**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**
**Universidad del Perú. Decana de América**
Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

# Diseño e implementación de una Red RF Indoor en la Clínica Delgado para mejora de cobertura celular

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

**AUTOR**

Diego Antonio VASQUEZ ELIAS

**ASESOR**

Teófilo Matías HUABLOCHO PÉREZ

Lima, Perú

2021




Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

**Referencia bibliográfica**

Vasquez, D. (2021). *Diseño e implementación de una Red RF Indoor en la Clínica Delgado para mejora de cobertura celular*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

## Metadatos complementarios

| | |
|---|---|
| **Datos de autor** | |
| Nombres y apellidos | Diego Antonio Vasquez Elias |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 46137696 |
| URL de ORCID | |
| **Datos de asesor** | |
| Nombres y apellidos | Teofilo Matias Huablocho Perez |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 25420840 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0003-3357-8055 |
| **Datos del jurado** | |
| **Presidente del jurado** | |
| Nombres y apellidos | Jean Carlos Malca Fernandez |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 45535181 |
| **Miembro del jurado 1** | |
| Nombres y apellidos | Wilbert Chavez Irazabal |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 08121733 |
| **Datos de investigación** | |
| Línea de investigación | C.0.3.5. Comunicaciones inalámbricas<br>C.0.3.8. Antenas |
| Grupo de investigación | No aplica |
| Agencia de financiamiento | Sin financiamiento |
| Ubicación geográfica de la investigación | Edificio: Clínica Delgado<br>País: Perú<br>Departamento: Lima<br>Provincia: Lima<br>Distrito: Miraflores<br>Calle: General Borgoño S/N<br>Latitud: -12.112998672108333 |

| | |
|---|---|
| | Longitud: -77.0329482311051 |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | 2015 - 2018 |
| URL de disciplinas OCDE | Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica<br>https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01<br><br>Ingeniería de sistemas y comunicaciones<br>https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04<br><br>Telecomunicaciones<br>https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05 |

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**
**(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)**
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA**
**Teléfono 619-7000 Anexo 4226**
**Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú**

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 042/FIEE-EPIE/2021

Los suscritos Miembros del Jurado, nombrados por la Comisión Ejecutiva del Programa de Perfeccionamiento Profesional de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha, bajo La Presidencia Del **Mg. Malca Fernandez, Jean Carlos** integrado por **Ing. Huablocho Perez, Teofilo Matias** y **Mg. Chavez Irazabal, Wilbert.**

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. VASQUEZ ELIAS, DIEGO ANTONIO** con código **Nº 08190133** que para optar el Título Profesional de Ingeniero de Electrónico sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED RF INDOOR EN LA CLINICA DELGADO PARA MEJORA DE COBERTURA CELULAR "**

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió **aprobar** otorgándole el calificativo de diecisiete **(17)**

Ciudad Universitaria, 28 de setiembre del 2021

**Mg. Malca Fernandez, Jean Carlos**
**Presidente de Jurado**

**Ing. Huablocho Perez, Teofilo Matias**
**Miembro de Jurado**

**Mg. Chavez Irazabal, Wilbert**
**Miembro de Jurado**

# RESUMEN

La telefonía celular se convirtió en una necesidad para todas las personas en los últimos años porque permite estar conectados en cualquier momento y lugar a través de una llamada o aplicaciones de mensajería, redes sociales, correo electrónico, etc. Sin embargo, la cobertura celular no es óptima en todos los lugares, esto genera problemas de comunicación, principalmente al interior de edificios, centros comerciales, centros de salud, etc. Debido a su estructura y los materiales utilizados en su construcción que impiden una buena cobertura en su interior.

Este informe brindará una solución para la cobertura celular implementando un sistema distribuido de antenas al interior de la Clínica Delgado, la cual presenta serios problemas de comunicación en sus diferentes pisos.

El objetivo de este informe es el diseño y la implementación de un sistema distribuido de antenas para mejorar la cobertura celular, tanto en la tecnología 3G como en la tecnología 4G. Se mostrará los resultados de las mediciones realizadas antes de la implementación y los resultados luego de la implementación para garantizar que la solución implementada cumpla con los indicadores establecidos para garantizar un servicio móvil de calidad tanto para los trabajadores de la clínica como para sus usuarios y visitantes.

**Palabras Clave:** 3G, 4G, Sistema Distribuido de Antenas, cobertura celular, Diseño.

## ABSTRACT

Cellular telephony became a necessity for all people in recent years because it allows to be connected at any time and place through a call or messaging applications, social networks, email, etc. However, cellular coverage is not optimal in all places, this generates communication problems, mainly inside buildings, shopping centers, health centers, etc. Due to its structure and the materials used in its construction that prevent a good coverage inside.

This report will provide a solution for cellular coverage by implementing a distributed antenna system within the Delgado Clinic, which presents serious communication problems on its different floors.

The objective of this report is the design and implementation of a distributed antenna system to improve cellular coverage, both in 3G and 4G technology. The results of the measurements carried out before the implementation and the results after the implementation will be displayed to ensure that the implemented solution meets the established indicators to guarantee a quality mobile service for both clinic workers and its users and visitors.

**Keywords:** 3G, 4G, Distributed Antenna System, cellular coverage, Design.

# TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN i
ABSTRACT ii
TABLA DE CONTENIDO iii
ÍNDICE DE FIGURAS vii
ÍNDICE DE TABLAS ix
CAPÍTULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
1.1. Objetivo del Informe 1
1.2. Estructura de Informe 1
CAPÍTULO II 3
INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD 3
2.1. Institución Donde se Desarrolló la Actividad 3
2.2. Periodo de Duración de la Actividad 4
2.3. Finalidad y Objetivos de la Entidad 4
2.4. Razón Social 5
2.5. Dirección Postal 5
2.6. Correo Electrónico del Profesional a Cargo 5
CAPÍTULO III 6
DESCIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD 6
3.1. Organización de la Actividad 6
3.2. Finalidad y Objetivos de la Actividad 7
3.2.1. Finalidad 7
3.2.2. Objetivos 7
3.3. Problemática 7
3.3.1. Problema General 7
3.3.2. Problemas Específicos 8

3.3.3. Justificación e Importancia de la Investigación 8
3.4. Metodología 9
3.4.1. Bases Teóricas 9
3.4.2. Marco Conceptual 11
3.5. Procedimiento 29
3.5.1. Mediciones Realizadas 30
3.5.2. Alcances y Limitaciones de la Actividad 35
3.5.3. Alternativas de Solución 35
3.5.4. Equipamiento a Utilizar 36
3.5.5. Diseño de la Solución 42
3.6. Resultado de la Actividad 55
3.6.1. Ejecución de las Pruebas 55
3.6.2. Resultados de las Pruebas 57
CAPÍTULO IV 71
CONCLUSIONES 71
4.1. Justificación 71
4.1.1. Análisis Cuantitativo de los Resultados 71
4.1.2. Comparación de Resultados Iniciales y Finales 72
4.2. Metodología Aplicada 73
4.2.1. Fase 1: Preparar 74
4.2.2. Fase 2: Planear 74
4.2.3. Fase 3: Diseño 74
4.2.4. Fase 4: Implementar 74
4.2.5. Fase 5: Operación 75
4.2.6. Fase 6: Optimizar 75
4.3. Descripción de la Implementación 75
4.4. Conclusiones 77
CAPITULO V 79
RECOMENDACIONES 79
CAPÍTULO VI 81
BIBLIOGRAFÍA 81
CAPÍTULO VII 83
ANEXOS 83
7.1. Mediciones Iniciales Internas 83

7.1.1. Mediciones 3G 83
7.1.2. Mediciones 4G 101
7.2. MEDICIONES INICIALES EXTERNAS 120
7.2.1. Mediciones 3G 120
7.2.2. Mediciones 4G 122
7.3. HOJAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS 124
7.3.1. Splitter de 2 Vías 124
7.3.2. Splitter de 3 Vías 126
7.3.3. Splitter de 4 Vías 128
7.3.4. Acoplador de 6 dB 130
7.3.5. Acoplador de 8 dB 132
7.3.6. Acoplador de 10 dB 134
7.3.7. Acoplador de 15 dB 136
7.3.8. Cable Coaxial de 1/2" Superflex 138
7.3.9. Cable Coaxial de 1/2" Rígido 140
7.3.10. Cable Coaxial de 7/8'' 142
7.3.11. Combinador de Banda Ancha 144
7.3.12. Antena Directiva 146
7.3.13. Antena Omnidireccional 147
7.3.14. Carga de 25W 148
7.4. DIAGRAMA UNIFILAR DE LA SOLUCIÓN 150
7.4.1. Sector 1 150
7.4.2. Sector 2 151
7.4.3. Sector 3 152
7.4.4. Sector 5 153
7.5. DISTRIBUCIÓN DE ANTENAS POR PISO 154
7.5.1. Sector 1 154
7.5.2. Sector 2 156
7.5.3. Sector 3 158
7.5.4. Sector 4 160
7.5.5. Sector 5 161
7.6. PREDICCIONES DEL DISEÑO PLANTEADO 166
7.6.1. Predicciones 3G 166
7.6.2. Predicciones 4G 178

7.7. LINK BUDGET 189
7.7.1. 3G – 850 MHz 189
7.7.2. 4G – 1900 MHz 193
7.8. MEDICIONES FINALES INTERNAS 197
7.8.1. Mediciones 3G 197
7.8.2. Mediciones 4G 274
7.9. MEDICIONES FINALES EXTERNAS 329
7.9.1. Mediciones 3G 329
7.9.2. Mediciones 4G 333

# ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Ubicación y Frontis de la Clínica Delgado 3
Fig. 2: Cantidad Líneas Móviles en el Perú del 2005 hasta el 2021 9
Fig. 3: TDD; enviar ↑ y recibir ↓ en intervalos de tiempo pequeños 12
Fig. 4: FDD; espectro dedicado para el enlace ascendente y descendente 12
Fig. 5: Representación de la arquitectura UMTS 14
Fig. 6: Evolución de arquitectura de red móvil 17
Fig. 7: Arquitectura de una red LTE 18
Fig. 8: Sistema MIMO 19
Fig. 9: Sistema distribuido de antenas 21
Fig. 10: DAS pasivo 22
Fig. 11: Estaciones Base cercanas a la Clínica Delgado 29
Fig. 12: Plot RSCP en el Piso 1 31
Fig. 13: Plot Ec/No en el Piso 1 32
Fig. 14: Plot Scrambling Code en el Piso 1 32
Fig. 15: Plot RSRP en el Piso 1 33
Fig. 16: Plot SNIR en el Piso 1 34
Fig. 17: Plot PCI en el Piso 1 34
Fig. 18: BBU 3900 de Huawei 37
Fig. 19: RRU 3936 38
Fig. 20: Combinador CHB726 de Commscope 39
Fig. 21: Spliter de 2 salidas de Commscope 40
Fig. 22: Acoplador de 10 dB de Commscope 41
Fig. 23: Carga T-25-NM 41
Fig. 24: Antenas Indoor de Commscope 42
Fig. 25: Vista 3D de la Clínica Delgado 45
Fig. 26: Diagrama Unifilar del Sector 4 47

Lima, Perú

2021

Fig. 27: Descripción Equipos Activos 48
Fig. 28: Descripción Equipos Pasivos 48
Fig. 29: Planimetría del Piso 1 49
Fig. 30: Predicción de RSCP en el Piso 1 51
Fig. 31: Predicción de RSRP en el Piso 1 52
Fig. 32: Nivel Final de RSCP en el Piso 1 59
Fig. 33: Nivel Final de Ec/N0 en el Piso 1 60
Fig. 34: Scrambling Code en el Piso 1 61
Fig. 35: Tx Power en el Piso 1 62
Fig. 36: CQI en el Piso 1 63
Fig. 37: Throughput DL 3G en el Piso 1 64
Fig. 38: Throughput UL 3G en el Piso 1 65
Fig. 39: Nivel Final de RSRP en el Piso 1 66
Fig. 40: Nivel Final de SNIR en el Piso 1 67
Fig. 41: PCI en el Piso 1 68
Fig. 42: Throughput DL 4G en el Piso 1 69
Fig. 43: Throughput UL 4G en el Piso 1 70
Fig. 44: Vista de un splitter instalado en el piso 1 76
Fig. 45: Vista del gabinete donde fue colocada la BBU 76
Fig. 46: Vista de la etiqueta del cableado 77

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Banda 3G en Perú 16
Tabla 2: Comparativa entre tecnologías 3G y 4G 17
Tabla 3: Bandas 4G en Perú 20
Tabla 4: Valores de RSCP 25
Tabla 5: Valores de Ec/No 25
Tabla 6: Valores de RSRP 27
Tabla 7: Valores de SNIR 28
Tabla 8: Tabla de Pérdida por la Reducción de la División del Splitter 40
Tabla 9: Dimensionamiento de la solución a diseñar 43
Tabla 10: Lista de Materiales a utilizar 54
Tabla 11: KPIs considerados 57
Tabla 12: Resumen Cuantitativo 71
Tabla 13: Comparación Cuantitativa de KPI´s 72

Lima, Perú

2021

# CAPÍTULO I
# INTRODUCCIÓN

## 1.1. Objetivo del Informe

El objetivo del presente informe es dar solución al problema de cobertura celular presentado en la Clínica Delgado para mejorar la calidad del servicio en cuanto a la realización de llamadas como al servicio de internet móvil.

## 1.2. Estructura de Informe

El presente informe consiste en el diseño y la implementación de un sistema distribuido de antenas al interior de la Clínica Delgado con la finalidad de dar solución a los problemas de cobertura celular en las tecnologías 3G y 4G.

Para ello, se realizó un estudio técnico previo para obtener los niveles de cobertura que presentaba la Clínica en un inicio. Con los datos recogidos por cada área, se elaboró el diseño del sistema distribuido de antenas y se procedió con la implementación del mismo. Finalmente, se realizó las mediciones de cobertura celular con el sistema distribuido de antenas en funcionamiento para verificar la mejora de los niveles de la señal celular y así garantizar niveles óptimos en los servicios brindados (voz y datos).

El informe está organizado de la siguiente manera:

En el primer capítulo se detalla el objetivo de este informe y su estructura.

En el segundo capítulo se brinda la información de la empresa donde se realizó la actividad y el periodo de duración. Además, se presenta los datos de la entidad que desarrolló la actividad (razón social, RUC, personal a cargo de la actividad), así como la finalidad y objetivos de la entidad.

Lima, Perú

2021

En el tercer capítulo se desarrollará la descripción de la actividad. Aquí se brindará la información sobre la organización de la actividad, la finalidad y objetivos de la actividad, así como la problemática a resolver. Además, se presentará las bases teóricas y el marco conceptual donde se explica los conceptos que se requieren para dar solución al problema, como son las tecnologías celulares a implementar, arquitectura de las tecnologías celulares, definición de un sistema distribuido de antenas, bandas de frecuencia para 3G y 4G en el Perú y las consideraciones para el proceso de optimización de una red celular indoor. En la parte final de este capítulo se presenta el procedimiento realizado para dar solución a la problemática. Aquí se mencionan los dispositivos que se implementarán en el sistema distribuido de antenas. Se mostrará los niveles de cobertura celular iniciales y el diseño a implementar. Luego se presenta la solución al problema. Aquí se mostrará las predicciones de la cobertura celular que se espera conseguir en los diferentes ambientes de la clínica sobre el diseño a implementar. Para completar esta parte, se presentará el análisis de los resultados obtenidos con la solución implementada. Es decir, los niveles de cobertura luego de la implementación y proceso de optimización para garantizar valores óptimos en el servicio.

En el cuarto capítulo se presentará las conclusiones. Aquí se detallará la justificación de los resultados y la metodología aplicada. Además, se presentará la descripción de la implementación con datos e información adicional sobre el proceso de instalación y, por último, considerando los resultados obtenidos en el capítulo 3, se presentará las conclusiones.

En el quinto capítulo se presentará las recomendaciones para futuros trabajos relacionados a este tema.

En el sexto capítulo se mostrará la bibliografía utilizada para el desarrollo de este informe.

Finalmente, en el séptimo capítulo se presentará los anexos, los cuales mostrarán los resultados obtenidos en las diferentes etapas de la solución.

# CAPÍTULO II
# INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

## 2.1. Institución Donde se Desarrolló la Actividad

La actividad fue desarrollada por la empresa Measuring Engineer Group Perú S.A.C. dentro de las instalaciones de la Clínica Delgado, la cual se encuentra ubicada en Calle General Borgoño N°648, distrito de Miraflores. En la Figura 1 se observa la ubicación de la Clínica Delgado, así como su frontis.



*Fig. 1:* Ubicación y Frontis de la Clínica Delgado. Fuente: Google Maps y http://auna.pe/wp-content/uploads/2019/07/clinica-delgado-home-auna.jpg

La Clínica Delgado abrió sus puertas en diciembre de 1928. Fue remodelada y reinaugurada en noviembre del 2014 convirtiéndose en una clínica moderna y una de las más importantes de la ciudad de Lima con tecnología de vanguardia.

La infraestructura de esta clínica tiene la particularidad de estar dividida en dos torres: una de ellas tiene 4 pisos y la segunda torre tiene 10 pisos. Los pisos del 5 al 10 se encuentran las habitaciones para los pacientes. Mientras que los pisos del 1 al 4 se

encuentran conectadas ambas torres y tienen las áreas de consultorios, sala de operaciones, área de emergencias.

## 2.2. Periodo de Duración de la Actividad

La actividad fue desarrollada desde el mes de mayo del año 2015 hasta el mes de enero del año 2018. Este periodo fue dividido en varias etapas: Primera etapa, visita técnica, mediciones de cobertura celular para determinar las zonas de baja cobertura, elaboración del Diseño y presentación de resultados al Operador por espacio de un mes (mayo 2015). Segunda etapa, aprobación del Diseño por parte del Operador y asignación del proyecto de implementación (junio 2015). Tercera etapa, implementación de la solución por un periodo de diez meses (julio 2015 – abril 2016). Cuarta etapa, mediciones de optimización para realizar los ajustes respectivos en la solución desde abril 2016 hasta diciembre 2017. Quinta etapa, aprobación de los resultados por parte del Operador (enero 2018).

## 2.3. Finalidad y Objetivos de la Entidad

Measuring Engineer Group Perú S.A.C. (MEG PERU SAC) es una empresa proveedora de productos y servicios para los sectores de las Telecomunicaciones, Energía e Hidrocarburos. Cuenta con un amplio portafolio de productos que va desde suministros, equipos de medición, software y en el área de servicios brindamos Ingeniería, Procura e Implementación de Proyectos de Telecomunicaciones, Energía, Seguridad entre otros.

Cuenta con 18 años de experiencia en el mercado y está conformada por un staff de ingenieros y profesionales dedicados al desarrollo de tecnología de vanguardia en el Perú.

MEG PERU tiene como principales clientes a las operadoras de telecomunicaciones, integradores (OEMS) e instaladores, organizaciones gubernamentales y empresas del rubro de hidrocarburos y minas a nivel nacional.

## 2.4. Razón Social

La razón social de la empresa es MEASURING ENGINEER GROUP PERU SAC.
También es conocida por su nombre comercial, el cual es MEG PERU SAC.
El RUC de la empresa es 20505920067.

## 2.5. Dirección Postal

La dirección de la empresa MEG PERU SAC es Jirón Libertad N°2365, Urbanización Miramar, distrito San Miguel, ciudad Lima.

## 2.6. Correo Electrónico del Profesional a Cargo

El profesional a cargo de la actividad fue el ing. Carlos Herrera Bonilla, su correo es cherrerab@megperu.com.

# CAPÍTULO III
# DESCIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

En este capítulo se define el problema o caso práctico que se solucionará en este informe, se brindará los alcances y las limitaciones del proyecto, así como la solución para elaborar el diseño correspondiente.

