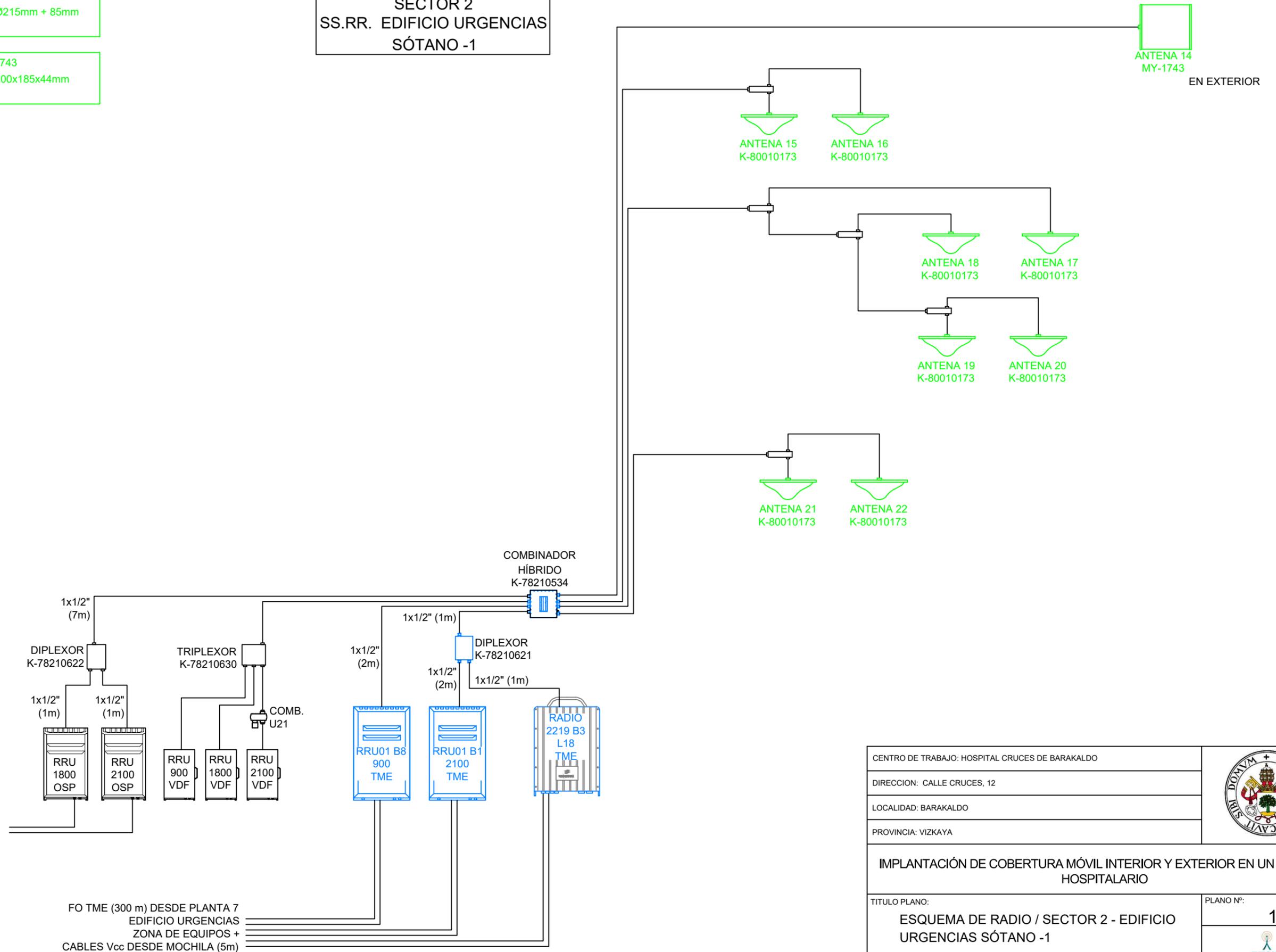


CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO: ESQUEMA RADIO / SECTOR 1 - EDIFICIO SERVICIOS SÓTANO 0		PLANO Nº: 9/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	

ANTENAS : K-80010173
 DIMENSIONES: Ø215mm + 85mm
 PESO: 340g

ANTENAS : MY-1743
 DIMENSIONES: 200x185x44mm
 PESO: 400g

SECTOR 2
 SS.RR. EDIFICIO URGENCIAS
 SÓTANO -1



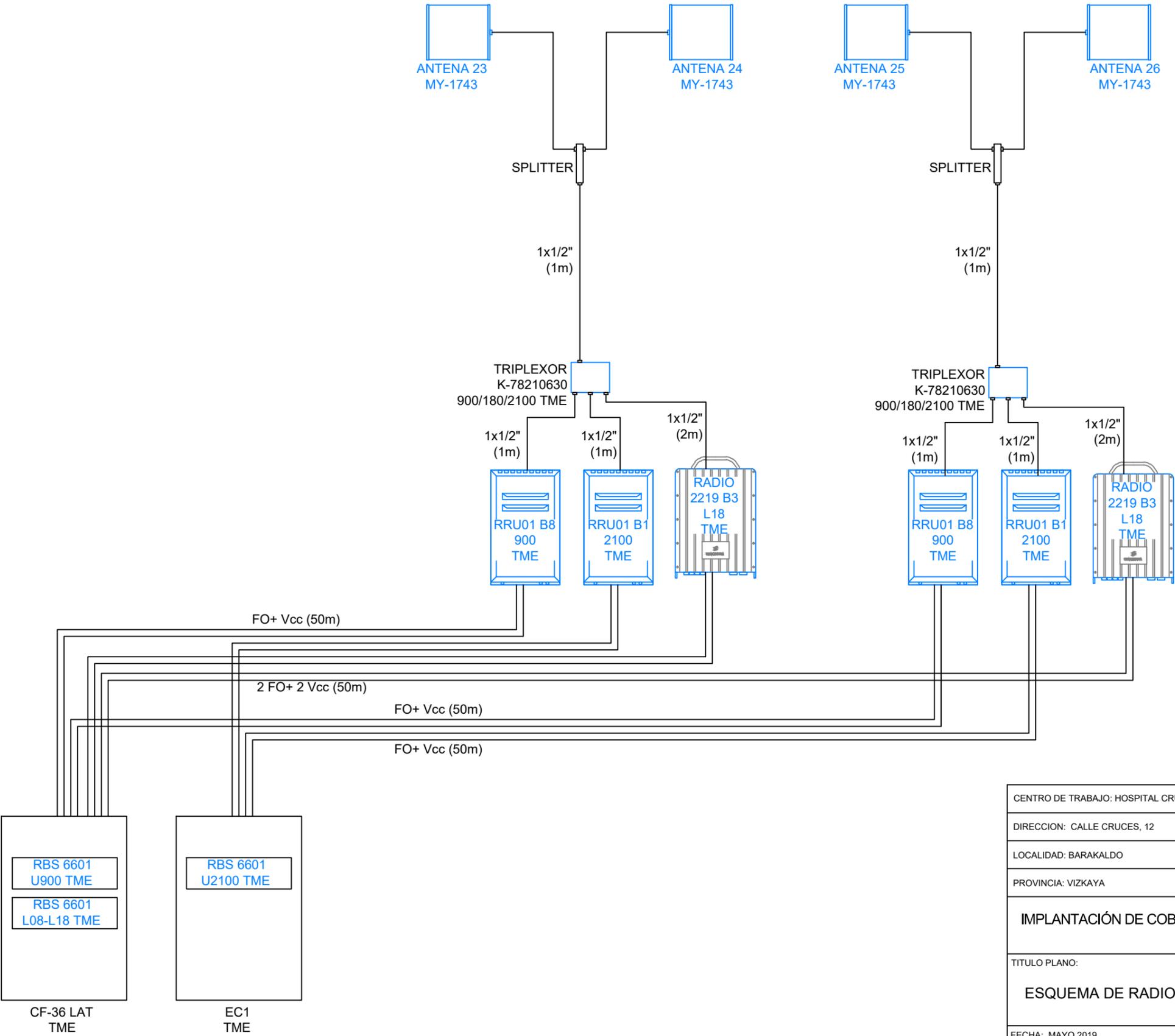
FO TME (300 m) DESDE PLANTA 7
 EDIFICIO URGENCIAS
 ZONA DE EQUIPOS +
 CABLES Vcc DESDE MOCHILA (5m)

CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO: ESQUEMA DE RADIO / SECTOR 2 - EDIFICIO URGENCIAS SÓTANO -1		PLANO Nº: 10/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	
		

ANTENAS : MY-1743
 DIMENSIONES: 200x185x44mm
 PESO: 400g

SECTOR 3
 SS.RR.
 PLANTA 7

SECTOR 4
 SS.RR.
 PLANTA 7



CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO	
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12	
LOCALIDAD: BARAKALDO	
PROVINCIA: VIZKAYA	
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO	
TITULO PLANO:	PLANO Nº:
ESQUEMA DE RADIO / PLANTA 7 - SECTORES 3 Y 4	11/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado



SECTOR 5 - 40°
TME

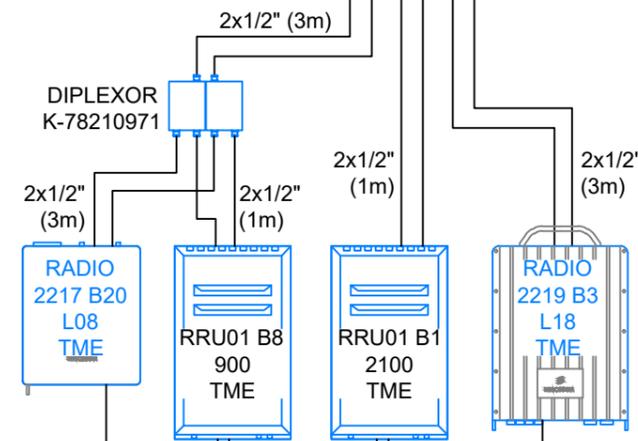
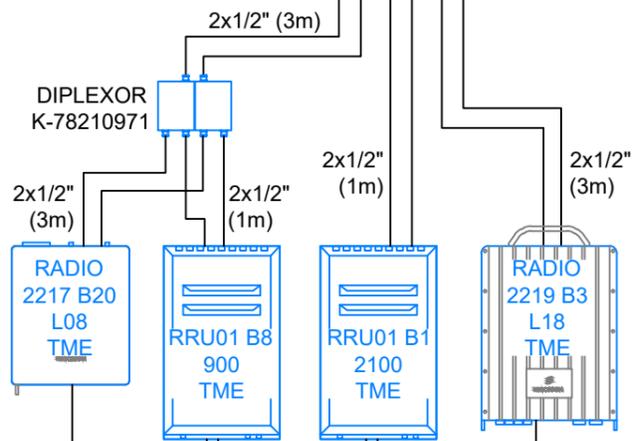
ANTENA 27
PANEL
KATHREIN
80010291V02

790 - 960
1710 - 2180
1710 - 2180

SECTOR 6 - 330°
TME

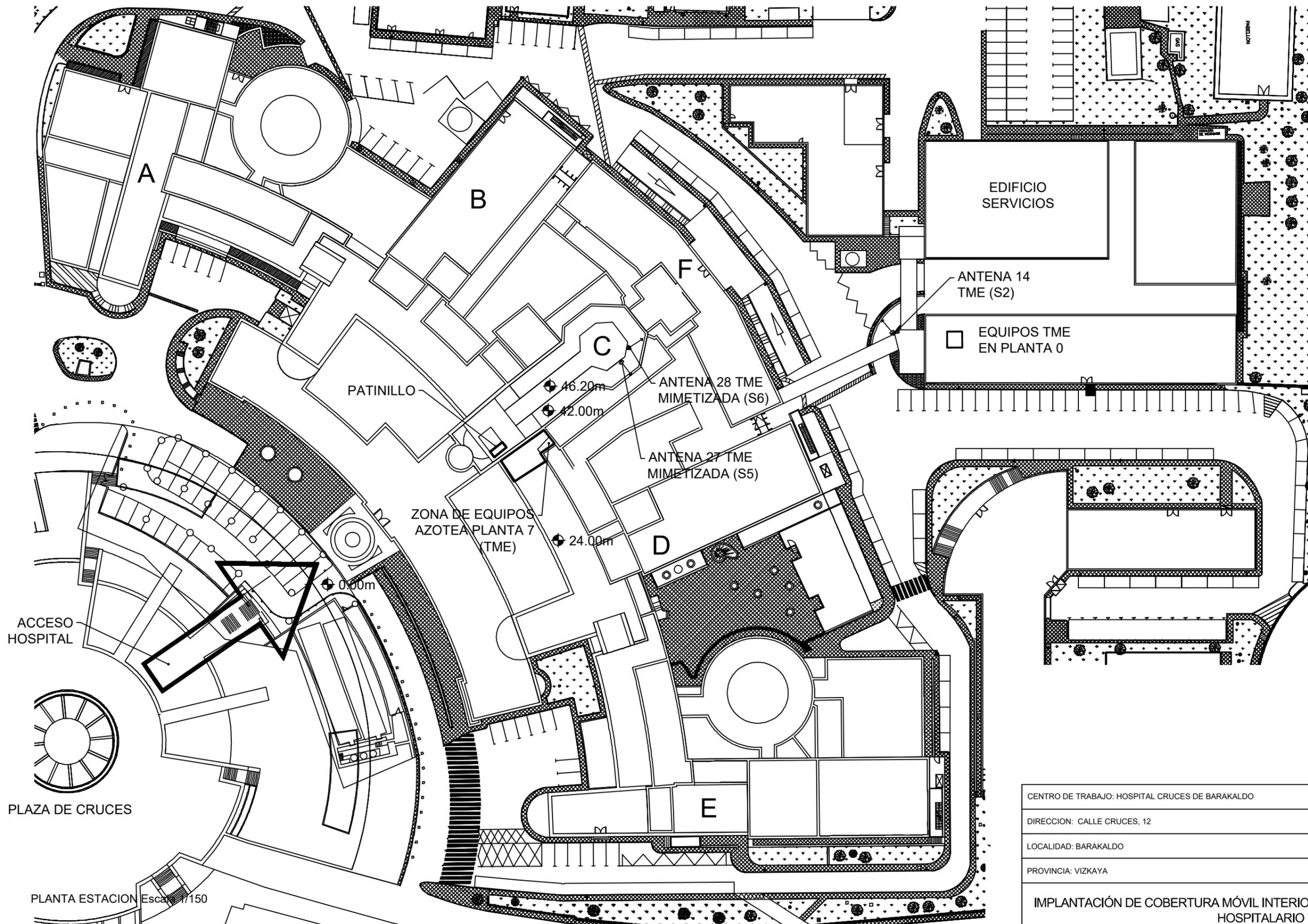
ANTENA 28
PANEL
KATHREIN
80010291V02

790 - 960
1710 - 2180
1710 - 2180



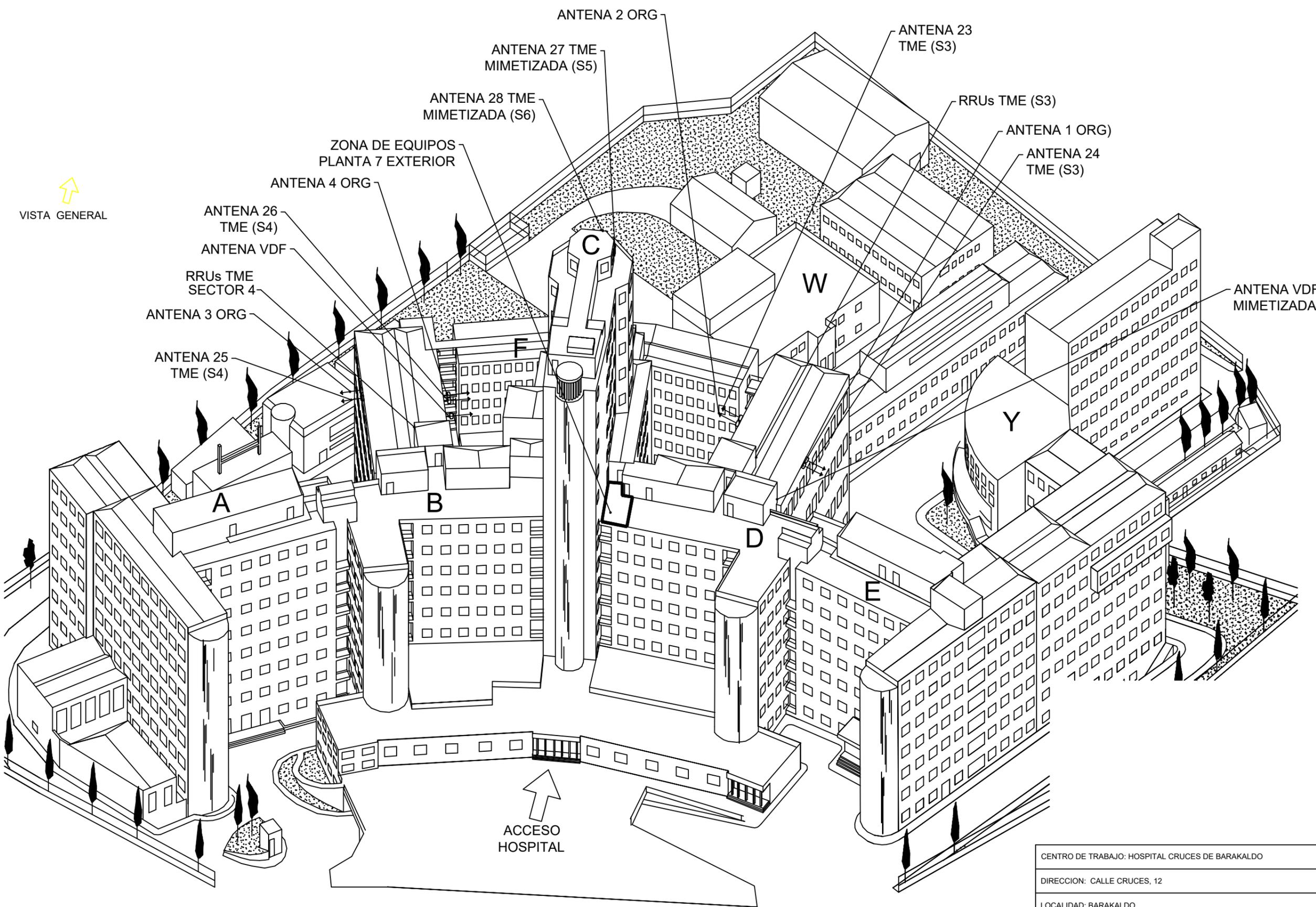
FO + Vcc TME (50m)
DESDE PLANTA 7
EDIFICIO URGENCIAS
ZONA DE EQUIPOS
CABLES FO (50m)
DESDE PLANTA 7
EDIFICIO URGENCIAS
ZONA DE EQUIPOS

CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO: ESQUEMA DE RADIO / PLANTA 13 - SECTORES 5 Y 6		PLANO Nº: 12/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	

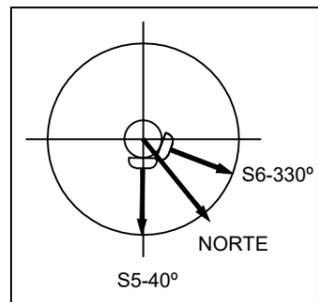
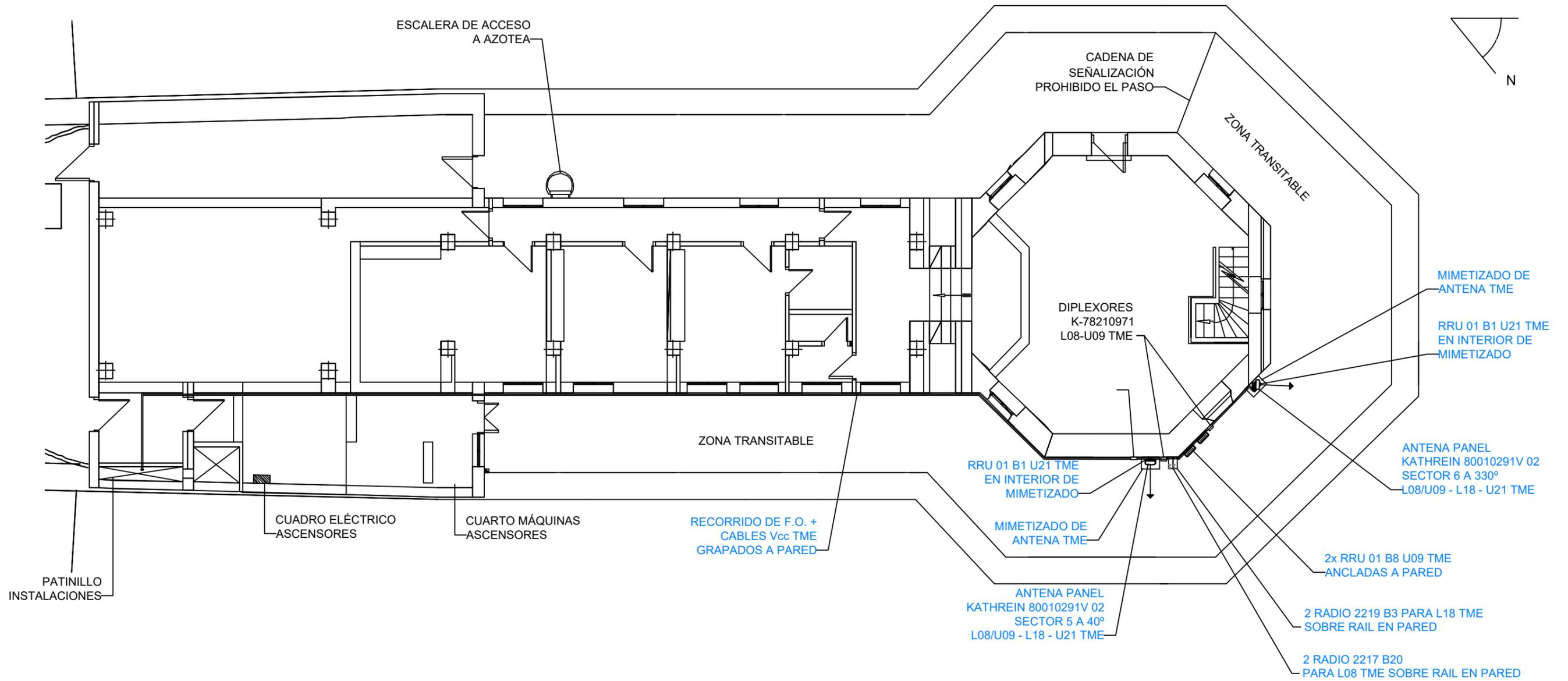


CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO:	PLANTA GENERAL DEL CONJUNTO HOSPITALARIO	PLANO Nº: 1/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	



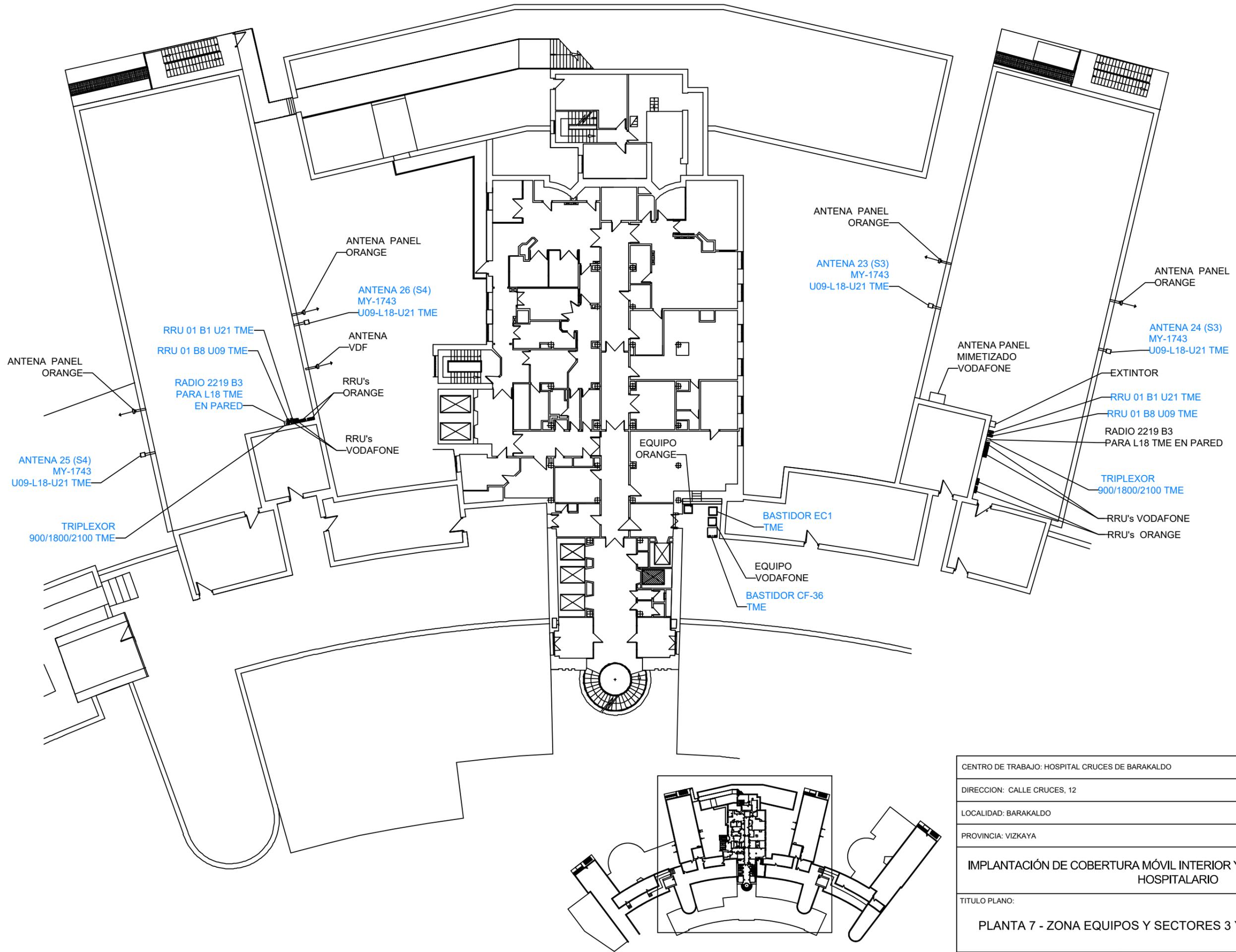


CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO:	ALZADO PRINCIPAL DEL CONJUNTO HOSPITALARIO	PLANO Nº: 2/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	