## 3.1. Organización de la Actividad

La actividad fue dividida en varias etapas: Primera etapa, se realizó una visita técnica para conocer la infraestructura y definir las posibles ubicaciones de los equipos principales y las antenas. Asimismo, se realizó las mediciones de cobertura celular para determinar la ubicación de las zonas de baja cobertura. Estas mediciones fueron analizadas y con la información obtenida, se procedió a elaborar del Diseño de la solución con su respectiva simulación. Al concluir con el Diseño, se elaboró un Informe con los resultados de las mediciones y del Diseño que fue presentado al Operador para su evaluación.

La segunda etapa corresponde a la aprobación del Diseño por parte del Operador y asignación del proyecto de implementación de la solución. En esta etapa se coordina con el Operador cambios en el Diseño antes de la implementación.

La tercera etapa fue la implementación de la solución aprobada por el Operador. En esta etapa, se realizó la instalación de los equipos principales, las antenas y demás dispositivos, así como el cableado de acuerdo a lo plateando en los planos del Diseño.

La cuarta etapa, se realizó las mediciones de optimización para realizar los ajustes respectivos en la solución. Estas mediciones se realizaron al finalizar la implementación y con la solución en funcionamiento para calibrar y ajustar la cobertura.

Lima, Perú

2021

Finalmente, la quinta etapa fue la aprobación de los resultados por parte del Operador. Una vez finalizado el proceso de Optimización y luego de que la solución cumpla con los parámetros establecidos por el Operador, este procede con la aprobación del proyecto dando por finalizada la actividad.

## 3.2. Finalidad y Objetivos de la Actividad

### 3.2.1. Finalidad

Diseñar e implementar un sistema RF Indoor para mejorar la cobertura celular en la Clínica Delgado.

### 3.2.2. Objetivos

- Realizar el estudio de campo para determinar la solución a desarrollar.
- Simular la cobertura celular de la solución planteada.
- Definir y cumplir con los valores establecidos por el operador para garantizar un servicio de calidad y de esa forma mejorar la experiencia de usuario al interior de la clínica.

## 3.3. Problemática

### 3.3.1. Problema General

La Clínica Delgado tiene un aforo de 2000 personas, lo cual hace muy complicado tener una buena cobertura celular en su interior para la cantidad de personas que se desplazan dentro de sus instalaciones.

Esta clínica tiene problemas de cobertura celular en los diferentes pisos de sus instalaciones. Los pacientes, trabajadores, médicos y visitantes refieren constantes problemas al realizar llamadas y/o bajas velocidades en el servicio de internet móvil,

lo cual se traduce en dificultades para la comunicación (caída de llamadas) y uso de aplicaciones frecuentes como son las redes sociales.

Este problema genera dos consecuencias muy graves. La primera, se trata de un centro de salud; por lo tanto, los eventos que ocurren en su interior son de una relevancia muy importante para la salud y la vida de los pacientes. Por este motivo, el hecho de no poder establecer comunicaciones a través de los teléfonos móviles puede comprometer el accionar especialmente en situaciones de emergencia. La segunda, al ser un centro de salud de gran afluencia y al no tener la posibilidad de establecer comunicaciones o hacer uso del internet móvil significa una pérdida para el operador móvil ya que no puede generar ingresos y la posibilidad de perder usuarios si las comunicaciones no se establecen.

### 3.3.2. Problemas Específicos

- Baja cobertura celular y limitada capacidad de tráfico de voz y datos en los diferentes pisos de la Clínica Delgado.
- Las señales provenientes de varias estaciones base aledañas en una misma área degrada la calidad de los servicios de voz y datos, lo cual provoca interferencias en los servicios produciéndose caída de llamadas y/o una baja velocidad en la transferencia de archivos.
- Cubrir desde afuera con sectores externos es muy complicado debido a que el sistema debe satisfacer la demanda de los subscriptores que se encuentran en la parte externa de la clínica como los que se encuentran en el interior y a la vez no causar interferencia con los demás sectores adyacentes.

### 3.3.3. Justificación e Importancia de la Investigación

La cantidad de usuarios del servicio móvil ha crecido considerablemente en los últimos años, lo cual obliga a los diferentes operadores de servicio móvil en el Perú a aumentar el despliegue de sus estaciones base para asegurar la cobertura en más lugares. Este incremento en la cantidad de usuarios se puede aprecia en la Figura 2 que muestra un gráfico estadístico elaborado por el OSIPTEL (Organismo Supervisor de Inversión

Privada en las Telecomunicaciones) desde el año 2005 hasta el primer trimestre del año 2021.

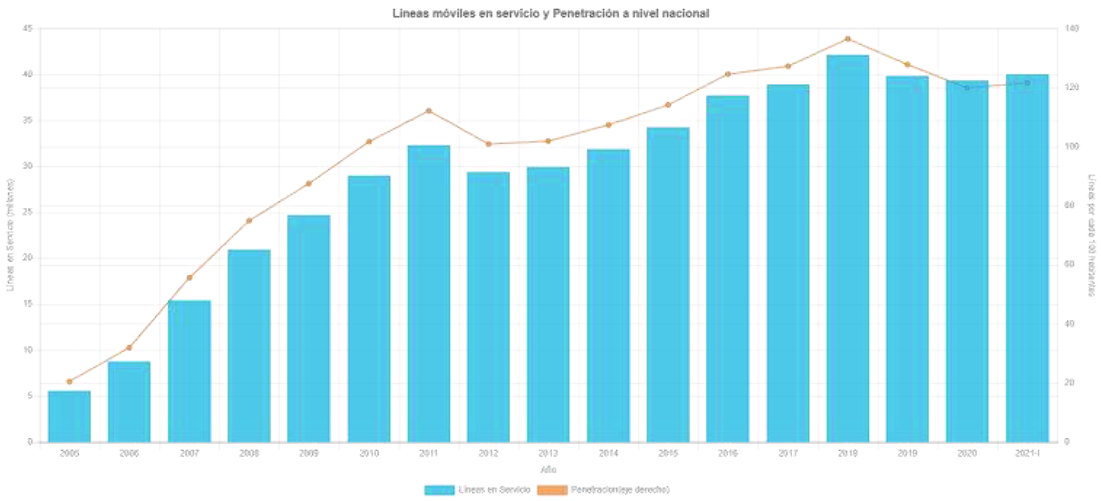



*Fig. 2:* Cantidad Líneas Móviles en el Perú del 2005 hasta el 2021. Fuente: https://punku.osiptel.gob.pe/FrmLogin.aspx#

Además, el presente informe surge debido a los problemas mencionados en el apartado anterior que reflejan las dificultades que tienen los usuarios del servicio móvil al interior de la Clínica Delgado. Esto puede generar desesperación en las personas en situaciones de emergencia, comprometiendo seriamente la vida de los pacientes.

Por ese motivo, es de vital importancia que los centros de salud presenten buenos niveles de cobertura y en este informe se brindará una solución para mejorar el servicio de telefonía móvil al interior de la Clínica Delgado para el operador Claro.

## 3.4. Metodología

### 3.4.1. Bases Teóricas

Los sistemas de radio móvil han ido evolucionando a un ritmo acelerado en los últimos años debido a la demanda creciente por parte de los usuarios para brindar mayores funcionalidades y velocidades de internet en los teléfonos celulares. Esto se traduce en

diferentes tecnologías que conviven para proporcionar los servicios móviles de voz y datos.

A continuación, se presentará algunos trabajos elaborados previamente que están relacionados con el tema desarrollado en este informe:

**3.4.1.1.** ***Fernández Fernández, Carlos Rodrigo (2010). Modelo de Capacidad en Acceso a una Red HSPA en un Escenario Básico de una Celda.*** Memoria para optar el Título de Ingeniero Civil Electricista. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

**3.4.1.2.** ***Vera Tudela, Aldo Duarte (2013). Diseño e Implementación de una Red RF Indoor en el Hospital de Emergencias Pediátricas para Mejora de Cobertura.*** Tesis para optar el Título de Ingeniero de las Telecomunicaciones. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

**3.4.1.3.** ***Grandez Machuca, Jhon (2013). Análisis y Diseño de un Sistema Distribuido de Antenas Activo para Mejora de Cobertura y Capacidad Celular 2G/ 3G en Edificios Altos.*** Informe de Suficiencia para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

**3.4.1.4.** ***Caudillo Arias, María del Pilar (2013). Sistema de Antenas Distribuidas para Redes Inalámbricas Móviles: Levantamiento, Diseño, Aceptación, Implementación, Optimización y Operación para Edificios Corporativos.*** Tesis para obtención del grado de Maestro en Administración de las Telecomunicaciones. Tecnológico de Monterrey, Nuevo León, México.

**3.4.1.5.** ***Rodríguez Agea, Cecilio (2015). Diseño y Optimización Móvil de un Proyecto de Modernización de Red.*** Proyecto Fin de Carrera. Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, Madrid, España.

**3.4.1.6.** ***Jhonny A. Villota, Pablo Lupera Morillo, Ricardo X. Llugsi (2017). Propuesta de una Metodología para el Diseño de Sistemas DAS Indoor Multi-Operadora con la Selección del Modelo de Propagación Outdoor-Indoor.*** Artículo para la XXVII Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

**3.4.1.7.** ***Reyes Campos, Carol Milagros (2017). Implementación de un sistema distribuido de antenas en ambientes INDOOR para la mejora de cobertura 3G y 4G en el edificio Begonias en San Isidro.*** Tesis para optar el Título de Ingeniero de Sistemas y Cómputo. Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Lima, Perú.

**3.4.1.8.** ***Chino Catari, Ever (2018). Diseño de una Red 4G LTE Avanzado Mejorando la Densificación de Red de Acceso Mediante Despliegue Heterogéneo de Células para la Ciudad de Juliaca.*** Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

**3.4.1.9.** ***Vásquez Villegas, Yuri André (2018). Implementación de una Red RF Indoor en la Galería El Rey de Gamarra para Mejorar la Cobertura Móvil en las Frecuencias 835 – 845, 846.5 – 849, 880 – 890 y 891.5 – 894.*** Informe de Suficiencia Profesional para obtener el Título profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones. Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú.

### 3.4.2. Marco Conceptual

**3.4.2.1.** ***Sistema UMTS.*** Con el uso masivo de internet y los servicios multimedia, surgió la necesidad de mejorar la eficiencia y la velocidad en la transmisión de voz y datos. Esto impulsó el desarrollo de la tecnología 3G con su principal representante el sistema UMTS. El sistema UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) está basado en la interfaz de radio WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), con dos modos de operación, FDD (Frecuency Division Duplex) y TDD (Time Division Duplex), y una tasa de 3.84 Mchip/s. Para el

tratamiento de paquetes de datos se introducen mejoras como HSDPA/HSUPA (High Speed Downlink/Uplink Packet Access) que permiten tasas de bits de hasta 14 Mbps en el enlace descendente (Downlink) y 5.8 Mbps en el enlace ascendente (Uplink).[2, p. 1]

En relación a los modos de operación de UMTS, existen dos técnicas que permiten la comunicación Dúplex (transmisión y recepción simultánea):

**a) TDD (Time Division Duplex)**

Cada sentido de la comunicación se transmite en instantes diferentes de tiempo, y en intervalos temporales suficientemente pequeños como para no producir discontinuidades en la comunicación. En la Figura 3 se muestra una representación gráfica de envío y recepción de la información usando la técnica TDD.




*Fig. 3:* TDD; enviar ↑ y recibir ↓ en intervalos de tiempo pequeños. Fuente: *https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/2902/tesisUPV1930.pdf;jsessionid=9826B1DC81AD16865A101D1D9390FF56?sequence=1*

**b) FDD (Frequency Division Duplex)**

Ambos sentidos transmiten simultáneamente, pero en bandas de frecuencia distintas, como se aprecia en la Figura 4. [3]




*Fig. 4:* FDD; espectro dedicado para el enlace ascendente y descendente. Fuente: *https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/2902/tesisUPV1930.pdf;jsessionid=9826B1DC81AD16865A101D1D9390FF56?sequence=1*

**3.4.2.2.** ***WCDMA.*** Es una tecnología de interfaz radio de banda ancha basada en CDMA. Sus principales características son:

- La señal de información es ensanchada con una secuencia pseudoaleatoria formada por bits (a los que llamaremos chips) con una tasa de 3.84 Mchip/s.
- El ancho de banda por portadora se aproxima a los 5 MHz.
- Alta flexibilidad de servicio: Las tasas binarias que soporta son muy variables.
- Tiene dos modos básicos de operación: FDD y TDD.
- No necesita que sus estaciones base estén sincronizadas.
- Emplea detección coherente tanto en el uplink como en el downlink, basada en el uso de símbolos piloto o piloto común.
- Está preparado para el uso de métodos que favorezcan la recepción como detección multiusuario o el uso de antenas adaptativas inteligentes. Esto permite mejorar el funcionamiento del sistema en cuanto a capacidad y/o cobertura.
- El número de usuarios no está limitado de antemano; sin embargo, el factor limitante de la capacidad es la interferencia mutua entre terminales.
- Está preparado para funcionar en conjunto con las redes GSM.[4, p. 23]

**3.4.2.3.** ***Arquitectura del Sistema UMTS.*** En relación a los elementos presentes en una red UMTS, contamos con tres elementos principales:

- **UE** (User Equipment). Se compone del terminal móvil y su módulo de identidad de servicios de usuario/suscriptor (USIM) que se corresponde con la tarjeta SIM.
- **Red de acceso radio**. Proporciona la conexión entre los terminales móviles y el Core Network. En UMTS recibe el nombre de UTRAN (Acceso Universal Radioeléctrico Terrestre) y se compone de una serie de subsistemas de redes de radio (RNS) que son el modo de comunicación de la red UMTS. Un RNS es responsable de los recursos y de la transmisión - recepción en un conjunto de celdas y está compuesto de un RNC y de uno o varios nodos B. Los nodos B son los elementos de la red que se corresponden con las estaciones base (antenas). El controlador de la red de radio (RNC) es responsable de todo el control de los recursos lógicos de una estación base.
- **Core Network** (Núcleo de la red). Incorpora funciones de transporte y de inteligencia. Soporta el transporte de la información de tráfico y señalización, incluida la conmutación. También incluye la gestión de la movilidad. A través del

núcleo de red, UMTS se conecta con otras redes de telecomunicaciones, de forma que resulte posible la comunicación no sólo entre usuarios móviles UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes de voz o datos.[5]

La Figura 5 muestra los elementos de red UMTS y su interconexión.

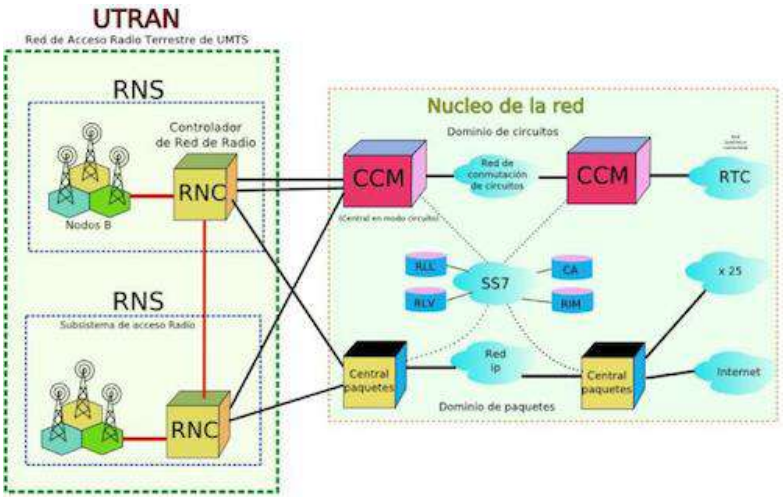



*Fig. 5:* Representación de la arquitectura UMTS. Fuente: *https://mastermoviles.gitbook.io/tecnologias2/conectividad-movil.-tecnologias-3g-4g-wifi-y-bluetooth*

**3.4.2.4.** ***HSPA.*** HSPA está conformado por HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) y HSUPA (High Speed Uplink Packet Access).

HSPA es compatible con UMTS. El mismo canal de radio de servicios para usuarios de voz y datos de UMTS puede ser usado simultáneamente para usuarios de datos de HSPA. Esta tecnología mejora el nivel de rendimiento de la tecnología WCDMA para entregar servicios de banda ancha y posee, teóricamente, el mayor throughput máximo que cualquier otra tecnología celular 3G. La mayor eficiencia espectral y la mayor capacidad de transferencia de datos no sólo permiten nuevas clases de aplicaciones, sino que también soporta a un mayor número de usuarios activos dentro de la red y, por lo tanto, la hace comercialmente más atractiva.[6, p. 26]

**a) HSDPA**

Según la 3GPP, HSDPA mejora ampliamente el rendimiento de las transferencias de datos entregando tasas máximas teóricas de aproximadamente 14 Mbps, lo cual es una gran mejora considerando que el despliegue inicial para tasas de datos era de 1 Mbps.

El concepto clave de HSDPA es incrementar la tasa de transferencia de paquetes por medio del uso de canales de alta velocidad.

A eso se suma el uso de Fast Scheduling, técnica que decide a cuál terminal de usuario deben ser dirigidos los canales compartidos de alta velocidad de transmisión en cada instante. Esta técnica hace uso de menor TTI (Transmission Time Interval), asignando canales a los terminales que tienen las mejores condiciones instantáneas.

Otro aspecto que mejora la velocidad de HSDPA, es el uso de las modulaciones QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) y cuando las condiciones de radio son buenas se usa 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation). En 16 QAM se transmiten 4 bits de información en cada símbolo de radio en contraste con los 2 símbolos de QPSK; en consecuencia, con 16QAM el throughput de datos aumenta, mientras que QPSK sigue disponible bajo condiciones adversas al soportar mayor interferencia.[6, pp. 27–28]

**b) HSUPA**

Se mejora el desempeño del uplink reduciendo la latencia, aumentando las tasas de datos y la capacidad, siendo el complemento de HSDPA para un mejor desempeño de las aplicaciones de paquetes de datos.

Para lograr altas tasas de transferencia en el uplink, HSUPA posee principalmente las siguientes características:

- Transmisión Multi-códigos: en contraste con HSDPA, el nuevo canal de uplink que es introducido con HSUPA, no es compartido entre los usuarios, sino que está dedicado a un único usuario. Hasta cuatro códigos pueden ser usados para aumentar las tasas de datos del uplink.
- Reducción del TTI (Transmission Time Interval): WCDMA 3GPP Release 99 usa un TTI de hasta 40 ms en el uplink. HSUPA opera con un TTI de 10 ms como máximo en el uplink. Esta reducción del TTI permite una disminución de la latencia total y brinda una mejor experiencia a los usuarios.
- Fast scheduling: Permite una rápida reubicación de los recursos entre los UEs, también permite al sistema un mayor número de usuarios y adaptaciones rápidas a variaciones de interferencia, lo que lleva a un incremento en la capacidad y probabilidad de que el usuario pueda tener altas tasas de transferencias de datos.[6, p. 30]

**3.4.2.5.** ***Bandas 3G habilitadas en Perú.*** Las bandas autorizadas en el Perú para la utilización de la tecnología 3G por parte del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) se muestran en la Tabla 1.

*Tabla 1:* Banda 3G en Perú

| Banda | Frecuencia | Operador asignado |
|---|---|---|
| Banda 2 | 1900 MHz | Claro, Entel y Bitel |
| Banda 5 | 850 MHz | Movistar y Claro |
| Banda 8 | 900 MHz | Bitel |

Fuente: Elaboración propia.

**3.4.2.6.** ***Tecnología 4G.*** 4G LTE (4th Generation Long Term Evolution) permite a los usuarios más calidad y mayor rapidez de servicio. LTE está basado en el protocolo IP, soportando tanto IPv4 como IPv6. La principal diferencia con la tecnología 3G se aprecia en los siguientes aspectos: (i) uso de la tecnología OFDM, (ii) uso de la técnica MIMO, que permite tener una alta eficiencia espectral, (iii) definición de una Evolución de la Arquitectura del Sistema (SAE), que mejora la capacidad de datos, reduciendo la latencia experimentada por el usuario, además utiliza duplexación por división de tiempo (TDD) y frecuencia (FDD), con lo cual se mejora el uso del espectro, haciendo una gestión más eficiente del mismo. (iv) el uso de codificación de canal, brinda seguridad y reduce la probabilidad de error en la transmisión.

Para el enlace descendente (DL), 4G LTE utiliza OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)[7, p. 15], mientras que en el enlace ascendente (UL) usa SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access).[7, p. 17]

En términos de adaptación de enlace, LTE puede usar esquemas de modulación QPSK, 16QAM o 64 QAM. El uso de tonos de 15 kHz provee un tiempo de símbolo largo, lo que mejora la robustez contra la propagación multicamino y la dispersión de la señal en el tiempo. Así mismo LTE otorga un ancho de banda adaptativo que inicia en 1.4 MHz, seguido por 3, 5, 10, 15 y 20 MHz, y una velocidad pico que en bajada tiene 172,8 Mbps para MIMO 2x2, mientras que en subida alcanzan los 86,5 Mbps, considerando un esquema de modulación 64QAM tanto para DL como para UL.

Con los principios descritos anteriormente, se ha desarrollado una nueva tecnología 4G llamada LTE Avanzada (Advanced), la cual provee mayor velocidad que LTE tanto en DL como en UL, con una latencia menor. En la Tabla 2 se muestran características de las tecnologías 3G y 4G. [8, pp. 320–321]

*Tabla 2:* Comparativa entre tecnologías 3G y 4G

| | **WCDMA (UMTS)** | **HSPA HSDPA/ HSUPA** | **HSPA+** | **LTE** | **LTE Avanzado** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Max Velocidad en UL** | 128 kbps | 5.7 Mbps | 11 Mbps | 50 Mbps | 500 Mbps |
| **Max Velocidad en DL** | 384 kbps | 14 Mbps | 28 Mbps | 100 Mbps | 1 Gbps |
| **Latencia** | 150 ms | 100 ms | 50 ms (max) | ~ 10 ms | Menor que 5 ms |
| **Versiones 3GPP** | 99/4 | 5/6 | 7 | 8 | 10 |
| **Metodología de Acceso** | CDMA | CDMA | CDMA | OFDMA/ SC-FDMA | OFDMA/ SC-FDMA |

Fuente: http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v85n204/0012-7353-dyna-85-204-00319.pdf

**3.4.2.7.** ***Arquitectura LTE.*** Presenta una estructura plana, buscando que solo existan dos elementos de red en el manejo de la comunicación del plano de usuario. La Figura 6 muestra la evolución de la arquitectura de redes móviles, desde una red WCDMA Release 6 hasta LTE.

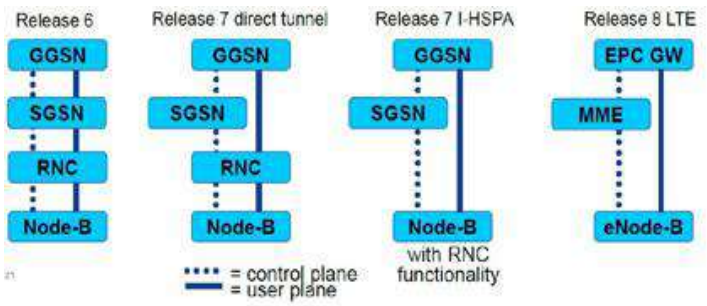



*Fig. 6:* Evolución de arquitectura de red móvil. Fuente: [9, p. 2]

La arquitectura de una red LTE se basa en el 3GPP LTE/SAE, y se conforma por la arquitectura combinada del E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network) y el EPC (Evolved Packet Core).

Cada capa de la red, tanto la E-UTRAN como el EPC, se componen de diversos elementos de red, y su comunicación se realiza a través de interfaces abiertas hacia las distintas capas de la red y hacia otras redes como 2G o 3G.

El E-UTRAN se compone únicamente de un tipo de elemento de red, la radio base, definida en LTE como evolved-NodeB (eNodeB). A diferencia de la arquitectura de redes 2G y 3G, la capa de radio acceso E-UTRAN no contiene un elemento como Controlador de Red de Radio (RNC o BSC), sino que se conforma exclusivamente de una red de radio bases eNodeB.

El Evolved Packet Core (EPC) se compone de tres entidades: El Mobility Management Entity (MME), el Serving Gateway (S-GW) y el Packet data network Gateway (P-GW). El elemento de red MME administra el plano de control de la red, mientras que el S-GW y el P-GW trabajan con el plano de usuario o información. La Figura 7 grafica la arquitectura de una red LTE.

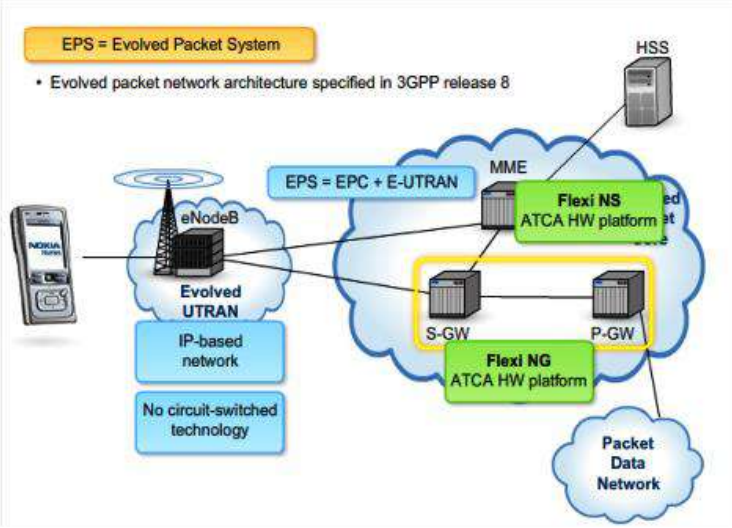



*Fig. 7:* Arquitectura de una red LTE. Fuente: [9, p. 3]

La arquitectura de la red LTE está basada completamente en IP. En una red LTE, la voz como tal, se maneja como un servicio de Voz sobre IP (VoIP), o alternativamente se direcciona por medio de una red coexistente 2G/3G. El despliegue actual realizado

por los operadores móviles se orienta hacia manejar datos a alta velocidad y capacidad a través de la red LTE y canalizar la voz por las redes 2G/3G.

Los diversos elementos de red, se comunican por medio de interfaces estándares definidas, y permiten la comunicación del E-UTRAN y EPC, y hacia elementos como servidores de base de datos de usuarios, redes 2G y 3G y redes de datos.[9, p. 2]

**3.4.2.8.** ***MIMO.*** El sistema MIMO (Múltiples Entradas Múltiples Salidas) utiliza múltiples antenas tanto para recibir como para transmitir. Cada una de ellas modula y transmite a través de una antena diferente en un momento determinado, utilizando la misma frecuencia de canal que el resto de las antenas. Debido a las reflexiones por multitrayecto en recepción, la señal a la salida de cada antena es una combinación lineal de múltiples tramas de datos transmitidas por cada una de las antenas en que se transmitió.

Las tramas de datos se separan en el receptor usando algoritmos que se basan en estimaciones de todos los canales entre el transmisor y el receptor. Además de permitir que se multiplique la tasa de transmisión (al tener más antenas), el rango de alcance se incrementa al aprovechar la ventaja de disponer de antenas con diversidad.

La tecnología MIMO permite que la capacidad de transmisión de datos y rango de alcance de los sistemas inalámbricos pueda incrementar sin usar más espectro de frecuencias. Este aumento es de carácter indefinido, simplemente utilizando más antenas en transmisión y recepción. MIMO requiere la existencia de un número de antenas idéntico a ambos lados de la comunicación, por lo que en caso de que no sea así, la mejora será proporcional al número de antenas del extremo que menos antenas tenga.[7, p. 19]

La Figura 8 muestra un ejemplo de un sistema MIMO 2x2, es decir 2 antenas tanto para la transmisión como para la recepción.




*Fig. 8:* Sistema MIMO. Fuente: http://www.telecomhall.com/es/que-es-mimo.aspx

**3.4.2.9.** ***Bandas 4G habilitadas en Perú.*** Las bandas autorizadas en el Perú para la utilización de la tecnología 4G por parte del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) son mostradas en la Tabla 3.

*Tabla 3:* Bandas 4G en Perú

| Banda | Frecuencia | Operador Asignado |
|---|---|---|
| Banda 2 | 1900 MHz | Claro, Movistar y Bitel |
| Banda 4 (AWS) | 1700 MHz / 2100 MHz | Movistar y Entel |
| Banda 7 | 2600 MHz | Claro, Entel |
| Banda 8 | 900 MHz | Bitel |
| Banda 28 | 700 MHz | Claro, Entel y Movistar |
| Banda 38 | 2600 MHz | Claro |
| Banda 40 | 2.3 GHz | Entel |
| Banda 42 | 3.5 GHz | Claro, Entel y Movistar |

Fuente: Elaboración propia.

**3.4.2.10.** ***Soluciones Indoor.*** La demanda de datos móviles está aumentando mucho más que el suministro de infraestructura inalámbrica, con aproximadamente el 80 por ciento de todo el uso de datos que se origina en el interior. Los usuarios móviles exigen acceso a redes accesibles de calidad. Para permitir esto, los operadores necesitan acercar las antenas y radios a sus clientes, edificios y otros espacios como Universidades, Estadios, Centros de salud, Espacios de oficinas comerciales, Centros comerciales, Edificios del Gobierno, Aeropuertos. Para dar solución al problema de cobertura en interiores, los operadores están utilizado soluciones como el Sistema Distribuido de Antenas o Small Cells.

**3.4.2.11.** ***Sistema Distribuido de Antenas (DAS).*** Un Sistema Distribuido de Antenas es una red de antenas separadas espacialmente y conectadas a un medio de transporte común; típicamente cable coaxial o cable ethernet; que provee servicios

inalámbricos dentro de un edificio desde una fuente de radio frecuencia (radio base o repetidor).

La finalidad del sistema distribuido de antenas es distribuir la cobertura y capacidad de los servicios brindados por el operador móvil dentro de un edificio o estructura entre todos los elementos de antena separados en espacio para brindar una mejor calidad de señal y servicios sobre la misma área como si fuera una sola antena, pero con una potencia total reducida mejorando la confiabilidad del sistema.

En la Figura 9 vemos el principio básico de un sistema distribuido de antenas.[10, pp. 9–10]

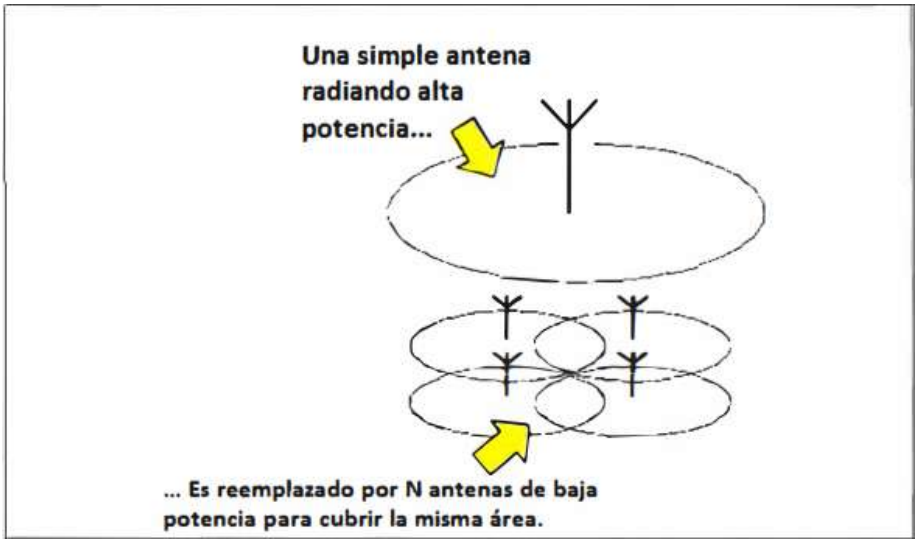



*Fig. 9:* Sistema distribuido de antenas. Fuente: [10, p. 10]

El sistema distribuido de antenas pasivo es un arreglo de cable coaxial de diferentes medidas generalmente cable coaxial de 1/2" y 7/8", antenas, elementos pasivos como divisores de potencia y acopladores direccionales.

El diseño es más complicado porque se tiene que balancear potencia y tomar márgenes de atenuaciones que siempre se producen al momento de realizar la implementación y tener mucha consideración en el recorrido del cable debido a que las pérdidas en éste dependen de la longitud y curvas que se puedan presentar en la instalación.

A continuación, en la Figura 10 se muestra un DAS pasivo con sus principales componentes.[10, p. 10]

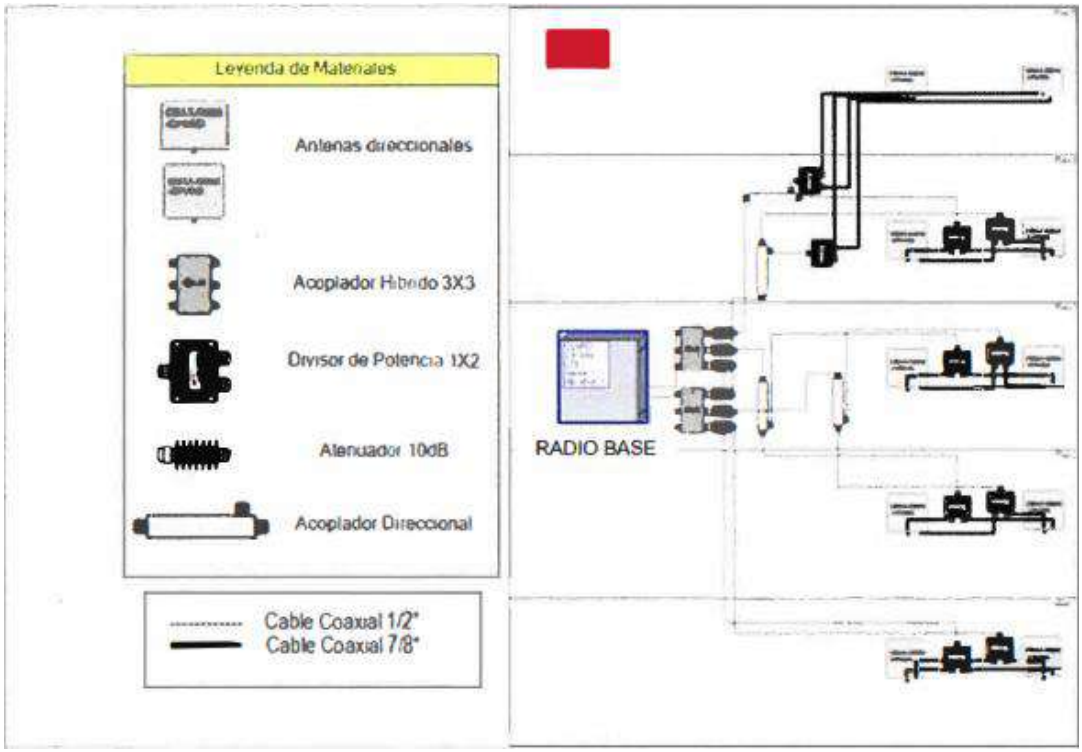



*Fig. 10:* DAS pasivo. Fuente: [10, p. 11]

La atenuación de un DAS pasivo es el principal problema en este contexto, las frecuencias usadas para futuros servicios móviles tienen tendencia a ser más altas, los esquemas de modulación aplicados para servicios de alta tasa de transmisión de datos son muy sensitivos al impacto de las pérdidas y de las atenuaciones que tienen los sistemas DAS pasivos.[10, pp. 11–12]

**3.4.2.12.** ***Small Cell.*** Las small cells son pequeñas estaciones base celulares o puntos de acceso de radio de baja potencia que mejoran la cobertura de redes 3G y 4G, con el fin de aumentar la capacidad y el tráfico de red a un menor costo. Al emitir con menos potencia y, además, utilizar en algunos casos antenas inteligentes que permiten la conformación del haz (beamforming) se reducen las interferencias entre celdas próximas, a la vez que se aumenta la calidad de la señal transmitida/recibida, redundando en un menor consumo de las baterías.

La solución de small cells, que puede consistir en femtoceldas (hogar), pico (empresas) y micro/metro celdas (urbano y rural), permite a los operadores móviles desplegar los dispositivos basados en IP utilizando la infraestructura IP existente, mientras que proporciona una evolución suave a IMS (IP Multimedia Subsystem).

Con el fin de reducir el número de zonas de mala/baja cobertura y/o falta de capacidad, los operadores pueden desplegar un gran número de small cells, (típicamente entre 200 y 300 por cada celda macro) siendo ésta una de las posibles soluciones para exteriores (outdoor); por ejemplo, espacios públicos urbanos y zonas rurales. [11]

Sin embargo, en interiores (indoor) es muy difícil desplegar varias small cells en un área pequeña –edificios, centro comercial- porque genera interferencia entre las diferentes small cells que ocasionaría problemas en los servicios de los operadores (caída de llamadas, no poder realizar llamadas, problemas de acceso a internet móvil).

**3.4.2.13.** ***Planificación y Optimización de una Red Indoor RF.*** Al momento de desplegar una red de telefonía móvil hay dos factores que son fundamentales, los cuales son la planificación y la optimización. En todo proyecto en donde se requiera acceso de radio, estos dos puntos son vitales para el buen desempeño y el cumplimiento de los objetivos de lo que se espera implementar.

La planificación de una red móvil es el primer paso antes que ésta pueda ser desplegada. En esta etapa se definen los componentes a utilizar, la forma en que se instalarán, y cuáles serán los niveles de los parámetros de radio. Esto es decidido teniendo en cuenta factores técnicos para el correcto funcionamiento de la red, factores geográficos y climáticos puesto que cada red tendrá un contexto distinto, y la limitante económica ya que el costo siempre es un factor a tomar en cuenta cuando se planifica. Por otro lado, la optimización significa el modificar algo que ya está desplegado o realizar cambios con la finalidad de mejorar el desempeño o ampliar las prestaciones de una red. Es muy común en las redes de telecomunicaciones la optimización periódica debido al continuo avance de las tecnologías y lo cambiante de las demandas del mercado que impulsan la constante mejora de equipos e incremento de capacidades de cada operador.

**3.2.4.14.** ***Consideraciones para la planificación y Optimización.*** Al momento de realizar la planificación de redes de telefonía celular se debe de tomar en cuenta ciertas consideraciones para realizar una buena planificación. En primer lugar, un pronóstico de tráfico, lo más cercano a la realidad, para lograr un correcto dimensionamiento de la red y que contemple un crecimiento futuro. Luego, realizar visitas técnicas o Technical Site Surveys (TSS) para conocer con exactitud el estado

del sitio donde se va a trabajar e identificar los problemas más relevantes a superar. También se debe estimar cómo será la movilidad de los usuarios para considerar una cantidad de handovers en el dimensionamiento, y así evitar interrupciones en las llamadas. Como el factor económico es importante, se debe diseñar una topología de solución que satisfaga las demandas y que tenga el menor costo. Por último, es importante el uso de un software potente que ayude a simular los diseños que se propongan y que permita hacer cálculos importantes como es el caso del Link Budget, que es el balance de todas las pérdidas y ganancias de potencia desde los transmisores hasta los receptores.

Por otro lado, tenemos la optimización que se lleva a cabo una vez que se tiene ya una red desplegada. Este proceso se ejecuta al finalizar la fase de la implementación. Como en el ámbito de la tecnología el tiempo de obsolescencia de las prestaciones es corto, la optimización debe ser un proceso iterativo en el cual se debe constantemente mejorar los siguientes aspectos: (i) se debe buscar periódicamente el aumentar la capacidad de la red, (ii) reducir el costo de operabilidad de red; ya sea sustituyendo equipos que tengan un costo alto de operabilidad o incrementando la cobertura, (iii) mejorar constantemente la calidad y el rendimiento de la red para mantener contentos a los clientes de la red y de esa forma no perder terreno frente a la competencia.