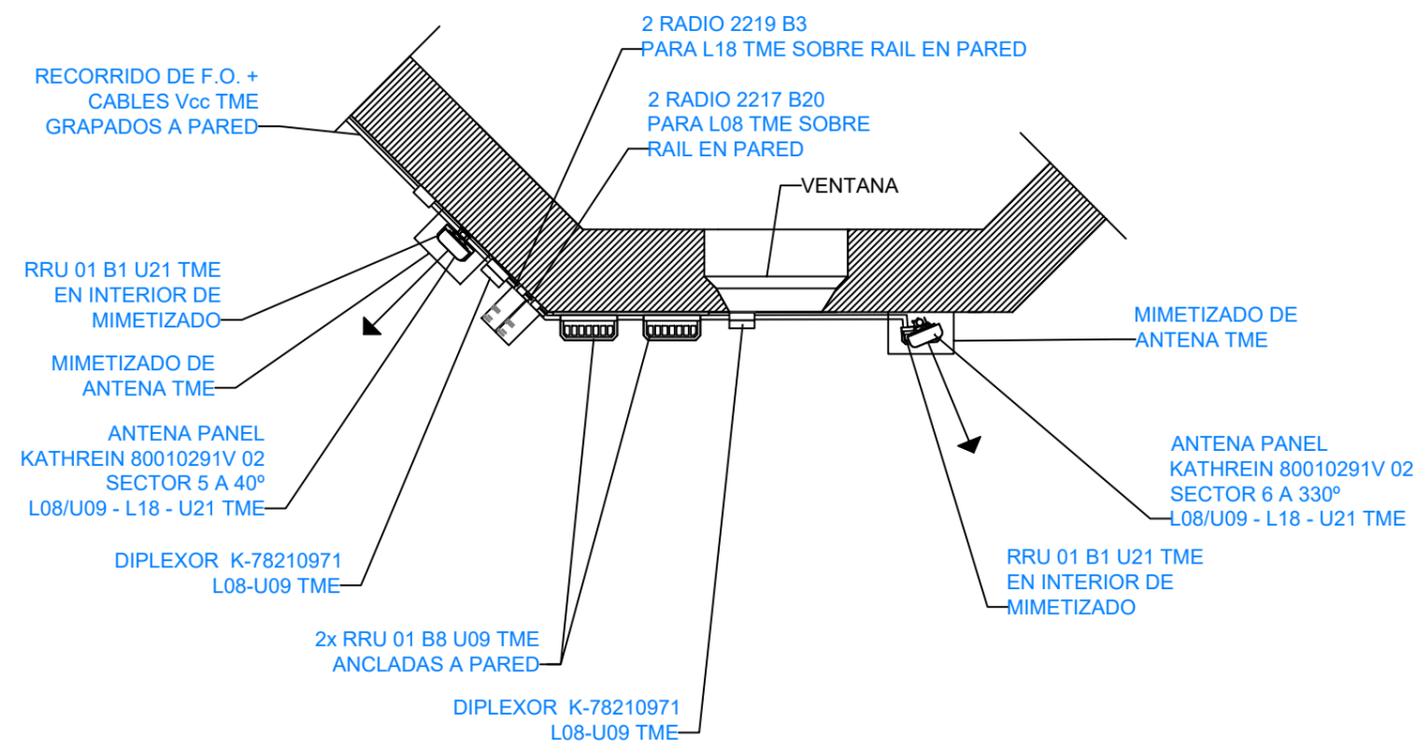
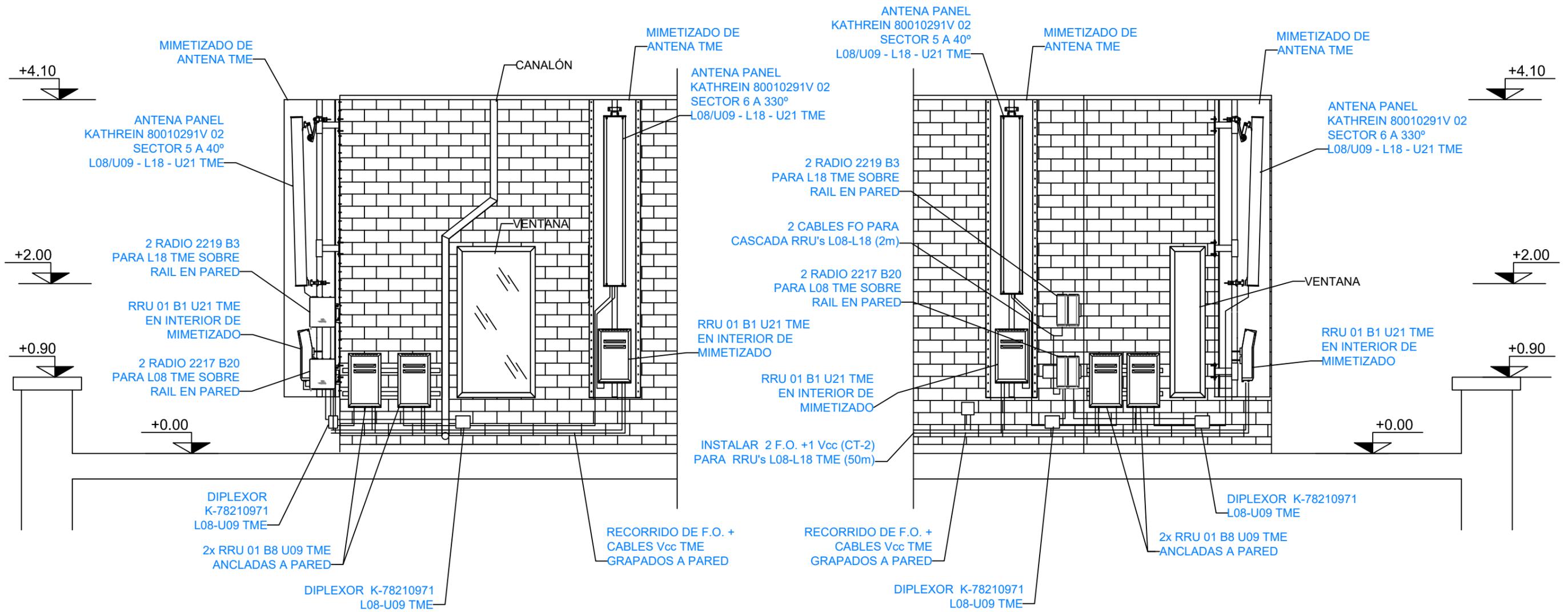


CARACTERÍSTICAS SISTEMA RADIANTE		
	SECTOR 5	SECTOR 6
ORIENTACIÓN	40°	330°
Nº x LONG. COAXIAL L08/U9	2 x 3.00 m.	2 x 3.00 m.
Nº x LONG. COAXIAL L18	2 x 3.00 m.	2 x 5.00 m.
Nº x LONG. COAXIAL U21	2 x 1.00 m.	2 x 1.00 m.
TIPO DE COAXIAL	1/2"	1/2"
Nº x LONG. F.O. L08	1 x 2.00 m.	1 x 2.00 m.
Nº x LONG. F.O. U9	1 x 50.00 m.	1 x 50.00 m.
Nº x LONG. F.O. L18	1 x 50.00 m.	1 x 50.00 m.
Nº x LONG. F.O. U21	1 x 50.00 m.	1 x 50.00 m.
Nº x LONG. CABLE Vcc	2 x 50.00m.	2 x 50.00m.
TIPO DE ANTENA	KATHREIN 80010291V02	KATHREIN 80010291V02
INCLINACIÓN MECÁNICA	---	---
INCL. ELÉCTRICA 800/900	---	---
INCL. ELÉCTRICA 1800	---	---
INCL. ELÉCTRICA 2100	---	---
ALTURA A BASE DE LA ANTENA DESDE LA TERRAZA	2.00 m.	2.00 m.