**3.2.4.15.** ***Indicadores aplicables a la señal celular.*** Para la planificación de una red de telefonía celular existe una diversidad de parámetros que permiten medir la calidad de la cobertura y de los servicios brindados (voz y datos). Estos parámetros son diferentes dependiendo de la red a analizar, es decir que los parámetros de una red UMTS no son los mismos que se utilizan para una red LTE, e intentar definir la totalidad de éstos sería muy extenso; por lo tanto, se mencionará aquellos que serán de importancia en el presente trabajo.[12, pp. 17–18]

**a) Tecnología 3G – UMTS**

- **Potencia de señal de código recibida (RSCP)**

Es la potencia recibida de la señal de un determinado código, generalmente esta potencia es medida en el canal CPICH que es el piloto de la señal WCDMA y determina la cobertura de la celda.

El canal CPICH se transmite al 10% de la potencia total de la celda. Es decir, si la potencia de salida de la radio base es de 43 dBm el canal CPICH se transmite a 33 dBm.[10, p. 18]

En la Tabla 4 se muestra una clasificación de los valores de RSCP, así como su calidad y descripción.

*Tabla 4:* Valores de RSCP

| RSCP (dBm) | Calidad de la Señal | Descripción |
|---|---|---|
| -60 a 0 | Excelente | Señal fuerte con velocidades de datos máximas |
| -75 a -60 | Buena | Señal fuerte con buena velocidad de datos |
| -85 a -75 | Regular | Se pueden alcanzar velocidades de datos justas |
| -95 a -85 | Mala | Señal débil, se presenta problemas de comunicación y velocidades bajas |
| -124 a -95 | Muy mala | Señal muy débil, el rendimiento es casi nulo y con desconexiones frecuentes |

Fuente: https://wiki.teltonika-networks.com/view/RSCP

- **Ec/No**

Es la energía por chip sobre el total de la densidad espectral de potencia. Esto nos permite cuantificar el nivel de interferencia en el medio.

En la Tabla 5 se muestra una clasificación de los valores de Ec/No, así como su calidad y descripción.

*Tabla 5:* Valores de Ec/No

| Ec/No (dB) | Calidad de la Señal | Descripción |
|---|---|---|
| -6 a 0 | Excelente | Señal fuerte con velocidades de datos máximas |
| -10 a -6 | Regular | Señal fuerte con buena velocidad de datos |
| -28 a -10 | Mala | Se presenta caída de llamadas y velocidades muy bajas. Cuando este valor se acerca a -20, el rendimiento disminuirá drásticamente |

Fuente: https://wiki.teltonika-networks.com/view/EC/IO

- **PSC (Primary Scrambling Code)**

Mide el SC, que es el código de acceso múltiple en WCDMA, que domina en un punto y sirve para identificar el origen de la celda que brinda cobertura a una determinada zona. Muchos PSC en una misma área incrementa la probabilidad de que los usuarios experimenten caída de llamadas.

- **CQI (Channel Quality Indicator)**

Es un indicador provisto por una conexión remota, generalmente por el nodo B, que brinda información acerca de la calidad del canal que se mide. Este parámetro se mide en las pruebas del enlace descendente (Downlink).
Un buen nivel de calidad en interiores tendrá valores mayores a 25.

- **Tx Power**

Mide la potencia de transmisión del UE al momento de que se está llevando a cabo una llamada o una transferencia de datos.
Un buen nivel de potencia de transmisión tendrá valores menores a -25 dBm.

- **Throughput**

Mide la velocidad de la transferencia de datos (tanto de subida como de bajada) efectiva que se alcanza en una sesión en UMTS.
Un buen nivel de throughput de bajada (Downlink) en interiores tendrá valores mayores a 1.5 Mbps mientras que un buen nivel de throughput de subida (Uplink) en interiores tendrá valores mayores a 700 kbps.

**b) Tecnología 4G – LTE**

- **Potencia Recibida de la Señal de Referencia (RSRP)**

Es una métrica relacionada a la potencia de la señal de una celda específica que es usada como una entrada para la reselección de celdas y decisiones de handover. Para una celda en particular, RSRP se define como la potencia promedio (W) de los elementos de recursos (RE) que transportan señales de referencia (RS) específicas de la celda dentro del ancho de banda considerado.

La medición de RSRP, normalmente expresada en dBm, se utiliza principalmente para hacer una clasificación entre las diferentes celdas candidatas de acuerdo con su intensidad de señal.[13]

En la Tabla 6 se muestra una clasificación de los valores de RSRP, así como su calidad y descripción.

*Tabla 6:* Valores de RSRP

| RSRP (dBm) | Calidad de la Señal | Descripción |
|---|---|---|
| -80 a 0 | Excelente | Señal fuerte que permite la máxima capacidad de datos |
| -90 a -80 | Buena | Buena señal y velocidades sin pérdidas esperadas |
| -110 a -90 | Regular | Señal aceptable / utilizable con posibilidad de caídas y ralentizaciones |
| -120 a -110 | Mala | Señal débil, rendimiento muy pobre con velocidades bajas |
| < -120 | Muy mala | No hay señal utilizable: espere desconexiones frecuentes |

Fuente: https://www.telcoantennas.com.au/blog/guide-to-mobile-networks/4g-lte-signal-strength-reference-guide/

- **Relación Señal a Ruido más Interferencia (SNIR)**

SNIR también es una medida de la calidad de la señal, pero no está definida en las especificaciones de 3GPP, sino que está definida por el proveedor del equipo de usuario (UE).

No es reportado a la red. El SNIR es muy utilizado por los operadores y la industria LTE en general, ya que cuantifica mejor la relación entre las condiciones de RF y el throughput. Los equipos de usuario LTE generalmente usan SNIR para calcular el CQI (Indicador de calidad del canal) que informan a la red.[14]

En la Tabla 7 se muestra una clasificación de los valores de SNIR, así como su calidad y descripción.

*Tabla 7:* Valores de SNIR

| SNIR (dB) | Calidad de la Señal | Descripción |
|---|---|---|
| ≥ 25 | Excelente | Señal fuerte que permite la máxima capacidad de datos |
| 20 a 25 | Buena | Buena señal y velocidades sin pérdidas esperadas |
| 12 a 20 | Regular | Señal aceptable / utilizable con posibilidad de caídas y ralentizaciones |
| 0 a 12 | Mala | Velocidades de datos bajas, con caídas continuas. Cuando este valor se acerca a 0, el rendimiento disminuirá drásticamente |
| ≤ 0 | Muy mala | No hay señal utilizable, desconexiones frecuentes |

Fuente: https://wiki.teltonika-networks.com/view/SINR

- **PCI (Identificador de Celda Físico)**

Asignación de identidad de célula física (PCI) es una tarea algo similar a la asignación de scrambling code (PSC) en WCDMA. PCI está codificado en la transmisión de la señal de sincronización de la capa física y es utilizada por el UE para los informes de medición de handover de las celdas vecinas. Por lo tanto, como en WCDMA, el PCI debería identificar de forma única a la celda vecina del eNodoB en servicio, dentro de un área geográfica determinada. En consecuencia, la distancia de reutilización de PCI debe ser lo suficientemente grande como para que el UE no pueda medir e informar dos celdas con el mismo PCI. Esta parte de la asignación de PCI no debería plantear un problema ya que hay 504 PCI definidas.

El segundo propósito, quizás menos obvio, del PCI es servir como parámetro de asignación de recursos para señales de referencia (RS) de enlace descendente y enlace ascendente.[15, p. 13]

- **Throughput**

Mide la velocidad de la transferencia de datos (tanto de subida como de bajada) efectiva que se alcanza en una sesión en LTE.

Un buen nivel de throughput de bajada (Downlink) en interiores tendrá valores mayores a 15 Mbps mientras que un buen nivel de throughput de subida (Uplink) en interiores tendrá valores mayores a 10 Mbps.

## 3.5. Procedimiento

Primero, analicemos la ubicación de la Clínica Delgado para observar posibles causas de esta problemática. En la Figura 11 se muestra las ubicaciones de las estaciones base más cercanas del operador Claro a las instalaciones de la Clínica Delgado.




*Fig. 11:* Estaciones Base cercanas a la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración propia.

La estación base más cercana se encuentra a 264 metros, lo cual no es una distancia relativamente grande; sin embargo, la estructura de la clínica que tiene paredes gruesas y el área de la clínica (4177.32 $m^2$) son los principales motivos para que la cobertura celular se encuentre degradada en su interior.

Para el caso de las otras dos estaciones base consideradas en la figura 3.2, éstas están más alejadas con respecto a la ubicación de la Clínica Delgado; por lo tanto, su cobertura al interior será muy baja.

Considerando estos factores, se puede deducir que el problema de comunicación y, en general, de cobertura celular al interior de la Clínica Delgado se debe a que la señal de las estaciones base más cercanas es muy débil y no proporcionan el servicio móvil adecuado para satisfacer las necesidades de los usuarios. Por este motivo, es necesario realizar una medición de la cobertura celular dentro de las instalaciones de la clínica para corroborar la hipótesis planteada.

### 3.5.1. Mediciones Realizadas

Se tomaron medidas de cobertura celular para conocer con exactitud la situación dentro de la clínica. Estas mediciones también servirán para poder hacer una comparación con los resultados finales y así poder evaluar la solución planteada y realizar las conclusiones finales de este informe.

**3.5.1.1.** ***Herramientas y Métodos de Medición.*** Para el proceso de medición, las herramientas utilizadas fueron dos soluciones de la empresa Keysight, los cuales son el Nemo Handy Pro y el software Nemo Analyze. La primera es un teléfono móvil de última generación que tiene un software incorporado el cual permite medir los parámetros de la señal celular tanto en 3G como 4G, según lo que se necesite. Esta solución permite cargar un plano en formato JPG o PNG de cada piso y realizar las mediciones colocando puntos en el plano. Mientras se realiza el recorrido por cada piso se colocan los puntos, el programa grafica los niveles del parámetro pedido, según una escala de colores editable. Luego de terminar la medición, ésta se guarda en la memoria y se prepara para el post procesamiento. Para las mediciones realizadas se utilizó la versión de Nemo Handy 3.60 que se cargó en un celular Samsung Galaxy S7 Edge.

Una vez terminadas todas las mediciones, se tiene que procesar la información, esto se hace con el Nemo Analyze que es un software que permite trabajar con los archivos generados por el Nemo Handy: permite ver a detalle los resultados de la medición, la mensajería de red y exportar las estadísticas y los gráficos del Nemo Handy a formatos compatibles con otros programas; por ejemplo, MS Excel.

Las mediciones se realizaron en todos los pisos recorriendo las áreas comunes y pasadizos, no se midió en consultorios ni en áreas de hospitalización por disposición de la administración de la clínica. También, se realizó la medición en los 5 sótanos de la clínica.

**3.5.1.2.** ***Resultados e Interpretación.*** Se presentará los resultados de las mediciones realizadas en el piso 1 de la Clínica Delgado, el cual es de mayor tránsito y concurrencia de personas. En los pisos del 2 al 4 se ubican los consultorios de todas las especialidades que ofrece la clínica. Los pisos del 5 al 10 corresponden a pisos

donde se ubican las habitaciones de los pacientes. En el caso de los sótanos se tiene la siguiente distribución: en el sótano 1 se ubican los laboratorios principalmente, mientras que los sótanos de 2 al 5 son para estacionamientos.

Del procesamiento obtenemos los datos de RSCP (Received Signal Code Power), Ec/No, PSC (Scrambling Code), RSRP (Reference Signal Received Power), SNIR (Signal to Noise plus Interference Ratio) y PCI (Physical Cell Identity).

En la Figura 12 se observa que los niveles de RSCP (nivel de potencia en 3G) se encuentran por encima de -75 dBm en un 4.91% del recorrido realizado, teniendo en cuenta que un nivel mayor a -75 dBm es adecuado en entornos indoor.

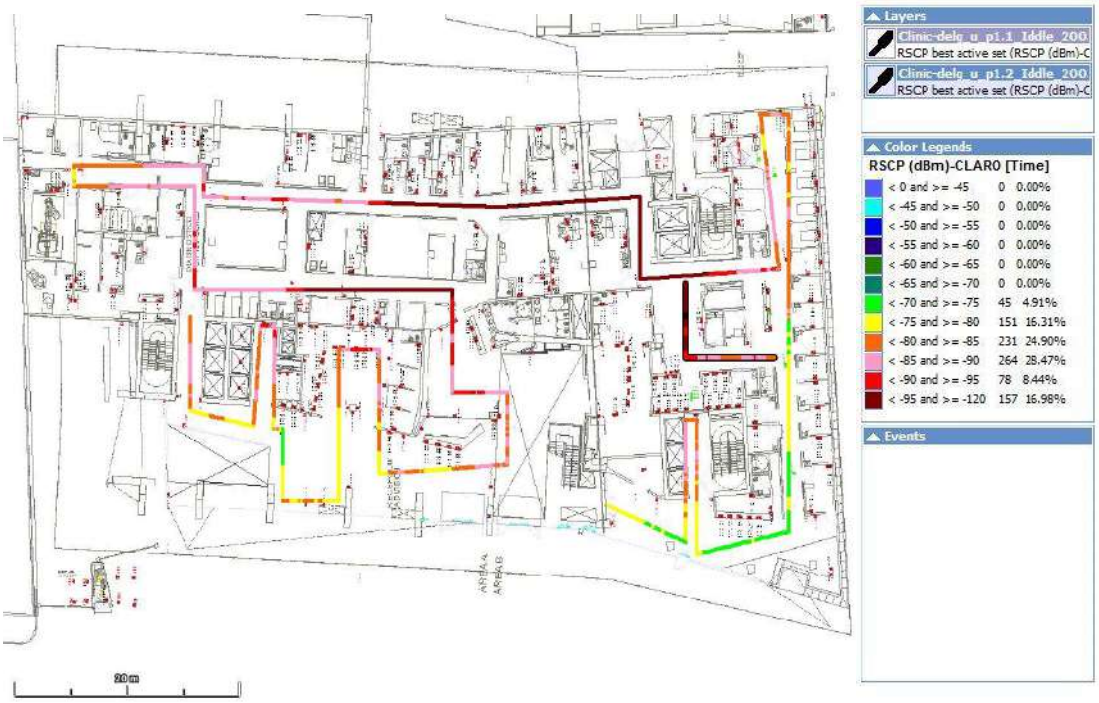



*Fig. 12:* Plot RSCP en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

Asimismo, los niveles de Ec/N0 (interferencia en 3G) tiene niveles degradados en la totalidad del piso 1 con valores menores a -6 dB, tal como se aprecia en la Figura 13. Valores de Ec/No mayores a -6 dB son excelentes para entornos indoor; ya que favorecen las comunicaciones y una alta tasa de datos.

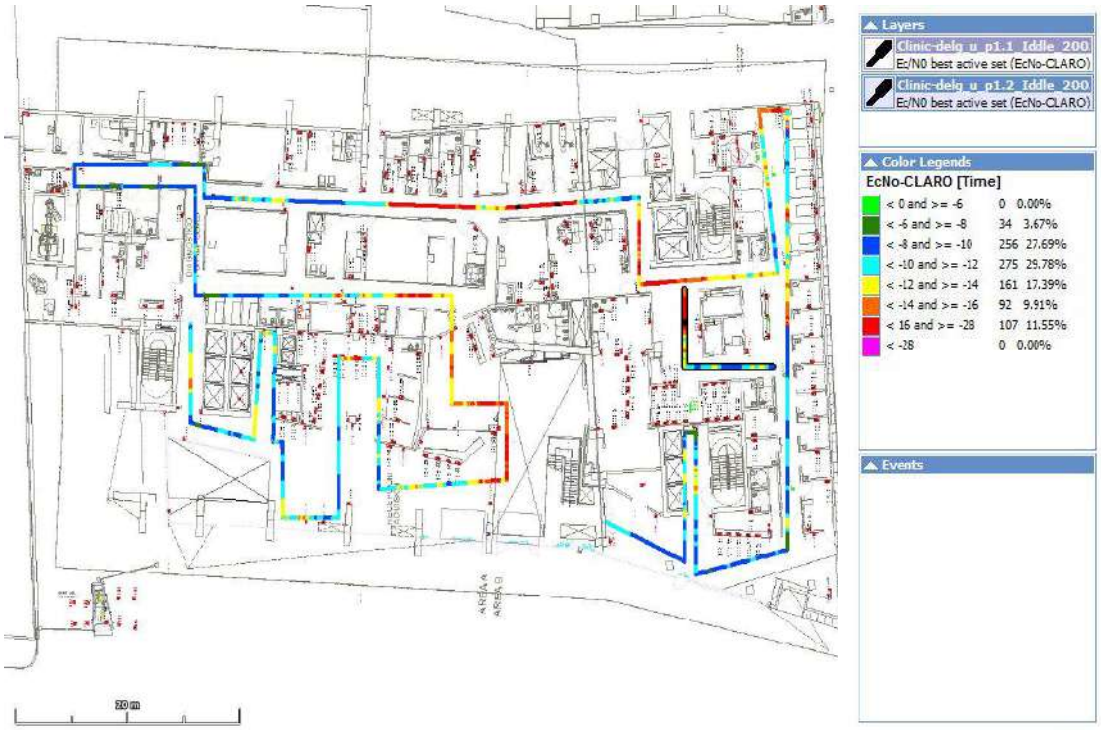



*Fig. 13:* Plot Ec/No en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

Estos niveles elevados de interferencia de la Figura 13 se debe a la presencia de varias señales de las diferentes estaciones base cercanas a la clínica, lo cual se aprecia en la Figura 14, y a sus bajos niveles de potencia.

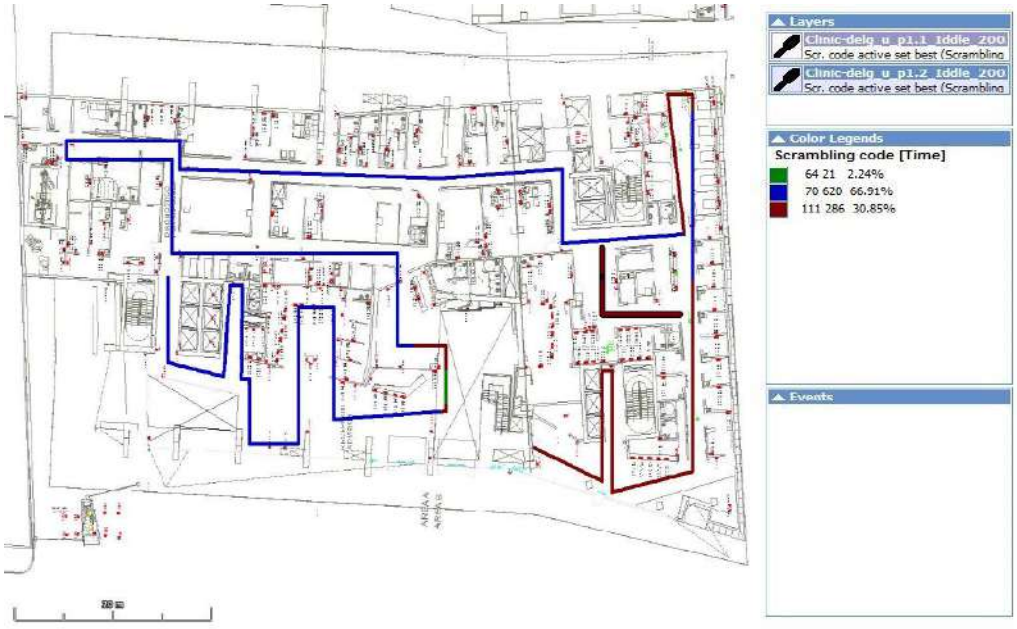



*Fig. 14:* Plot Scrambling Code en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

Para el caso de los niveles de RSRP (nivel de potencia en 4G), estos se encuentran por debajo de -85 dBm en la totalidad del piso 1, como se muestra en la Figura 15. Estos niveles no garantizan una cobertura óptima; ya que valores por encima de -85 dBm son adecuados para entornos indoor.

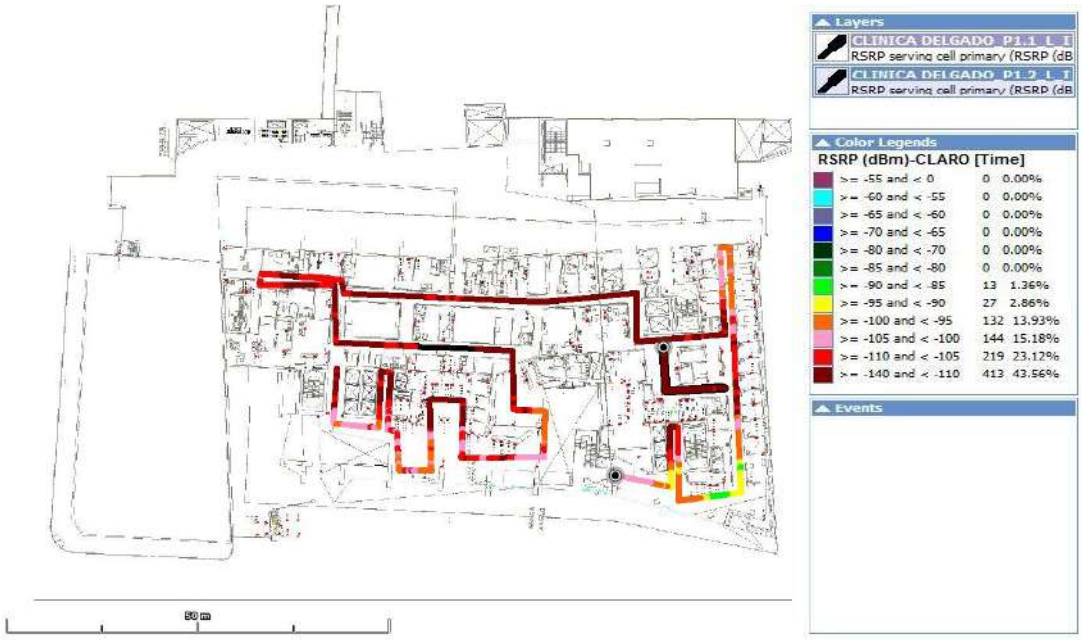



*Fig. 15:* Plot RSRP en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

Así como los niveles de RSRP están degradados en su totalidad, los valores de SNIR (interferencia en 4G) están por debajo de 20 dB en la totalidad del piso 1 como se aprecia en la Figura 16.

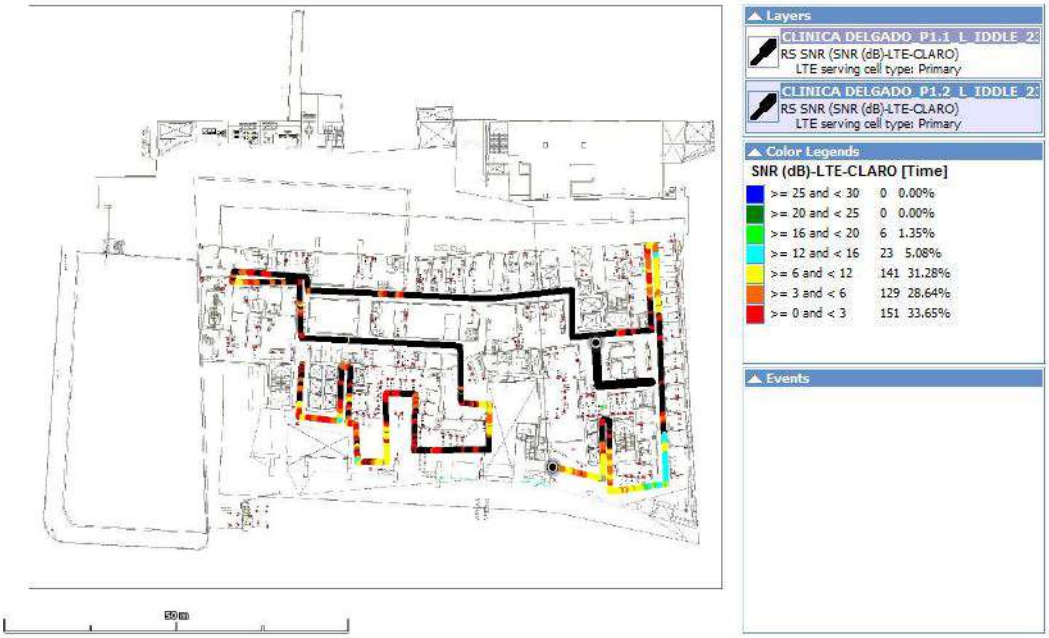



*Fig. 16:* Plot SNIR en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

Los niveles elevados de SNIR se deben a la presencia de varias señales de las diferentes estaciones base cercanas a la clínica, lo cual se aprecia en la Figura 17, y a sus bajos niveles de potencia.

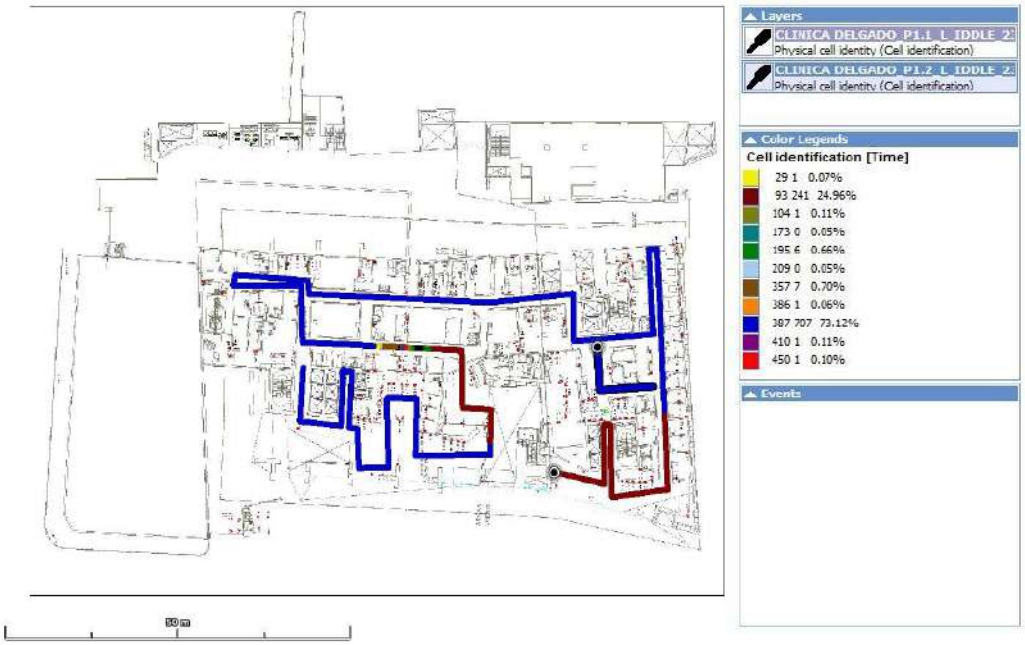



*Fig. 17:* Plot PCI en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2. Alcances y Limitaciones de la Actividad

El presente trabajo consistirá en la implementación de la mejora de la señal de telefonía móvil, tanto 3G como 4G, al interior de la Clínica Delgado que se encuentra en las condiciones descritas en los apartados 3.3.1 y 3.3.2.

El estudio permitirá brindar cobertura a los 15 pisos de la clínica, dando prioridad a las áreas comunes, pasadizos y áreas con alto tránsito de personas. No se tomará en cuenta para efectos de evaluación de la solución las zonas de hospitalización, los interiores de consultorios y aquellas áreas que la administración del hospital restrinja el acceso. La zona que se tomará en cuenta para efectos de evaluación se le denominará "área de cobertura". Se realizarán simulaciones de cobertura y la comprobación de esta luego de la implementación.

Para el caso de 3G, el objetivo de la solución es el de lograr que en un 95% del área de cobertura se obtenga valores de RSCP mayores a -75 dBm, valores de Ec/No mayores o igual a -6 dB y un Tx Power menor o igual a -25 dBm. También, se debe asegurar en un 97% del área de cobertura que el Scrambling Code debe ser el brindado por el sistema distribuido de antenas. Por último, en un 95% del área de cobertura se tendrá valores de throughput mayores o iguales a 1.5 Mbps para el downlink y mayores o iguales a 700 kbps para el uplink.

Para el caso de 4G, el objetivo de la solución es el de lograr que en un 95% del área de cobertura se obtenga valores de RSRP mayores a -85 dBm, valores de SNIR mayores o iguales a 20 dB. También, se debe asegurar en un 97% del área de cobertura que el Physical Cell Identity (PCI) debe ser el brindado por el sistema distribuido de antenas. Por último, en un 95% del área de cobertura se tendrá valores de throughput mayores o iguales a 15 Mbps para el downlink y mayores o iguales a 10 Mbps para el uplink.

### 3.5.3. Alternativas de Solución

Al realizar la evaluación de la cantidad de pisos de la clínica y los niveles de cobertura obtenidos en el apartado 3.5.1, se decidió optar por la solución de un Sistema Distribuido de Antenas, que es la que más se adecua a este proyecto debido a que garantiza una cobertura óptima por cada piso. Aunque se tendrá varios sectores debido

a la cantidad de pisos que se debe cubrir, se garantizará que esto no afecte a los servicios que se brindarán luego de la implementación.

La solución por medio de Small Cells es limitada en cuanto a cobertura, ya que cada Small Cell utilizada para zonas indoor tiene un rango de cobertura pequeño, el cual varía entre 100 y 150 $m^2$, y para cubrir todos los pisos de la clínica y sus diferentes áreas se van a requerir demasiadas Small Cells. Esto quiere decir que cada vez que se pase de la cobertura de una Small Cell a otra se tendrá un handover. Se denomina handover al sistema utilizado en comunicaciones móviles para transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente. Este mecanismo garantiza que un móvil cuando se traslada de un lugar a otro no pierda la conexión con alguna de las estaciones base y, por tanto, no pierda cobertura. Es decir que se tendrán demasiados sectores en un solo edificio con lo cual la cantidad de handovers que se producirán será tal que no se puede garantizar que la comunicación no se interrumpiría en el caso de un usuario movilizándose por las instalaciones de la clínica.

### 3.5.4. Equipamiento a Utilizar

Los equipos que se utilizarán para la implementación de la solución de un Sistema Distribuido de Antenas son: BBU, RRU, splitter, acoplador, combinador, carga y antenas. Cada uno de estos equipos se definirán a continuación y se especificará la marca y modelo utilizado en la solución. Las fichas técnicas de cada componente de la solución se adjuntan en el Anexo de Equipos, en donde se puede apreciar a detalle las características técnicas de cada elemento.

**3.5.4.1.** ***BBU (Base Band Unit).*** La Unidad de Banda Base procesa la señal de frecuencia original antes de ser modulada. Es decir, que las señales de banda base son las que ocupan el menor rango del espectro de frecuencia.

La BBU tiene un DSP (Procesador Digital de Señales) que procesa la conversión de señales entre señales analógicas y digitales. Sobre todo, es conocido como el corazón de la comunicación porque sirve de enlace de comunicación entre dos usuarios finales. La BBU es conectada a la RRU a través del puerto CPRI por medio de un cable de fibra óptica.[16]

La BBU que se utilizará en este proyecto será de la marca Huawei y el modelo es BBU 3900, la cual soporta las tecnologías GSM, WCDMA y LTE en simultáneo. Esta BBU

tiene 8.6 cm de alto, 44.2 cm de ancho y 31 cm de profundidad, y no debe operarse a una temperatura mayor a 55 °C. En la Figura 18 se muestra la BBU 3900 de Huawei, este equipo es el que utiliza el operador para la implementación de un sistema DAS.



*Fig. 18:* BBU 3900 de Huawei. Fuente: http://ejlwireless.com/assets/huawei-bbu3900-wcdma-tda-2014-toc.pdf

**3.5.4.2.** ***RRU (Remote Radio Unit).*** La RRU será la encargada de realizar el cambio de banda base a la banda de operación de la red. Además de esto, la RRU delimitará un área de cobertura con las antenas que estén conectadas a la red, también asignará un Scrambling Code (PSC) y un Physical Cell Identity (PCI) a esta área de cobertura, el código a utilizar por cada RRU será elegido por la BBU. [12, p. 34]

En este caso, se utilizarán dos tipos de RRU: una para la tecnología 3G y otra para la tecnología 4G. Para la RRU de 3G, el cambio de banda base se realizará hacia la frecuencia de 850 MHz. Mientras que para la RRU de 4G, el cambio de banda base se realizará hacia la frecuencia de 1900 MHz.

Las RRU's que se utilizarán en este proyecto serán de la marca Huawei, el modelo para la RRU de 3G es RRU 3936 y el modelo para la RRU de 4G es RRU 3953. Estos equipos son los que utiliza el operador para la implementación de un sistema DAS. En la Figura 19 se muestra la imagen de una RRU 3936 utilizada para la tecnología 3G.



*Fig. 19:* RRU 3936. Fuente: https://fccid.io/QISRRU3936-1900M/External-Photos/ExternalPhotos-pdf-2170417

**3.5.4.3.** ***Combinador.*** Los combinadores híbridos son habitualmente utilizados en sistemas de distribución de RF para combinar dos señales sin que se produzcan fenómenos de interferencia mutua o para dividir una señal hacia una salida de RF y hacia otra salida de RF + DC.

Los sistemas de antenas en las estaciones base de telefonía móvil son cada día más complejos, haciéndose necesaria la agrupación de varias señales en una misma antena, con el fin de minimizar el impacto medioambiental y el aumento de costes que causaría un número elevado de antenas. [17, p. 8]

Su principal aplicación es para enviar muchas señales hacia un mismo sistema, es decir, combinar las diferentes señales de entrada para obtener una única salida.

El combinador que se utilizó en este proyecto es de la marca Commscope y el modelo es CHB726. Se utilizó este equipo por ser de bajo PIM (Producto de Intermodulación) y, principalmente, por ser de banda ancha, es decir, que su rango de frecuencia de operación es 698 – 2700 MHz y tiene una pérdida de inserción de 3 dB. En la Figura 20 se muestra la imagen del combinador CHB726.



*Fig. 20:* Combinador CHB726 de Commscope. Fuente: https://www.commscope.com/catalog/doc/pdf/14077/Hybrid_Combiners_CHB726-01_and_CHB726-01-2X_Installation_Instructions.pdf

**3.5.4.4.** ***Splitter.*** Este dispositivo pasivo está compuesto por una entrada y dos o más salidas unidas a la entrada y entre sí por medio de una red reactiva y, por tanto, idealmente no disipativa.

Generalmente contienen un transformador de impedancia, que adapta la impedancia del punto de unión de las múltiples salidas a la impedancia característica de las líneas de transmisión entre las que se intercala el divisor (generalmente 50 Ω).

Este tipo de divisores se caracterizan por tener bajas pérdidas debido a su construcción con elementos no disipativos, pueden trabajar en banda ancha y presentan un excelente equilibrio de amplitud y fase en la salida. Estas características los hacen especialmente útiles para aplicaciones con potencias elevadas, como las que se necesitan en las estaciones base de la telefonía celular. En dichas estaciones base, estos divisores, encuentran su principal aplicación en la división de la señal de los transmisores para alimentar al grupo de múltiples antenas, propio de este tipo de emplazamientos (sectorización, diversidad, etc.).

Con el fin de satisfacer todas las necesidades que puedan surgir en este tipo de instalaciones, estos divisores se fabrican con 2, 3, 4, 5 y hasta 6 salidas por término general.[17, pp. 12–13]

En la Tabla 8 se muestra la relación entre la cantidad de puertos de salida de un splitter y la pérdida que genera dentro de un sistema RF.

*Tabla 8:* Tabla de Pérdida por la Reducción de la División del Splitter

| Número de Puertos de Salida | Reducción de la División Teórica (dB) |
|---|---|
| 2 | 3.0 |
| 3 | 4.8 |
| 4 | 6.0 |
| 5 | 7.0 |
| 6 | 7.8 |
| 8 | 9.0 |
| 10 | 10.0 |

Fuente: https://www.electronics-notes.com/articles/radio/rf-combiner-splitter-coupler-hybrid/splitter-divider-combiner.php

En este proyecto se utilizó splitters de la marca Commscope y los modelos utilizados fueron VD-S2-CPUSE-H-N (2 salidas), VD-S3-CPUSE-H-N (3 salidas) y VD-S4-CPUSE-H-N (4 salidas). Se utilizaron estos modelos por ser de bajo PIM y por ser de banda ancha, es decir, que su rango de frecuencia de operación es 698 – 2700 MHz. En la Figura 21 se muestra la imagen de un splitter de la marca Commscope, modelo VD-S2-CPUSE-H-N.



*Fig. 21:* Spliter de 2 salidas de Commscope. Fuente: https://www.solidsignal.com/pview.asp?p=vd-s2-cpuse-h-n

**3.5.4.5.** ***Acoplador.*** La función básica del acoplador direccional consiste en obtener permanentemente una muestra de la señal de entrada, y por lo tanto de la señal de salida, pero con una potencia mucho menor. Esta potencia estará directamente relacionada con el valor del acoplamiento.

Dada esta función, el acoplador direccional se utiliza, por ejemplo, para poder monitorizar la señal que un transmisor (por ejemplo, una BTS) está enviando a una antena, sin necesidad de interrumpir la conexión entre el transmisor y el feeder de la antena. Por otro lado, el acoplador direccional se utiliza también como un elemento

fundamental para realizar medidas indirectas de grandes potencias, a través del puerto acoplado.[17, p. 3]

En este proyecto se utilizó acopladores de la marca Commscope y en cuanto al modelo se utilizaron varios debido a los diferentes valores de acoplamiento que se requería, siendo los más utilizados VD-C6-CPUSE-N-A (acoplador de 6 dB), VD-C8-CPUSE-N-A (acoplador de 8 dB), VD-C10-CPUSE-N-A (acoplador de 10dB) y VD-C15-CPUSE-N-A (acoplador de 15 dB). En la Figura 22 se muestra la imagen del acoplador de 10dB de la marca Commscope.




*Fig. 22:* Acoplador de 10 dB de Commscope. Fuente: https://www.walmart.com/ip/Commscope-C-10-CPUSE-N-RF-Air-Directional-Coupler-10dB-555-2700Mhz/773166618

**3.5.4.6.** ***Carga.*** Es un dispositivo que se usa en las líneas de transmisión, a menudo en un puerto de un combinador, o cualquier puerto 'abierto' o no utilizado en otros componentes para cerrar el trayecto RF.[18, p. 27]

En este proyecto se utilizó una carga de la marca Commscope y el modelo utilizado fue T-25-NM. Se utilizó este modelo debido a que se requería cerrar un puerto abierto de un componente cercano a los elementos de alta potencia. En la Figura 23 se muestra la imagen de una carga T-25-NM de Commscope.



*Fig. 23:* Carga T-25-NM. Fuente: https://www.radioparts.com/commscope-t-25-nm

**3.5.4.7.** ***Antenas.*** Son los elementos que irradiarán la señal emitida por la RRU en un área de cobertura establecido. Son de dos tipos: panel (o directiva) y omnidireccional. Las antenas panel tienen un patrón de radiación que está concentrado hacia la zona a la cual están apuntando. Mientras que las antenas omnidireccionales tienen un patrón de radiación de 360°.