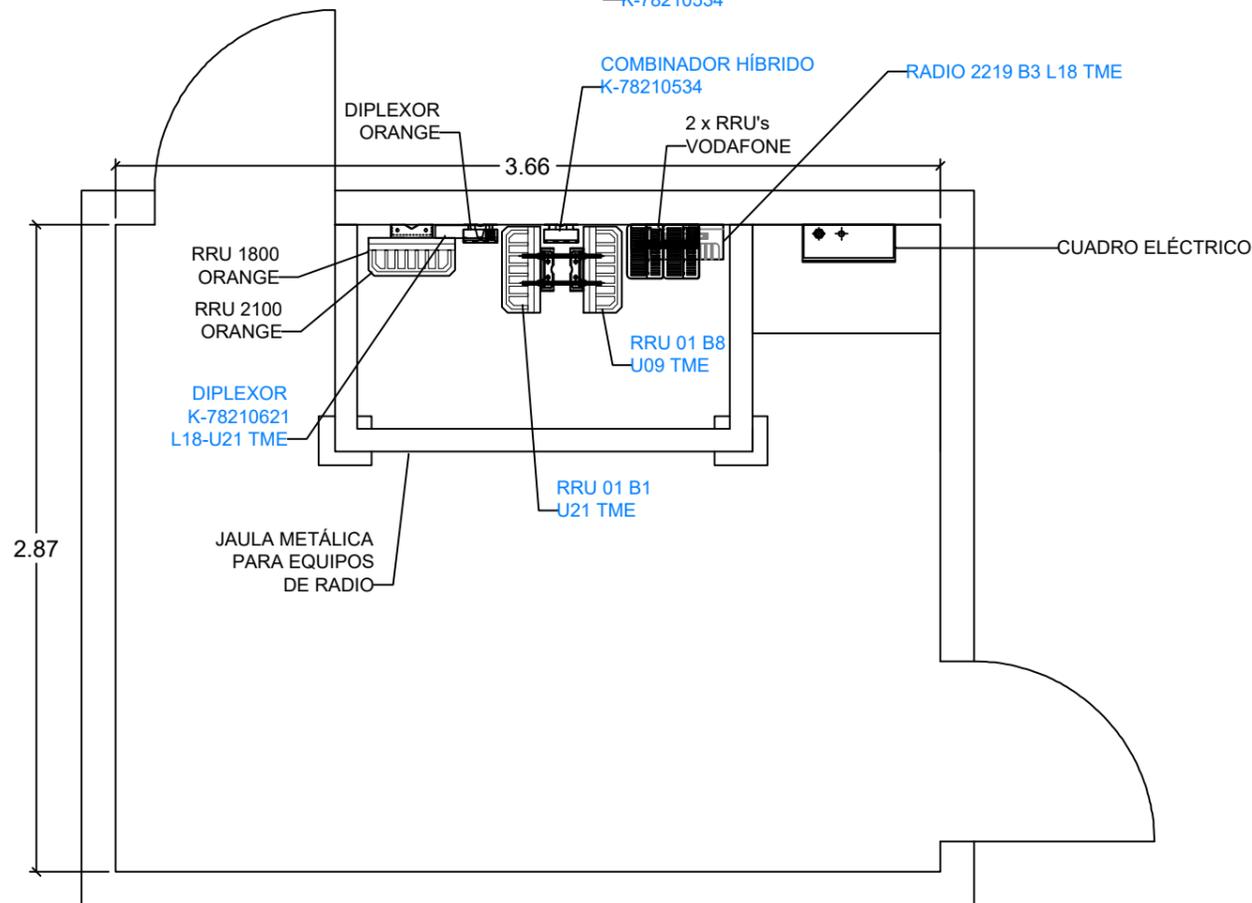
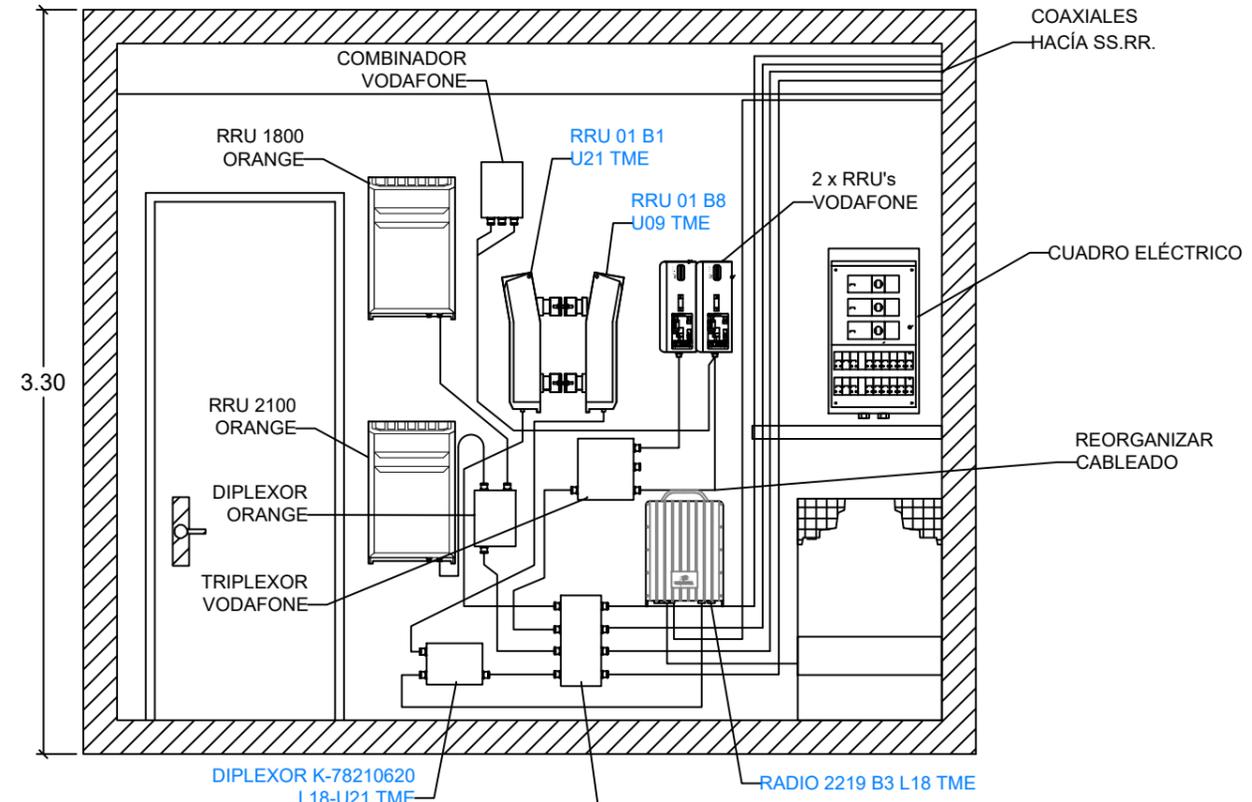
CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO:		PLANO Nº:
PLANTA 13 - ANTENAS SECTORES 5 Y 6		3/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	



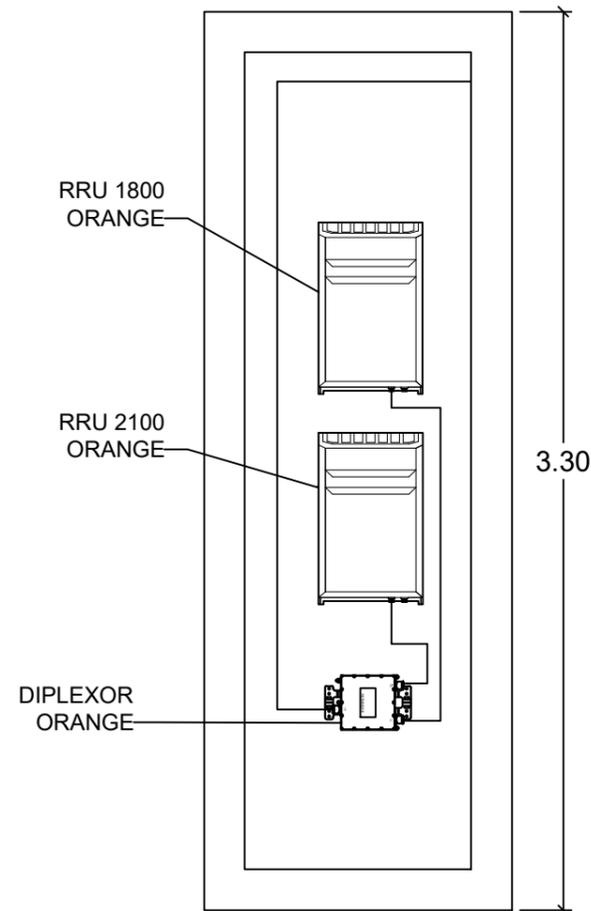
CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO: PLANTA 7 - ZONA EQUIPOS Y SECTORES 3 Y 4		PLANO Nº: 4/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	
		