En este proyecto se utilizó ambos tipos de antenas de la marca Commscope. En el caso de las antenas panel se utilizó el modelo CELLMAX-D-CPUSEi, mientras que para las antenas omnidireccionales se utilizó el modelo CELLMAX-O-CPUSEi. Se utilizó estos modelos de antena por ser de banda amplia, es decir, su rango de frecuencia es de 698 – 960 MHz y de 1710 – 2700 MHz. En la Figura 24 se muestra los dos tipos de antena elegidos para este proyecto.




*Fig. 24:* Antenas Indoor de Commscope. Fuente: https://www.commscope.com/catalog/antennas/product.aspx?id=2

### 3.5.5. Diseño de la Solución

Con los equipos descritos en el apartado anterior y conociendo las marcas y modelos a utilizar ya se puede realizar el diseño de la solución. Para proceder con la elaboración del diseño, se necesita conocer el dimensionamiento de los sectores que se implementarán, elaborar el diseño, los diagramas unilineales, las predicciones y los cuadros de potencia de la solución a implementar.

**3.5.5.1.** **Dimensionamiento.** Para el dimensionamiento, se necesita conocer el aforo por cada piso. Esta información fue proporcionada por el personal de la Clínica Delgado. Con esta información se procede a elaborar un cuadro de dimensionamiento, tal como se aprecia en la Tabla 9.

*Tabla 9:* Dimensionamiento de la solución a diseñar

| DIMENSIONAMIENTO 3G - PROYECTO INDOOR CLINICA DELGADO | | | |
|---|---|---|---|
| DATOS USADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO | | | |
| 1 sector | se configura con 2 portadoras | | |
| 1 portadora | soporta en promedio 200 usuarios en Idle | | |
| 1 portadora | soporta en promedio 20 usuarios en simultáneo | | |
| 70% | Del Total de Usuarios utilizan servicios de CLARO | | |
| 80% | De los usuarios de Claro tienen móviles 3G | | |
| 25% | De los usuarios 3G hablan en simultáneo | | |
| **DESCRIPCIÓN** | **N° PISOS** | **USUARIO POR PISO** | **TOTAL USUARIOS** |
| **SECTOR 5** | SOTANO 1 | 130 | 450 |
| | SOTANO 2 | 90 | |
| | SOTANO 3 | 90 | |
| | SOTANO 4 | 90 | |
| | SOTANO 5 | 50 | |
| **SECTOR 4** | PISO 1 | 250 | 450 |
| | PISO 2 | 200 | |
| **SECTOR 3** | PISO 3 | 200 | 500 |
| | PISO 4 | 300 | |
| **SECTOR 2** | PISO 5 | 100 | 300 |
| | PISO 6 | 100 | |
| | PISO 7 | 100 | |
| **SECTOR 1** | PISO 8 | 100 | 300 |
| | PISO 9 | 100 | |
| | PISO 10 | 100 | |
| **TOTAL** | **15** | **2000** | **2000** |
| Idle Usuarios | Idle N° Sectores | Simultáneo Usuarios | Simultáneo N° Sectores |
| **1120** | **3** | **280** | **7** |
| **Total Sectores Promedio** | | | |
| **Total Sectores** | **5** | | |
| **BBU** | **1** | | |
| Con 5 sectores proyectados la capacidad máxima | | | |
| Idle Usuarios | Simultaneo Usuarios | | |
| **2000** | **200** | | |

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de usuarios en Idle (1120) se calcula con el aforo total de la clínica (2000) multiplicado por el porcentaje de usuarios que utilizan los servicios del operador Claro (0.7) y multiplicado por el porcentaje de usuarios que tienen un equipo 3G (0.8).

El número de sectores Idle se obtiene al dividir la cantidad de usuarios en Idle (1120) entre la cantidad de usuarios en Idle en un sector (400), el valor obtenido se redondea, de ser necesario, y se obtiene como resultado el valor de 3.

La cantidad de usuarios en simultáneo (280) se obtiene al multiplicar la cantidad de usuarios en Idle (1120) por el porcentaje de usuarios 3G que hablan en simultáneo (0.25).

El número de sectores simultáneos se obtiene al dividir la cantidad de usuarios en simultáneo (280) entre la cantidad de usuarios en simultáneo que soporta un sector (40), el valor obtenido se redondea, de ser necesario, y se tiene como resultado el valor de 7.

La cantidad de sectores que finalmente se va a diseñar e implementar se obtiene al realizar un promedio entre el número de sectores Idle y el número de sectores en simultáneo, con lo cual se obtiene como resultado el valor de 5.

La división de sectores se realiza en función de la cantidad de usuarios en simultáneo que se obtuvo en el cuadro. Teniendo ese valor, se procede a la agrupación de los pisos para un mismo sector. Así los pisos 8, 9 y 10 se agrupan en el sector 1, cuyo aforo total es de 300, un valor muy cercano a los 280 establecido en el cuadro. Bajo ese mismo principio se agrupó los pisos 5, 6 y 7 en el sector 2. Para el caso de los sectores 3 y 4, se agrupó 2 pisos en cada uno de estos sectores; ya que tienen una extensión similar, aunque su aforo total supera el valor de 280 establecido, es necesario agruparlos de esta forma para garantizar el dimensionamiento establecido de 5 sectores en total. Para el caso del sector 5 que corresponde a los sótanos, el objetivo es garantizar cobertura del operador en los sótanos; ya que no se tiene señal celular en estos pisos.

**3.5.5.2.** ***Elaboración del Diseño.*** Con la cantidad de sectores definida en el apartado anterior ya se puede realizar el diseño de nuestro Sistema Distribuido de Antenas. Antes de comenzar con el diseño, se tiene que definir la ubicación de los equipos principales tales como BBU y RRU. Las ubicaciones de estos equipos fueron vistas durante las visitas técnicas. La BBU se ubicará en la azotea de la torre B de la clínica, la cual tiene cuatro pisos. Solo se utilizará una BBU debido a que se calculó cinco sectores como máximo para este proyecto y una BBU soporta hasta seis sectores. La ubicación de las RRU se coordinó en conjunto con personal de mantenimiento de la clínica. Para ello se hizo la consulta sobre un espacio disponible en algún cuarto eléctrico o datacenter en los diferentes pisos. El personal de mantenimiento nos brindó las facilidades para ubicar las RRU en los cuartos eléctricos de cada piso. Como se va a implementar cinco sectores, sólo necesitamos elegir cinco pisos para la ubicación de

las RRU´s. Dos RRU's definen un sector a implementar debido a que una RRU es para 3G y la otra RRU es para 4G.

Con la distribución de pisos obtenida en el dimensionamiento, se decidió ubicar las RRU's del sector 1 en el cuarto eléctrico del piso 9. Las RRU's del sector 2 en el cuarto eléctrico del piso 6. Las RRU's del sector 3 en el cuarto eléctrico del piso 4. Las RRU's del sector 4 en el cuarto eléctrico del piso 1. Las RRU's del sector 5 en el cuarto eléctrico del sótano 2.

Con las ubicaciones definidas de los equipos principales se procede a elaborar el diseño de la solución. Para realizar el diseño de la solución se utiliza el software Ibwave Design versión 6.4.6, el cual permite plantear la solución con los detalles de la distribución de antenas, predicciones de cobertura, relación de señal a ruido que aplica a las diferentes tecnologías UMTS y LTE, además del Link Budget y la lista de materiales.

El primer paso para elaborar el diseño en el software es hacer el modelamiento de cada piso considerando la altura del piso, los diferentes ambientes y los materiales de las estructuras y su grosor. Estos datos fueron recogidos durante la visita técnica con el apoyo del personal de mantenimiento de la clínica. Con los datos precisos se puede realizar un modelamiento más exacto y predicciones más precisas. El resultado de este modelado es una vista del lugar en 3D como se muestra en la Figura 25.

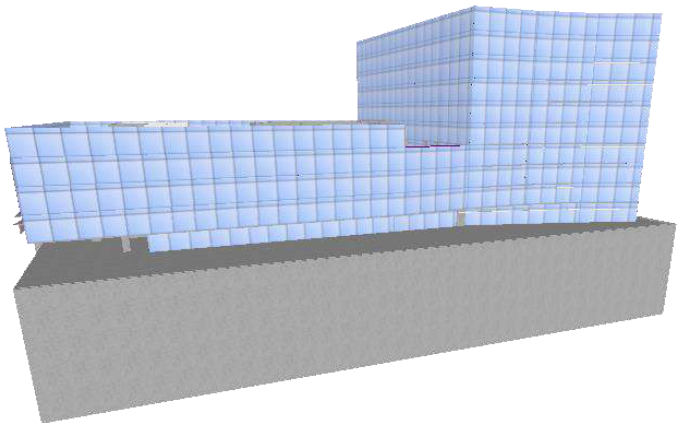


*Fig. 25:* Vista 3D de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el modelamiento de la estructura de la clínica, se procede a trabajar piso por piso con la ubicación de los componentes como splitters, acopladores y

antenas. Se debe tener en cuenta la ubicación de los equipos principales (BBU, RRU) definidas en los puntos 4.1.1 y 4.1.2. Asimismo, se debe tener en cuenta el recorrido que tendrá el cableado para alimentar a las antenas.

Se debe asegurar que la señal proveniente de los sectores a implementar se propague sólo al interior de la clínica y no genere interferencia a las señales de las estaciones base externas y a los usuarios móviles que transiten por las calles aledañas a la clínica; por este motivo, se consideró utilizar antenas paneles altamente directivas apuntando hacia el interior en los extremos del edificio y usar antenas omnidireccionales lo más cerca al centro del edificio para evitar que la señal se propague hacia la calle. También se debe asegurar que se cumplan los objetivos descritos en el punto 3.2; por lo tanto, se debe tener cuidado con la distribución de potencias para poder alcanzar los objetivos propuestos.

Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas en el párrafo anterior, se elabora el diseño de la solución. El proceso de diseño demanda paciencia debido a que el resultado esperado no se obtiene en la primera configuración y/o distribución de los equipos a utilizar.

**3.5.5.3.** ***Diagrama Unifilar.*** Luego de realizar el diseño de cobertura por piso, el programa iBwave Design muestra un diagrama unifilar donde se aprecia el diseño completo, detallando los equipos usados, distancia de cables, etc. En la Figura 26 se observa el diagrama unifilar con todas las antenas a utilizar y la distribución del sector 4 correspondiente al piso 1 y 2. Los demás diagramas unifilares de los sectores 1, 2, 3 y 5 se encuentran en el Anexo 7.4.

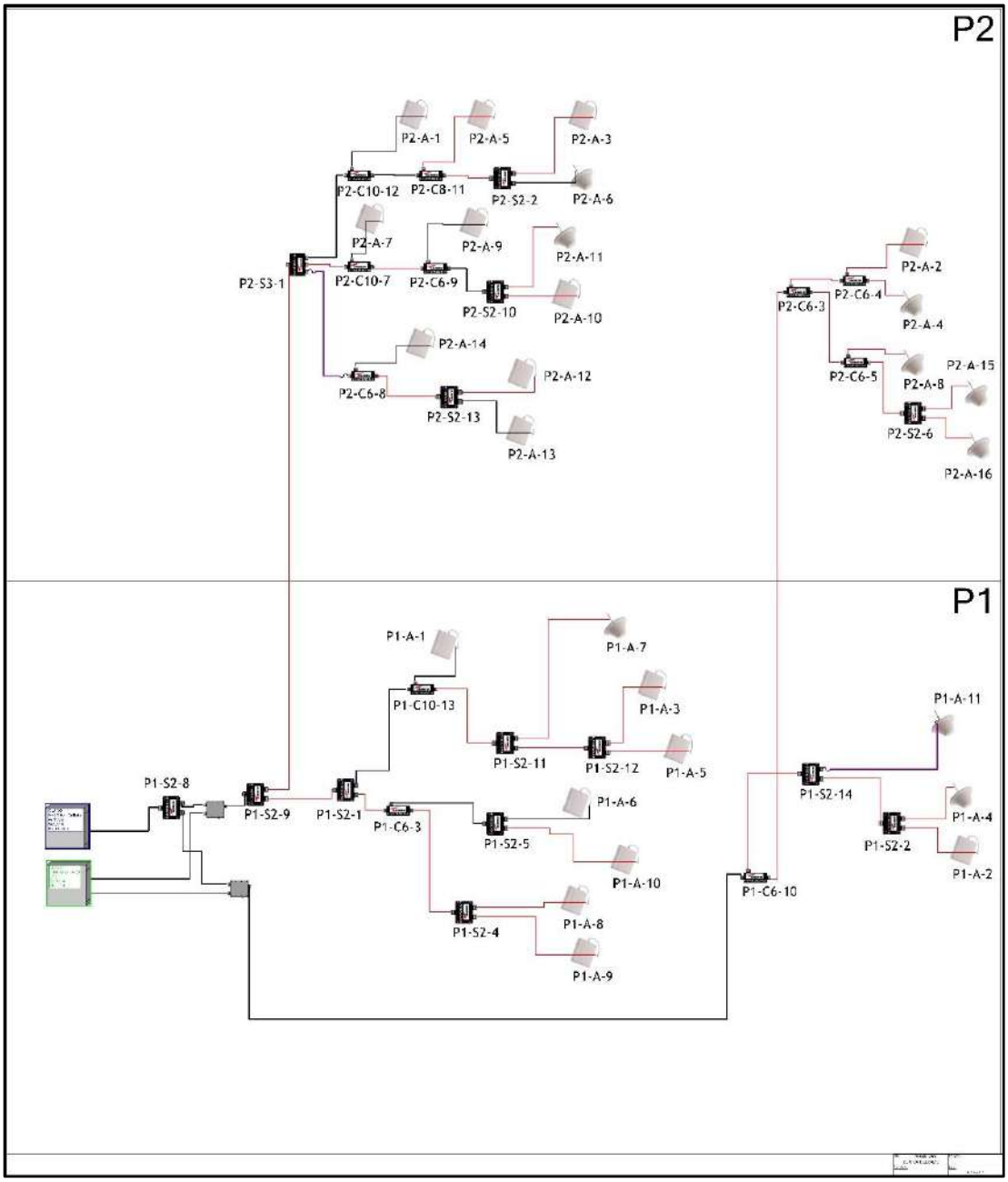



*Fig. 26:* Diagrama Unifilar del Sector 4. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentarán las leyendas de los equipos que aparecen en el diagrama unifilar de arriba. En la Figura 27 se muestra la leyenda para las RRU's utilizadas en el diseño.

| LEYENDA DE EQUIPOS ACTIVOS | |
|---|---|
|  | RRU para Tecnología 3G |
|  | RRU para Tecnología 4G |

*Fig. 27:* Descripción Equipos Activos. Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 28 se muestra la leyenda de los dispositivos pasivos y de los colores de los cables mostrados en los diagramas unifilares.

| LEYENDA DE EQUIPOS PASIVOS | | | |
|---|---|---|---|
|  | Antena Panel |  | Load |
|  | Antena Omnidireccional | | Cable Coaxial Superflexible de 1/2" |
|  | Combinador | | Cable Coaxial Rígido de 1/2" |
|  | Coupler | | Cable Coaxial Rígido de 7/8" |
|  | Splitter | | |

*Fig. 28:* Descripción Equipos Pasivos. Fuente: Elaboración Propia

Ahora se presentará el plano del piso 1 con la distribución de antenas y equipos pasivos de la solución. La Figura 29 muestra el detalle de la ubicación de las antenas y el recorrido de los cables. El resto de pisos con su correspondiente distribución de antenas y equipos pasivos se encuentran en el Anexo 7.5.

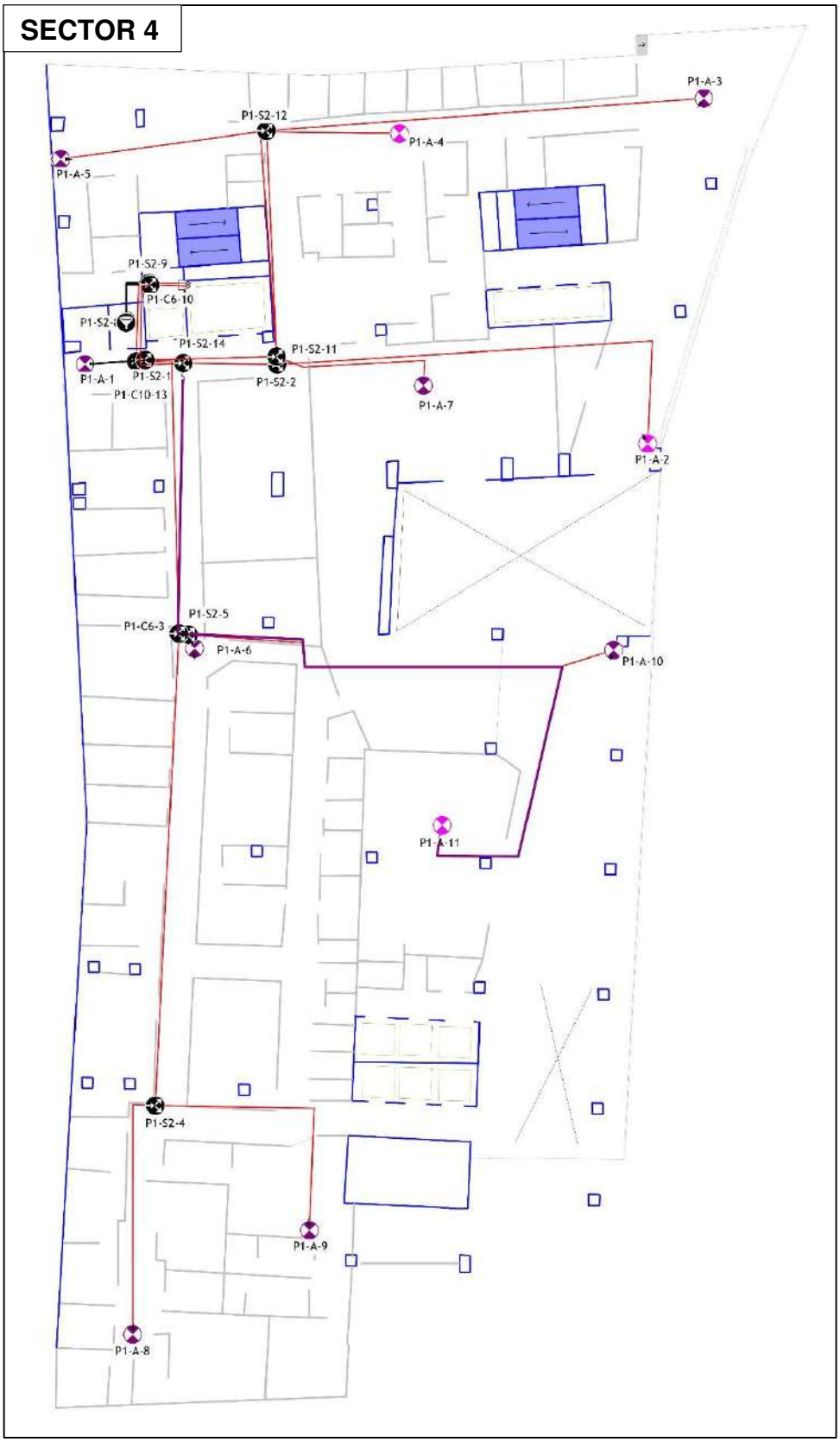



*Fig. 29:* Planimetría del Piso 1. Fuente: Elaboración propia

**3.5.5.4.** ***Predicciones de Cobertura.*** Una vez terminada la configuración de la solución se realiza las predicciones de cobertura para verificar si la solución cumple con los objetivos establecidos en el apartado 3.2.2.

En el diseño se realizó un balance de potencia para cada antena para facilitar, en un futuro, alguna gestión de potencias y las antenas mantengan su uniformidad.