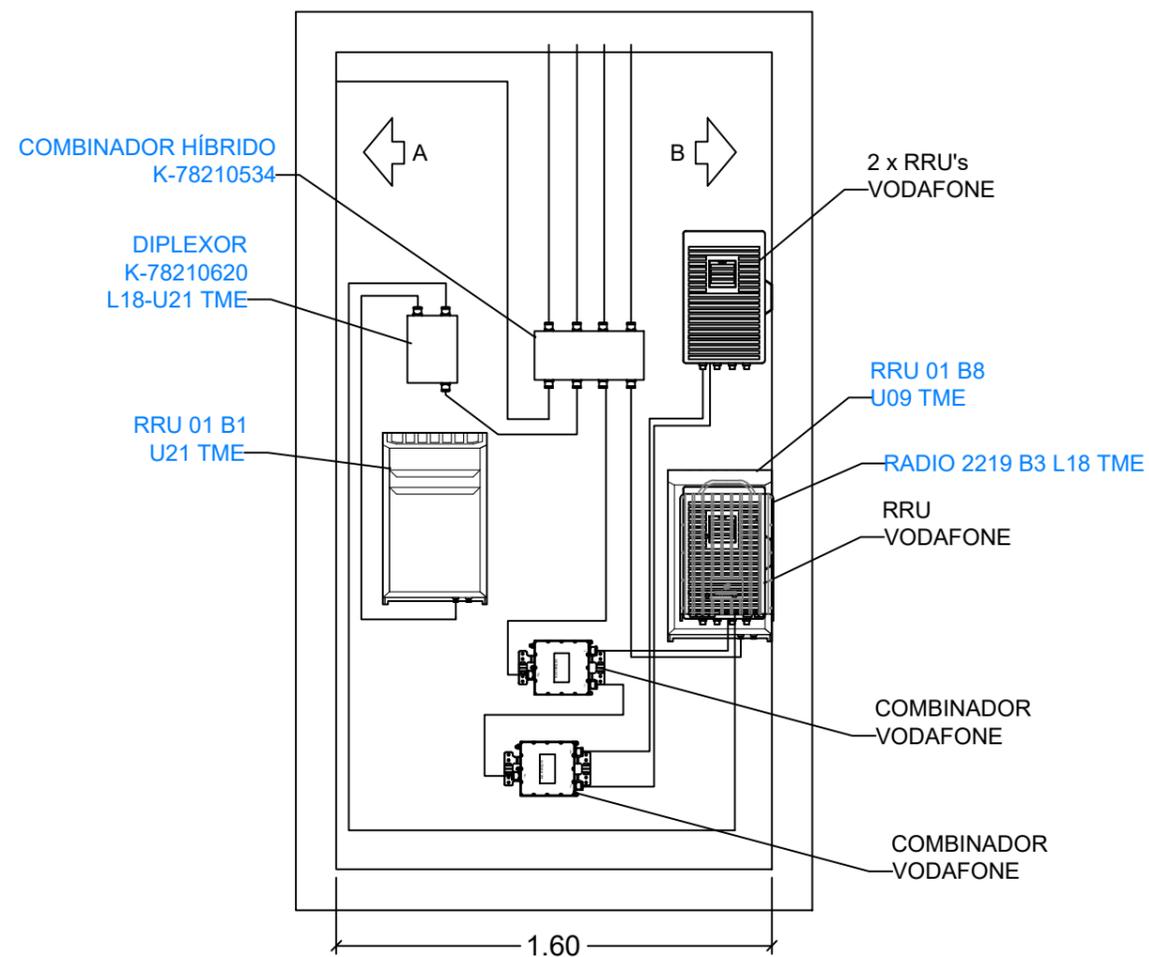
CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO: PLANTA Y ALZADO - SECTORES 5 Y 6		PLANO Nº: 5/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	



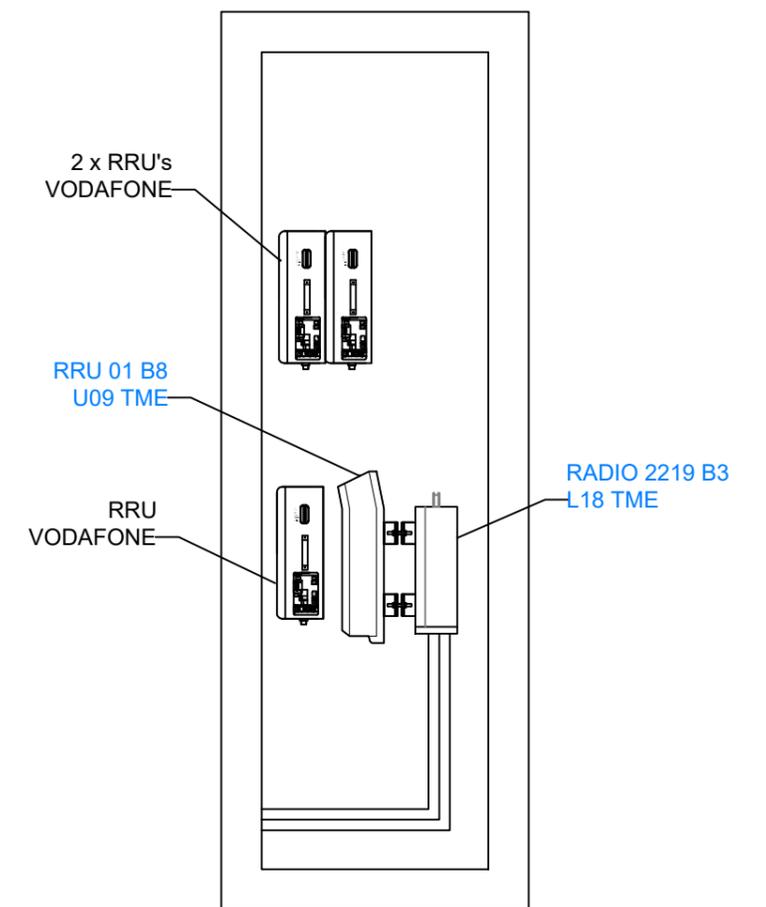
CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO: PLANTA Y SECCION RRUs - PLANTA -1		PLANO Nº: 6/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	



ALZADO A

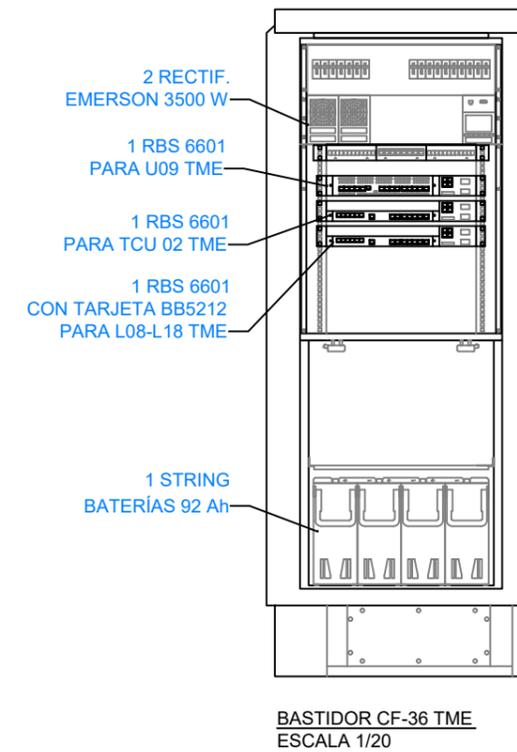
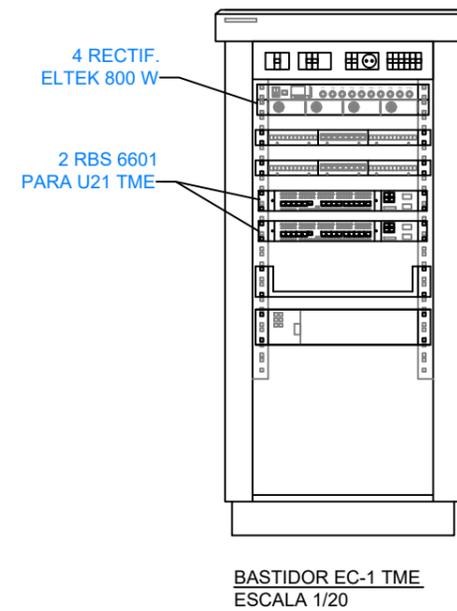
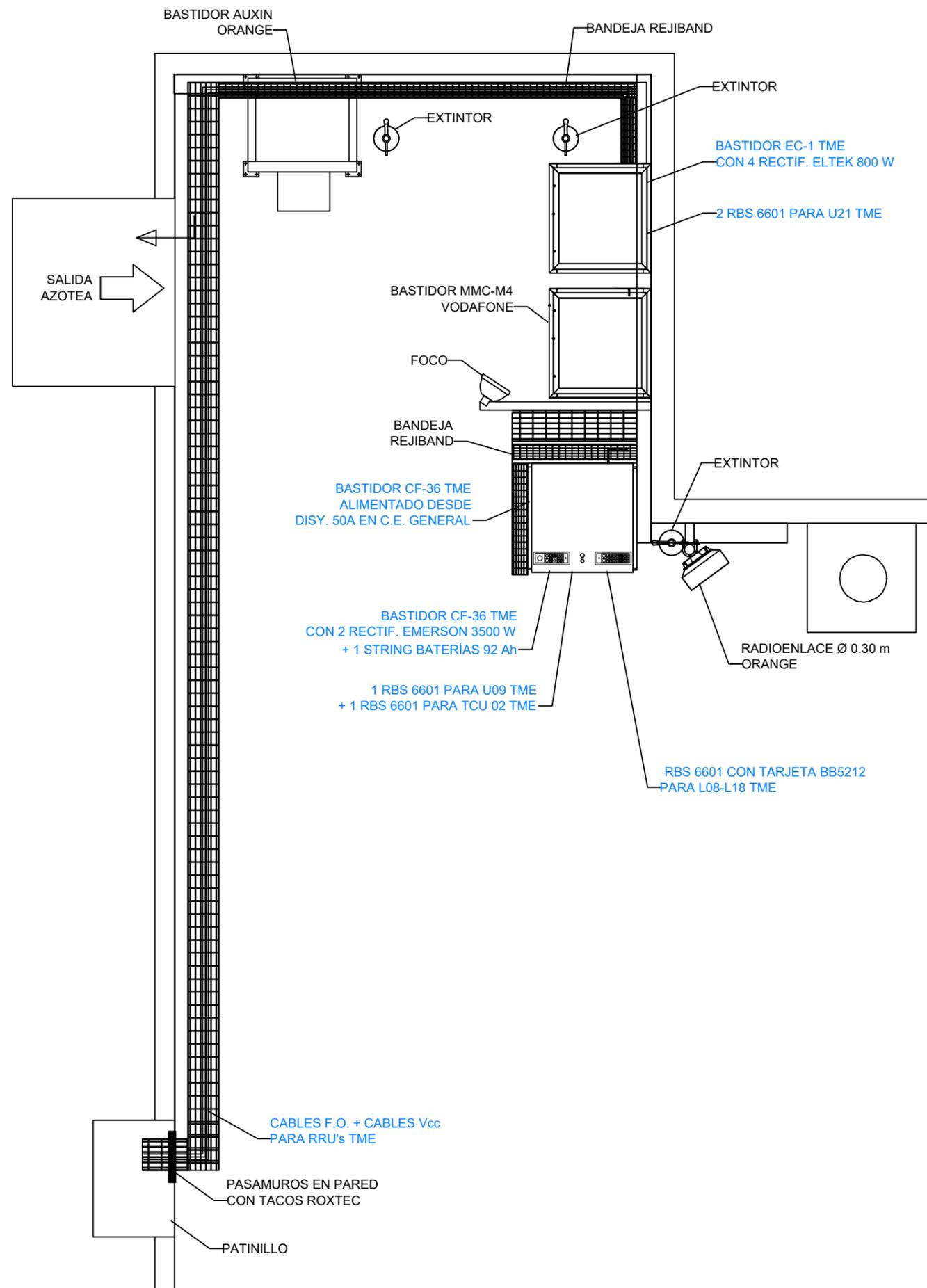