- Las RRU's 4G pertenecientes a todos los sectores están configuradas a 38 dBm.
- Las RRU's 3G pertenecientes a todos los sectores están configuradas a 38 dBm.

Al igual que con los resultados de las mediciones de cobertura en el apartado 3.5.1, se mostrará únicamente las predicciones del piso 1, tanto para 3G como para 4G, y el resto de los pisos se adjuntarán en el Anexo de Predicciones.

En la Figura 30 se muestra la predicción de RSCP (nivel de potencia en 3G) para el piso 1 obtenida en el software Ibwave Design.

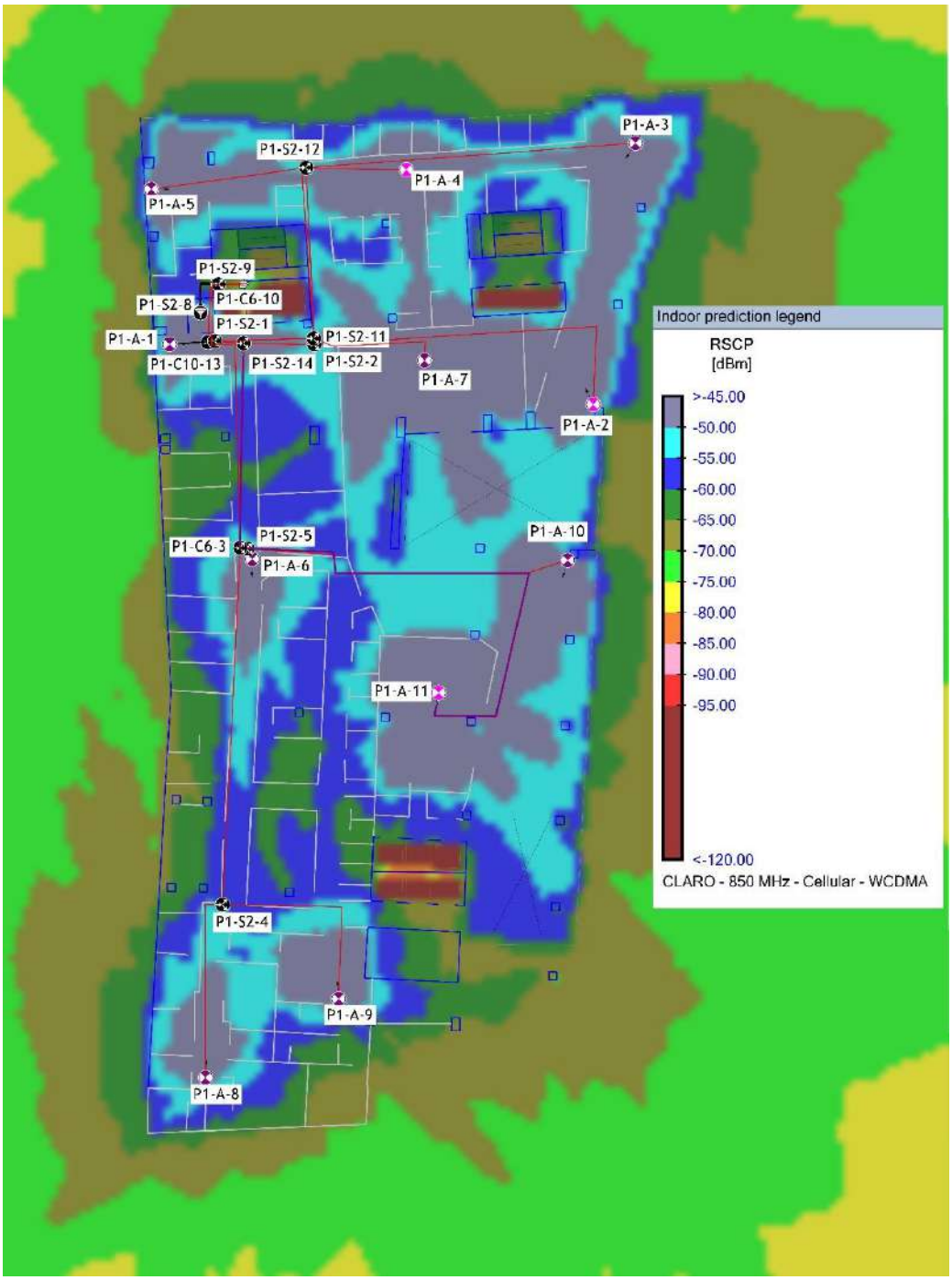



*Fig. 30:* Predicción de RSCP en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

En la figura 31 se muestra la predicción de RSRP (nivel de potencia en 4G) para el piso 1 obtenida en el software Ibwave Design.

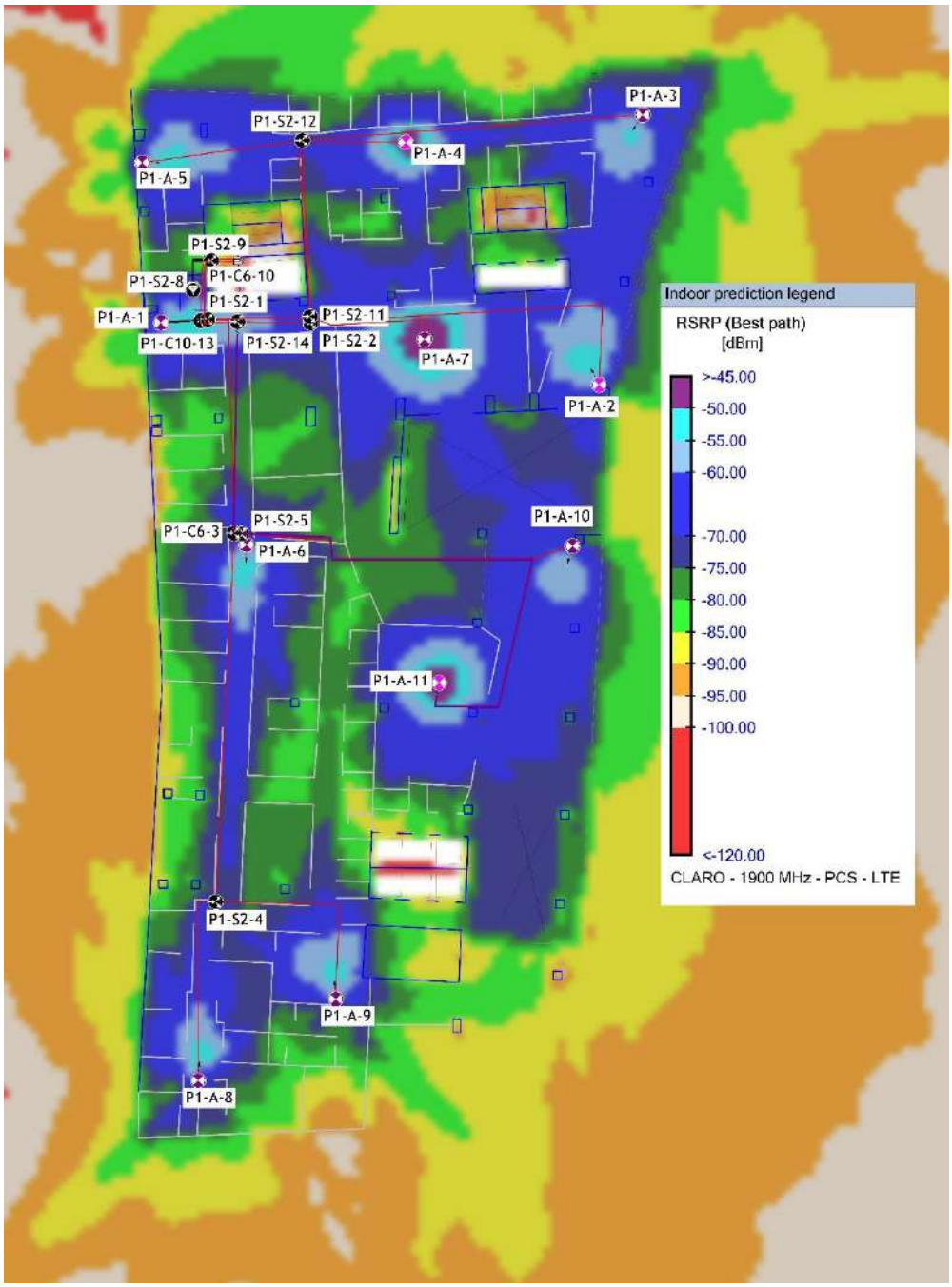



*Fig. 31:* Predicción de RSRP en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

En las predicciones mostradas se aprecia que los niveles de cobertura mejoran de forma considerable con la distribución de antenas planteada en el diseño, tanto para 3G como para 4G. Esta solución cumple lo solicitado por el operador en el apartado 3.5.2; ya que los niveles de RSCP en la Figura 30 están por encima de -75 dBm en más del 95% del área de cobertura de cada piso. De la misma forma, los niveles de RSRP en la Figura 31 están por encima de -85 dBm en más del 95% del área de cobertura de cada piso.

**3.5.5.5. Cuadros de Potencia.** Un punto clave a tener en cuenta para verificar el diseño realizado es el denominado Link Budget o Cálculo de Potencias en donde se calcula todas las ganancias y pérdidas de la red para determinar la potencia real que irradia cada antena dentro del sistema. En este caso el programa Ibwave Design simplifica esta tarea puesto que genera automáticamente el cálculo de potencia lo cual permite conocer la potencia en cada punto del diseño.

En el Anexo 7.7 se muestran las tablas con el Link Budget correspondiente para cada tecnología a implementar (3G y 4G).

**3.5.5.6. *Lista de Materiales.*** Una vez concluida la fase de diseño, se envía el archivo de diseño, las planimetrías y los unifilares al analista de Planificación del operador para que valide la solución planteada para la mejora de cobertura dentro de la Clínica Delgado. Cuando se tiene la aprobación por parte del operador, ya se puede iniciar la implementación de la solución. Para esto, se necesita la lista de materiales a utilizar. Esta lista de materiales se obtiene del programa Ibwave Design que nos facilita esta labor y nos brinda la lista de los materiales y las cantidades a utilizar para la implementación. Al momento de obtener la lista de materiales en el software Ibwave Design debemos considerar un margen de 10% al metraje de cable indicado en el diseño. Esta consideración se basa en la experiencia de proyectos similares; ya que permite solucionar las dificultades que se puedan presentar durante la implementación como obstáculos en el tendido de los cables, lugares en los que no se pueda pasar el cable fácilmente, lo cual genera tramos de cable más largos de lo proyectado.

Esta lista no está completa puesto que no contempla los materiales adicionales como tubos de PVC, tubos corrugados, cajas de paso que se utilizarán en la implementación de la solución.

En la Tabla 10 se muestra la lista de materiales que se necesita para la instalación de la solución planteada.

*Tabla 10:* Lista de Materiales a utilizar

**Equipment List Report**

**Project name:** CLÍNICA DELGADO **Design company:**
**Project creation date:** **Designer:**

| Type | Manufacturer | Model | Description | Qty |
|---|---|---|---|---|
| Antenna | CommScope | CELLMAX-D-CPUSEi | Cell-Max - Directional Inbuilding Antenna - 698–960 MHz / 1710–2700 MHz - N-Female | 71 |
| Antenna | CommScope | CELLMAX-O-CPUSEi | Cell-Max Omnidirectional In-Building Antenna System - 698–960 MHz and 1710–2700 MHz - N-Female | 71 |
| Attenuator | CommScope | T-25-NM | 25 W Coaxial Load - Termination - DC-3000 MHz - N Male | 2 |
| Cable | ANDREW | SFX-500 | HELIAX ® superflexible coaxial cable, smoothwall aluminum. 1/2 in, black PE jacket | 332.77 m |
| Cable | CommScope | FXL-540 | HELIAX® Flexible Coaxial Cable, smoothwall aluminum, 1/2 in, black PE jacket | 4450.69 m |
| Cable | CommScope | F4-PNMNM-1M | Jumper Cable - 1m - FSJ4-50B N-Male / N Male | 18 |
| Cable | CommScope | FXL-780 | HELIAX® Flexible Coaxial Cable, smoothwall aluminum, 7/8 in, black PE jacket | 603.56 m |
| Connector | Andrew | SFX-ADM | Type DIN Male a Series for 1/2 in SFX-500 cable | 41 |
| Connector | Andrew | SFX-ANM | Type N Male a Series for 1/2 in SFX-500 | 57 |
| Connector | ANDREW | 540EZNMV2 | Type N Male for 1/2 in FXL-540 cable | 390 |
| Connector | Andrew | SFXEZNM | Type N Male a Series for 1/2 in SFX-500 | 78 |
| Connector | ANDREW | 78EZNF | Type N Female for 7/8 in FXL-780 cable | 18 |
| Splitter | CommScope | CHB726-01 | Hybrid Combiner 698-2700 MHz | 9 |
| Splitter | CommScope | C-8-CPUSE-N-A | Directional Coupler / Unequal Splitter (1.1 dB / 8 dB) - 698-2700 MHz - N Connectors | 7 |
| Splitter | CommScope | C-10-CPUSE-N | 10 dB - Directional Coupler - 698-2700 MHz - N Connectors | 24 |
| Splitter | CommScope | S-2-CPUSE-L-N | Multi-Band, 2-way Low Power Splitter - 698-2700 MHz - N Connectors | 49 |
| Splitter | CommScope | C-6-CPUSE-N-A | Directional Coupler / Unequal Splitter (1.5 dB / 6 dB) - 698-2700 MHz - N Connectors | 21 |
| Splitter | CommScope | S-3-CPUSE-L-N | Multi-Band, 3-way Low Power Splitter - 698-2700 MHz - N Connector | 5 |
| Splitter | CommScope | C-6-CPUSE-N-A | 6 dB, Air Directional Coupler, 698–2700 MHz - N Connectors | 10 |
| Splitter | CommScope | C-10-CPUSE-N | 10 dB - Directional Coupler - 698-2700 MHz - N Connectors | 3 |
| Splitter | CommScope | C-6-CPUSE-N | 6 dB, Directional Coupler, 698–2700 MHz - N Connectors | 5 |
| Splitter | CommScope | C-15-CPUSE-N-A | Directional Coupler / Unequal Splitter (0.4 dB / 15 dB) - 698-2700 MHz - N Connector | 1 |
| Splitter | CommScope | C-8-CPUSE-N | 8 dB, Directional Coupler, 698–2700 MHz - N Connectors | 1 |
| Splitter | CommScope | S-4-CPUSE-L-N | Multiband, 4-Way Low Power Splitter - 698-2700 MHz - N Connector | 1 |
| Splitter | CommScope | C-8-CPUSE-N-A | 8 dB, Air Directional Coupler, 698–2700 MHz - N Connectors | 5 |

Fuente: Elaboración propia

**3.5.5.7. Fase de Implementación.** Después de la aprobación del diseño por parte del operador y tener la lista de los materiales a utilizar, comienza la etapa de implementación de la solución.

Para esta fase se debe tener en consideración los materiales de las paredes y la posibilidad de utilizar las bandejas de comunicaciones para realizar el tendido del cable coaxial, las cuales se ubican por encima del falso techo. Esto fue coordinado con el personal de mantenimiento de la clínica, quienes accedieron a la solicitud para utilizar las bandejas de comunicaciones de los diferentes pisos para realizar el tendido del cable coaxial. Además, indicaron que cuando el cableado vaya fuera de la bandeja, este se debe proteger con tubo corrugado. Por esta razón se utilizó tubo corrugado de una pulgada (1’’), esto principalmente para la conexión del cable con las antenas, las cuales fueron visibles casi en su totalidad. Sólo unas pocas antenas fueron colocadas por encima del falso techo, especialmente algunas antenas paneles ubicadas cerca a la entrada de la Clínica en el piso 1.

En el caso de las antenas ubicadas en los estacionamientos (sótanos del 2 al 5) se utilizó tubo metálico galvanizado de una pulgada (1’’) para realizar el tendido del cable y también se utilizó tubo corrugado para proteger el tramo final hacia las antenas.

## 3.6. Resultado de la Actividad

En este apartado se presentarán los resultados obtenidos al interior de la Clínica Delgado luego de la implementación y puesta en servicio de la solución propuesta. El objetivo ahora es conocer la situación actual sobre la cobertura celular al interior de la Clínica Delgado y hacer una comparación entre la situación inicial (antes de la implementación) y la situación actual (luego de la implementación) para verificar que se cumpla con los requisitos que el operador solicita.

### 3.6.1. Ejecución de las Pruebas

Las pruebas a realizar después de la implementación y puesta en servicio corresponden a la medición de la señal celular en todos los pisos de la Clínica Delgado, estas mediciones se conocen como Walk Test, y verificar que no haya afectación hacia la

señal de las estaciones base cercana en los alrededores de la clínica, lo que se conoce como Drive Test.

Para la realización de las pruebas de Walk Test se realizará de forma similar a las pruebas realizadas para conocer los niveles de cobertura al inicio detallados en el apartado 3.5.1. Es decir, utilizamos el equipo Nemo Handy para realizar diferentes pruebas tanto en la tecnología 3G como en la tecnología 4G. Esto se logra forzando el equipo Nemo Handy a cada una de las bandas implementadas, para 3G se implementó la banda de 850 MHz y para 4G se implementó la banda de 1900 MHz.

Para la tecnología 3G se debe realizar cuatro pruebas diferentes para obtener información acerca de los parámetros de la red. La primera prueba a realizar es una llamada larga, la cual no tiene una duración establecida y de esta prueba se obtiene los valores de RSCP, Ec/N0, Scrambling Code y Tx Power. La segunda prueba a realizar es una sucesión de llamadas cortas, las cuales tienen una duración de treinta segundos y un intervalo de cinco segundos entre cada llamada, esto con el objetivo de analizar la accesibilidad a la red. La tercera prueba a realizar es una descarga de un archivo, para esto se crea un script (una secuencia de comandos) donde se configura la conexión a un servidor FTP y se descarga un archivo de 1 GB con un intervalo de tiempo de tres segundos entre cada descarga. La cuarta y última prueba es subir un archivo, para esto se crea un script (una secuencia de comandos) donde se configura la conexión a un servidor FTP y se carga un archivo de 1 GB con un intervalo de tiempo de tres segundos entre cada subida.

Para la tecnología 4G también se debe realizar cuatro pruebas diferentes para obtener información acerca de los parámetros de la red. La primera prueba a realizar es una medición en Idle (modo espera) para obtener los valores de RSRP, SNIR y PCI. La segunda prueba a realizar es una descarga de un archivo, para esto se crea un script (una secuencia de comandos) donde se configura la conexión a un servidor FTP y se descarga un archivo de 1 GB con un intervalo de tiempo de tres segundos entre cada descarga. La tercera prueba es subir un archivo, para esto se crea un script (una secuencia de comandos) donde se configura la conexión a un servidor FTP y se carga un archivo de 1 GB con un intervalo de tiempo de tres segundos entre cada subida. La cuarta y última prueba a realizar es una sucesión de llamadas cortas con el equipo liberado (sin forzar a ninguna banda en específico), las cuales tiene una duración de treinta segundos y un intervalo de cinco segundos entre cada llamada, esto con el objetivo de analizar el tiempo que demora el teléfono en “caer” de la tecnología 4G a

la tecnología 3G al inicio de la llamada y el tiempo que demora en "subir" de la tecnología 3G a la tecnología 4G al finalizar la llamada.

Para la ejecución de la prueba de Drive Test se utilizó un scanner de la marca Keysight modelo FSR1 el cual se conectó a una laptop a través de un cable de red. En la laptop se sincronizó el scanner a través del software Nemo Outdoor, propiedad de la empresa Keysight, y se realizó la configuración de las bandas a medir. La prueba de Drive Test consistió en realizar un recorrido previamente validado por el operador con la finalidad de demostrar que la señal celular implementada al interior de la Clínica Delgado no cause interferencia a las señales celulares de las estaciones base que se encuentran en los alrededores de la clínica.