ALZADO GENERAL



ALZADO B

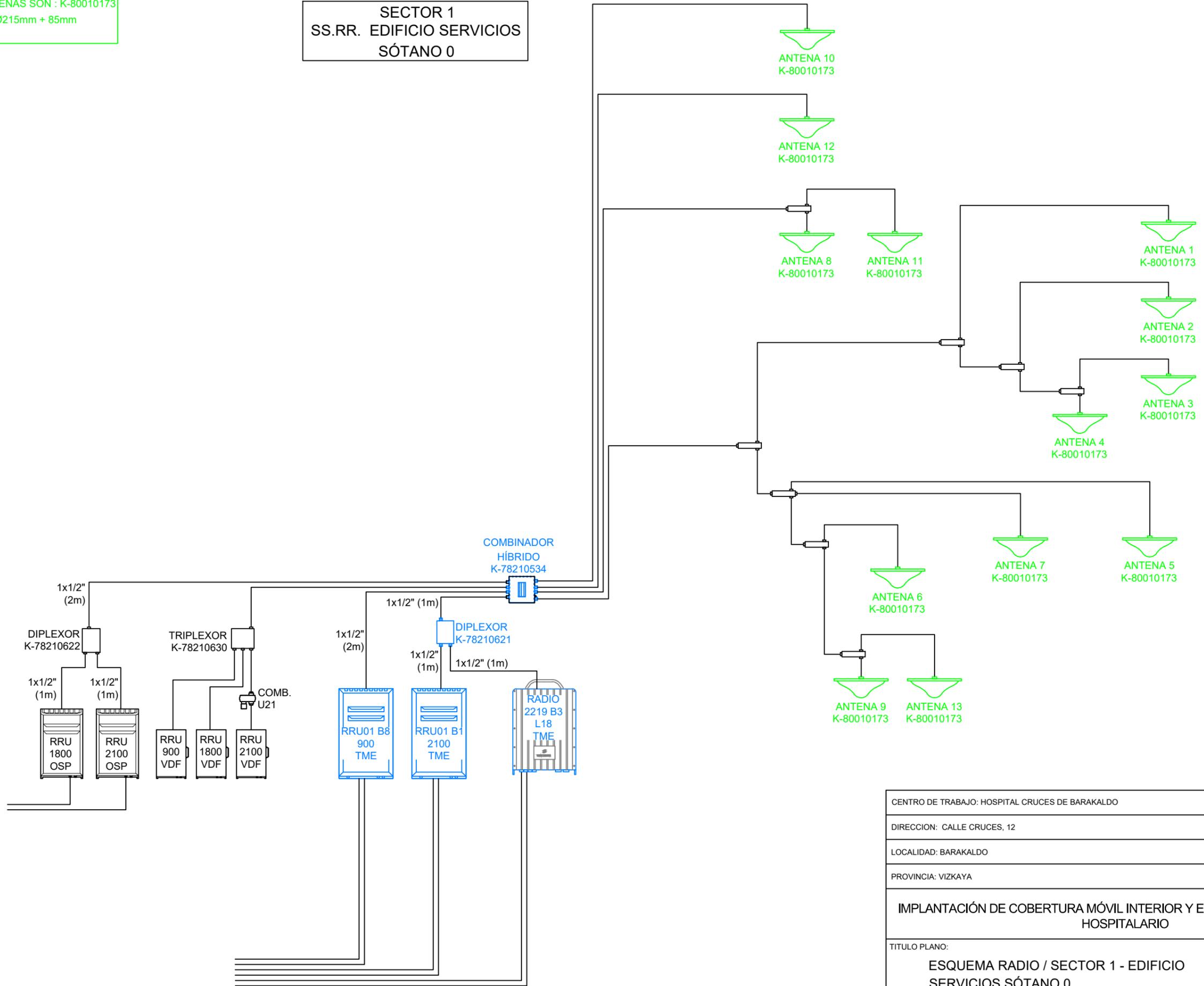
CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO:	PLANO Nº:	
PLANTA SÓTANO 0 - SECCIONES SALA DE RRUs		7/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	



CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO: PLANTA 7 - DETALLE ZONA DE EQUIPOS		PLANO Nº: 8/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	

TODAS LAS ANTENAS SON : K-80010173
 DIMENSIONES: Ø215mm + 85mm
 PESO: 340g

SECTOR 1
 SS.RR. EDIFICIO SERVICIOS
 SÓTANO 0

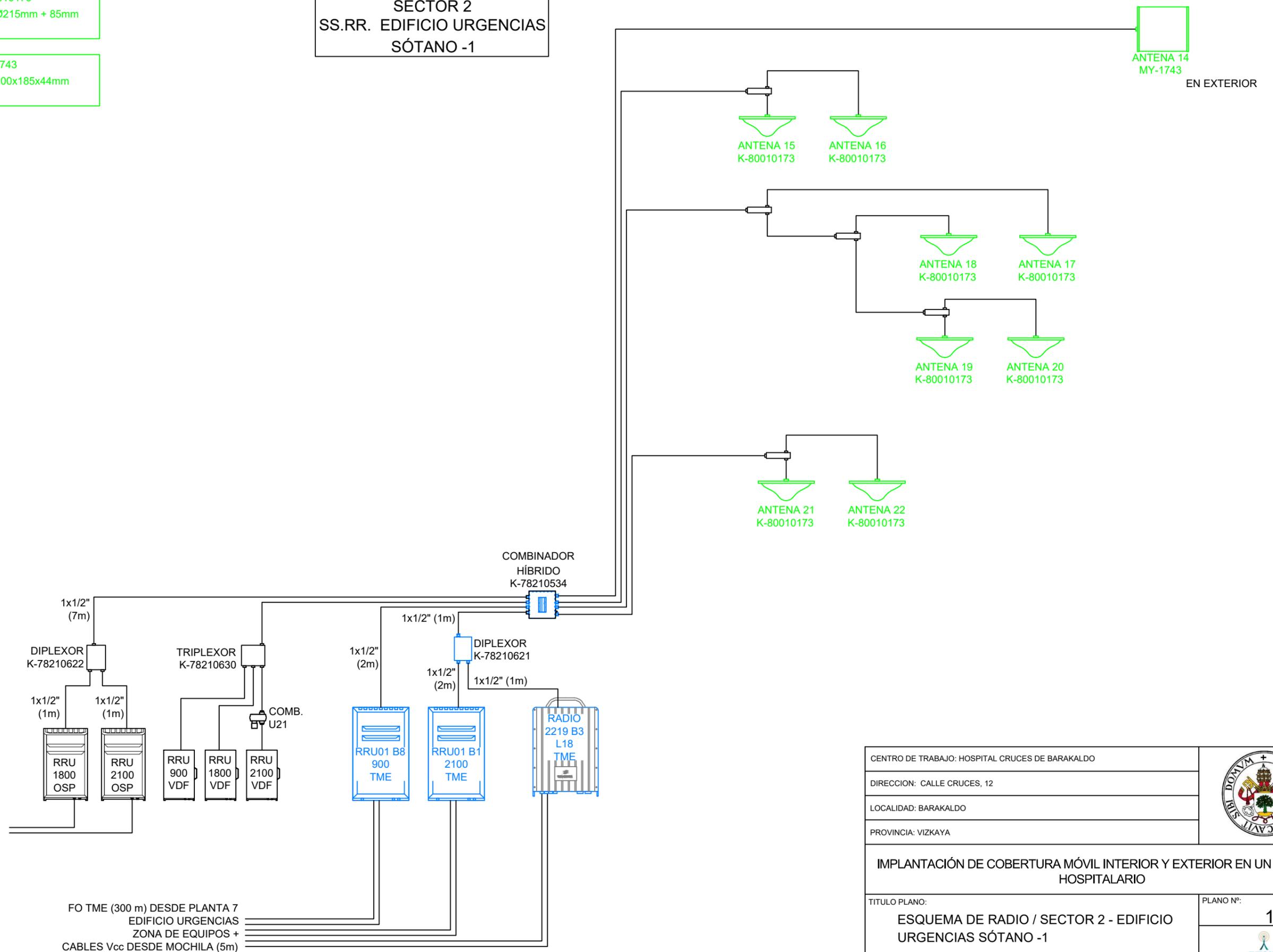


CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO: ESQUEMA RADIO / SECTOR 1 - EDIFICIO SERVICIOS SÓTANO 0		PLANO Nº: 9/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	

ANTENAS : K-80010173
 DIMENSIONES: Ø215mm + 85mm
 PESO: 340g

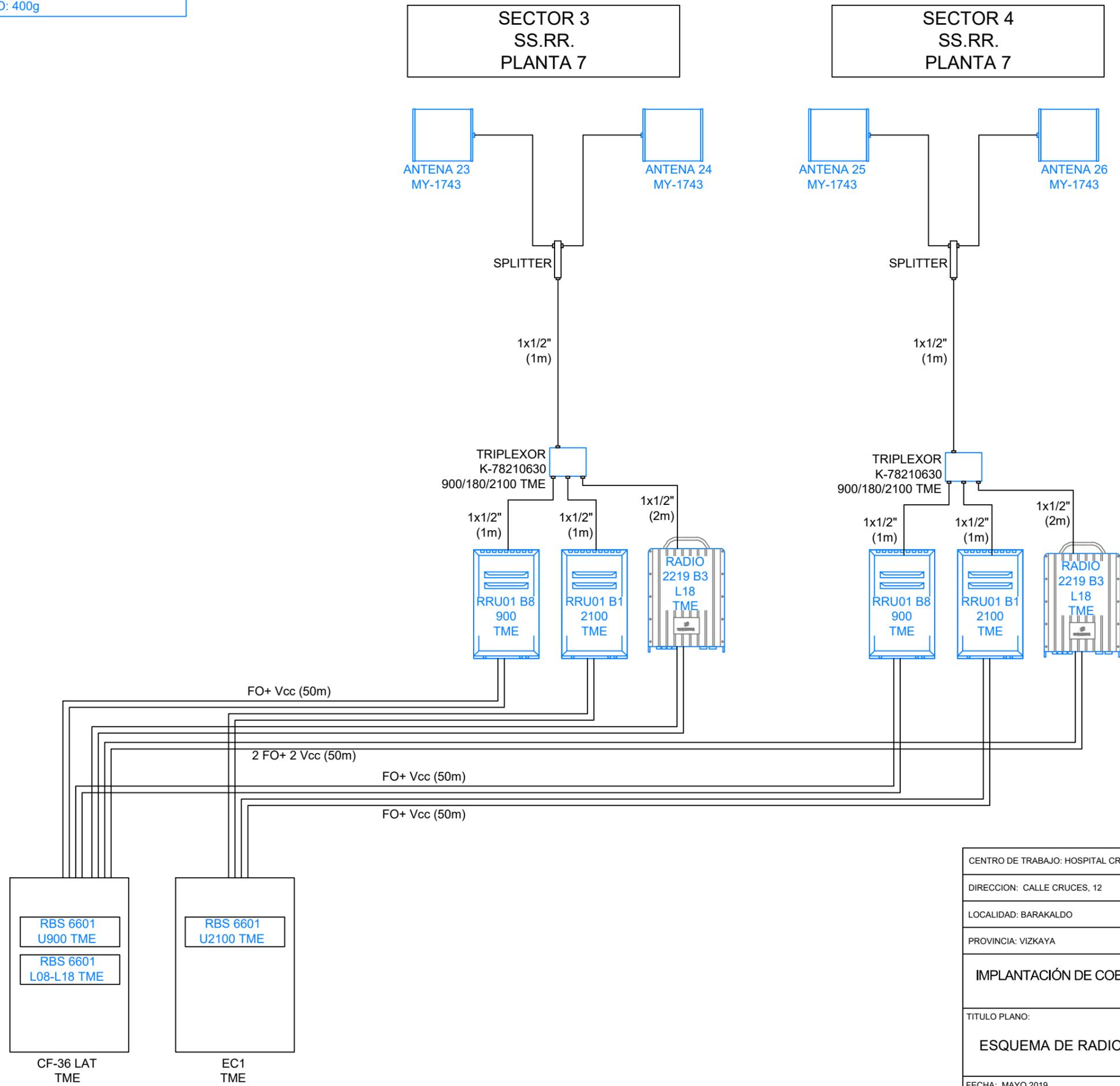
ANTENAS : MY-1743
 DIMENSIONES: 200x185x44mm
 PESO: 400g

SECTOR 2
 SS.RR. EDIFICIO URGENCIAS
 SÓTANO -1



CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO: ESQUEMA DE RADIO / SECTOR 2 - EDIFICIO URGENCIAS SÓTANO -1		PLANO Nº: 10/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	
		

ANTENAS : MY-1743
 DIMENSIONES: 200x185x44mm
 PESO: 400g



CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO	
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12	
LOCALIDAD: BARAKALDO	
PROVINCIA: VIZKAYA	
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO	
TITULO PLANO:	PLANO Nº:
ESQUEMA DE RADIO / PLANTA 7 - SECTORES 3 Y 4	11/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado



SECTOR 5 - 40°
TME

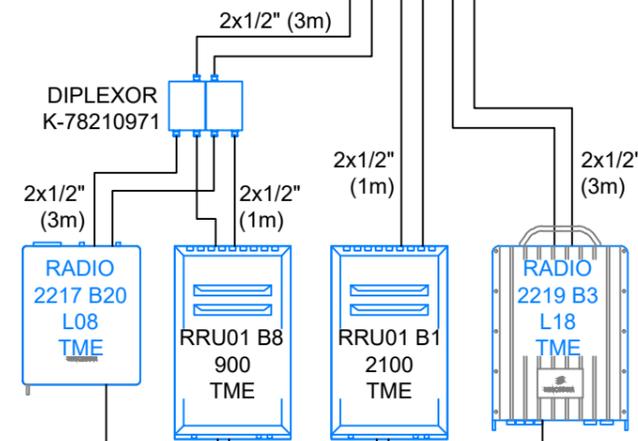
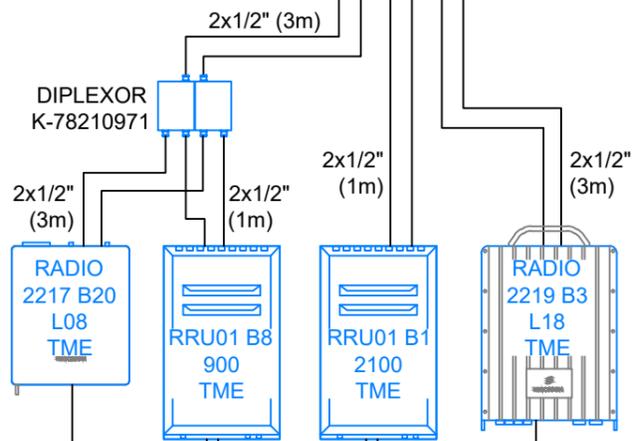
ANTENA 27
PANEL
KATHREIN
80010291V02

790 - 960
1710 - 2180
1710 - 2180

SECTOR 6 - 330°
TME

ANTENA 28
PANEL
KATHREIN
80010291V02

790 - 960
1710 - 2180
1710 - 2180



FO + Vcc TME (50m)
DESDE PLANTA 7
EDIFICIO URGENCIAS
ZONA DE EQUIPOS
CABLES FO (50m)
DESDE PLANTA 7
EDIFICIO URGENCIAS
ZONA DE EQUIPOS

CENTRO DE TRABAJO: HOSPITAL CRUCES DE BARAKALDO		
DIRECCION: CALLE CRUCES, 12		
LOCALIDAD: BARAKALDO		
PROVINCIA: VIZKAYA		
IMPLANTACIÓN DE COBERTURA MÓVIL INTERIOR Y EXTERIOR EN UN RECINTO HOSPITALARIO		
TITULO PLANO: ESQUEMA DE RADIO / PLANTA 13 - SECTORES 5 Y 6		PLANO Nº: 12/12
FECHA: MAYO 2019	Trabajo Fin de Grado	