### 3.6.2. Resultados de las Pruebas

Con los datos obtenidos producto de las pruebas ejecutadas para las tecnologías 3G y 4G se procede a presentar los resultados comparándolos con los valores esperados y definidos en el apartado 3.5.1, los que llamaremos en adelante KPI, el cual es el acrónimo de Key Performance Indicator. Estos indicadores serán los que evaluarán la red implementada y nos indicarán si esta cumple o no las expectativas.

**3.6.2.1.** ***KPIs Considerados.*** Los KPIs considerados en este proyecto se muestran en la Tabla 11.

*Tabla 11:* KPIs considerados

| Tecnología | KPI | Método | Valor objetivo | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Umbral | Muestras |
| 3G | RSCP Indoor | WT | >= -75 dBm | >= 95% |
| | RSCP Outdoor | DT | >= -85 dBm | <= 1% |
| | Ec/No | WT | >= -6 dB | >= 95% |
| | Best Server | WT | - | >= 97% |
| | CQI | WT | >= 25 | >= 95% |
| | UE TX Power | WT | <= -25 dBm | >= 95% |
| | HSDPA Throughput | WT | >= 1.5 Mbps | >= 95% |
| | HSUPA Throughput | WT | >= 700 kbps | >= 95% |
| 4G | RSRP Indoor | WT | >= -85 dBm | >= 95% |
| | RSRP Outdoor | DT | >= -95 dBm | <= 1% |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | SNR | WT | >= 20 dB | >= 95% |
| | Physical Cell Identity | WT | - | >= 97% |
| | Throughput Downlink | WT | >= 15 Mbps | >= 95% |
| | Throughput Uplink | WT | >= 10 Mbps | >= 95% |

Fuente: Elaboración propia

Estos parámetros ya fueron definidos en el apartado 2.4.3 y son los que definen si la solución planteada cumplirá con garantizar un óptimo servicio tanto en llamadas como en transferencia de datos.

**3.6.2.2.** ***Resultados de las Mediciones Realizadas.*** En esta sección se mostrarán los resultados de las mediciones obtenidas después de la implementación de la solución. Se considerará colocar sólo los resultados de las mediciones realizadas en el piso 1 debido a que colocar la totalidad de los resultados sería muy extenso, las mediciones completas se adjuntan en el Anexo de Mediciones Finales. Se mostrará los resultados de todos los parámetros medidos y se analizarán más adelante.

**a) Mediciones 3G**

Se presentan los resultados de las mediciones en la tecnología 3G realizadas en el piso 1.

En la Figura 32 se aprecia que en este piso los niveles de RSCP que se encontraron por encima de los -75 dBm corresponden a 416 muestras del recorrido realizado. Por lo tanto, en este piso el KPI se cumple a un 96.97%.

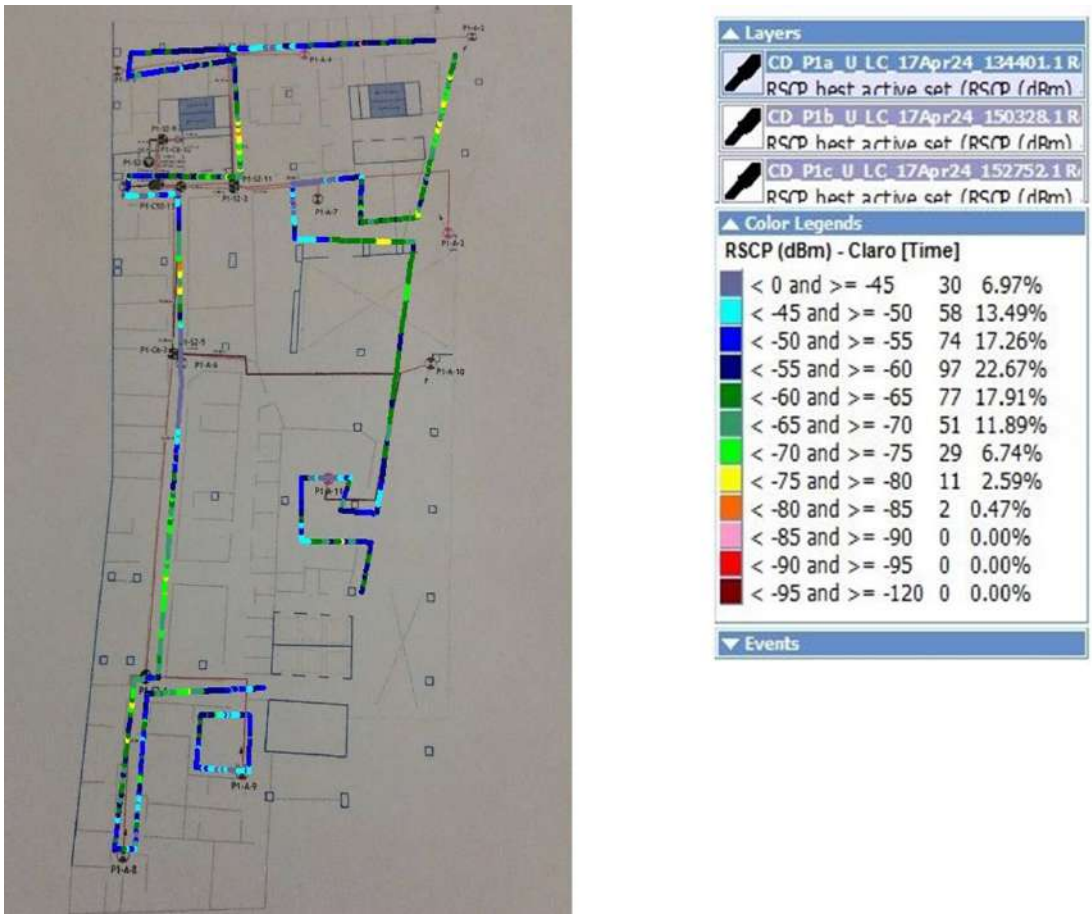



*Fig. 32:* Nivel Final de RSCP en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 33 se aprecia que en el piso 1 los niveles de Ec/N0 que se encontraron por encima de los -6 dB corresponden a 417 muestras del recorrido realizado. Por lo tanto, en este piso el KPI se cumple a un 95.81%.

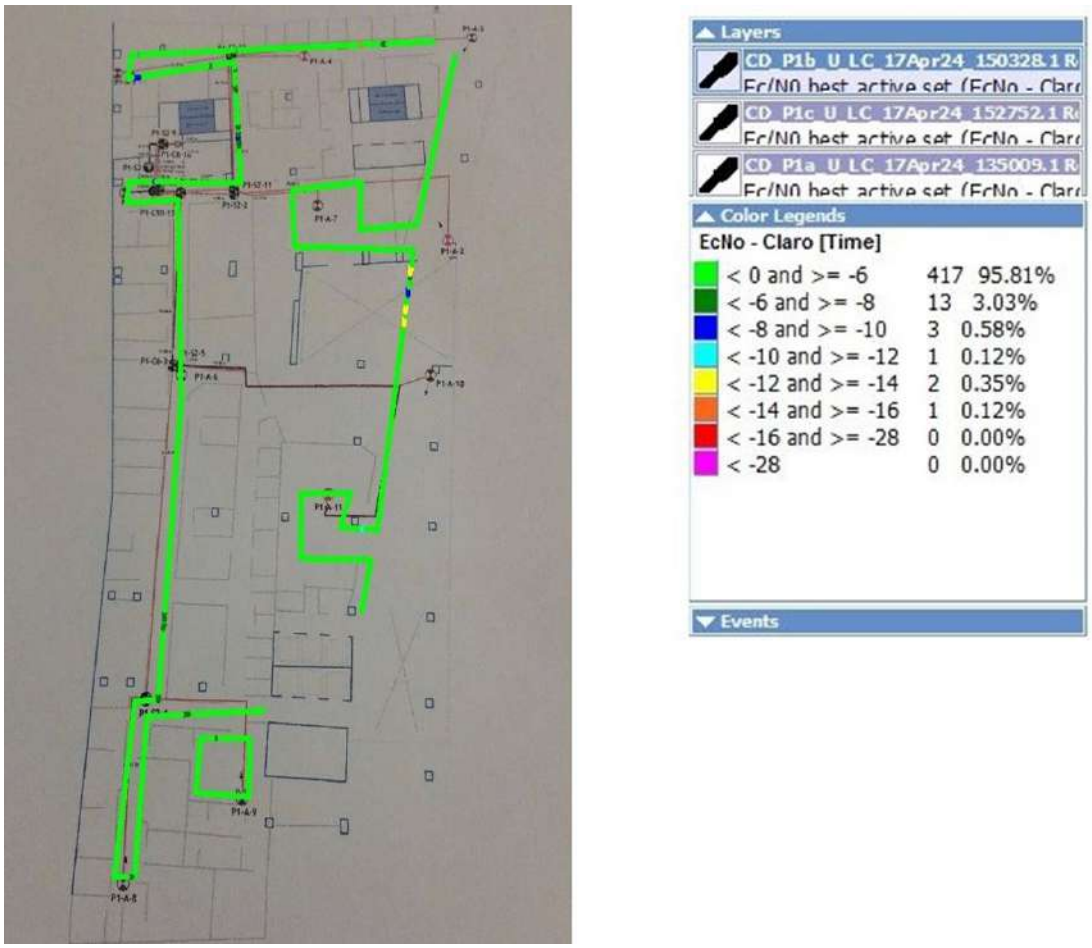



*Fig. 33:* Nivel Final de Ec/N0 en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 34 se puede apreciar que en este piso el único Scrambling Code dominante es el que corresponde a la red desplegada. Por lo tanto, en este piso el KPI se cumplió en un 100%.

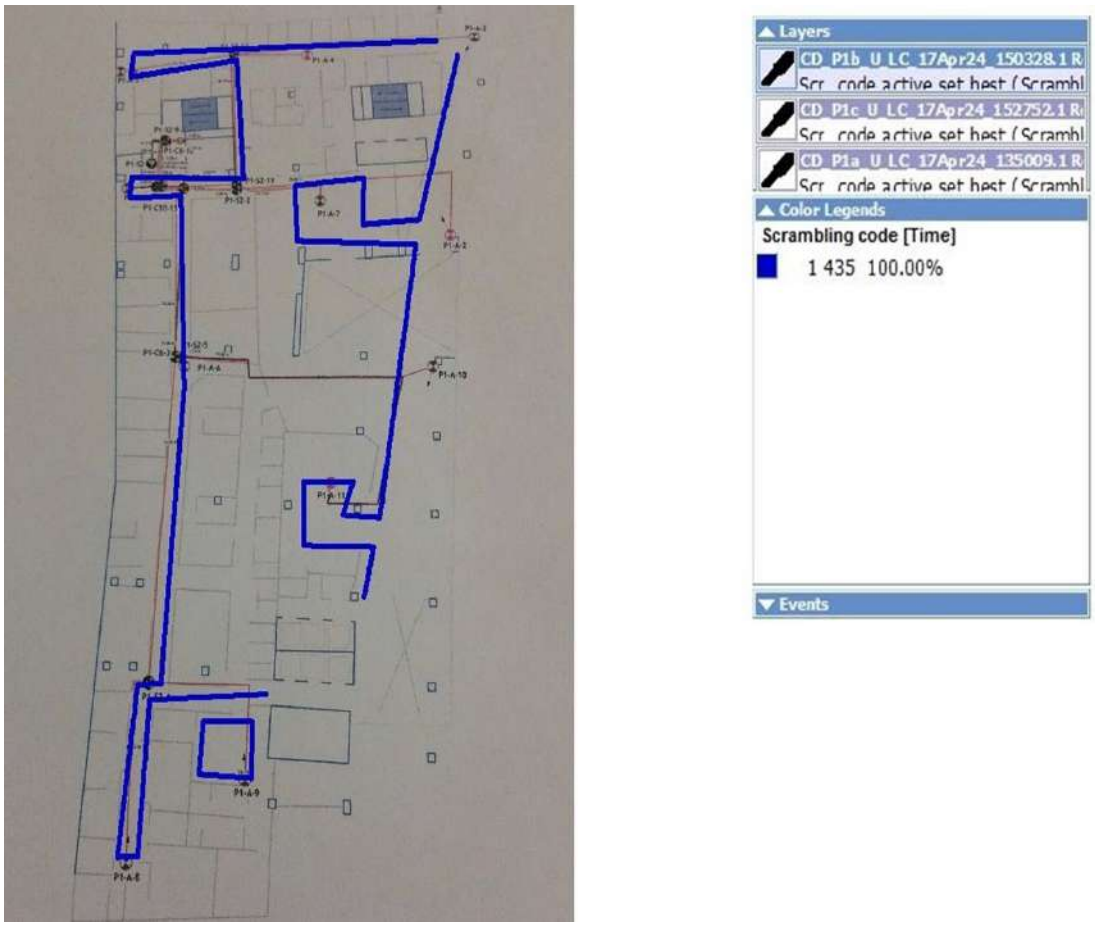



*Fig. 34:* Scrambling Code en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 35 se puede apreciar que en este piso los niveles de Tx Power estuvieron por debajo de -25 dBm en 404 muestras. Por lo tanto, en este piso el KPI se cumplió en un 95%.

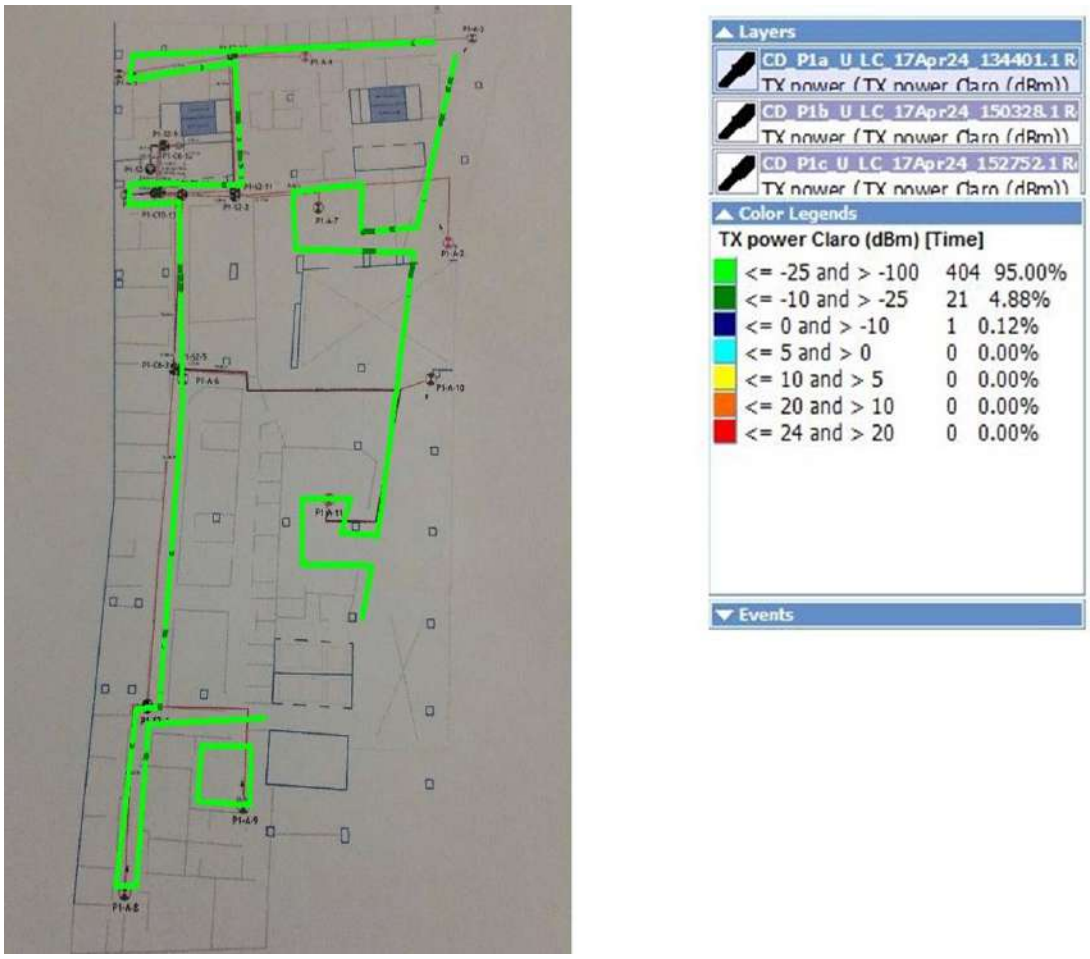



*Fig. 35:* Tx Power en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 36 se puede apreciar que en este piso los niveles de CQI estuvieron en todo momento por encima de 25. Por lo tanto, en este piso el KPI se cumplió en un 100%.

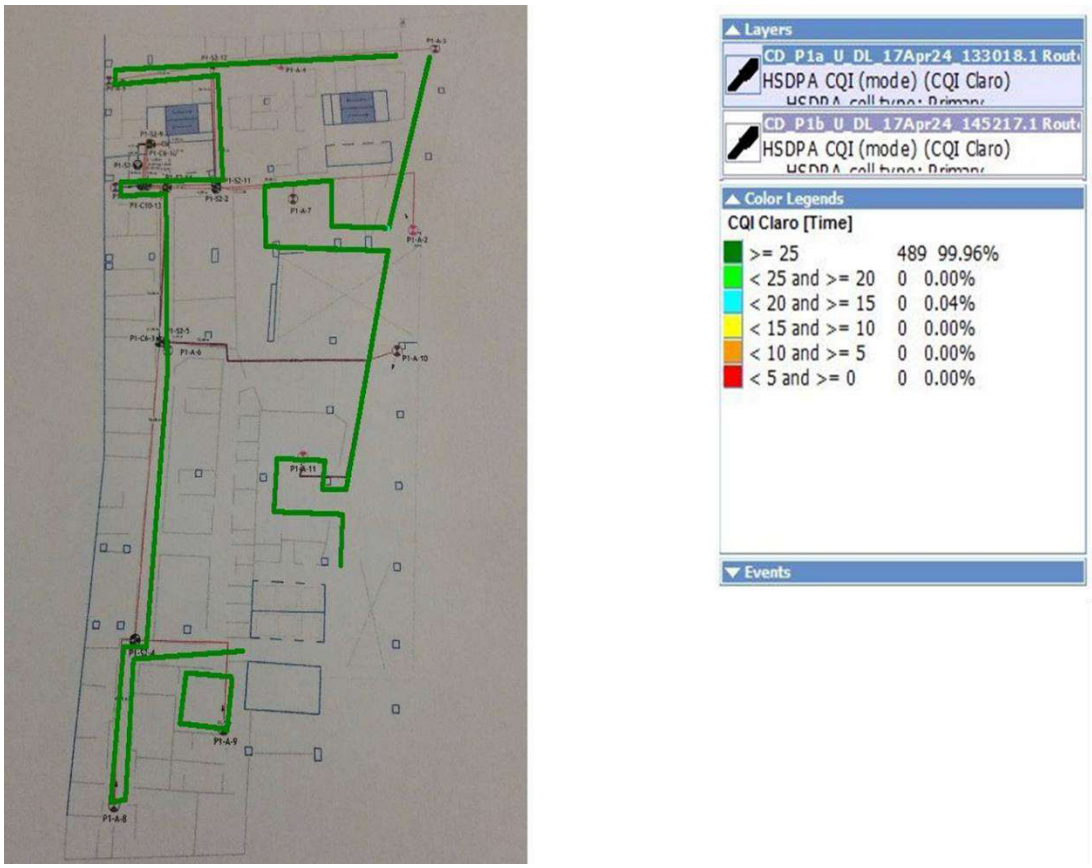



*Fig. 36:* CQI en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 37 se puede apreciar que en este piso los niveles de Throughput DL estuvieron por encima de 1500 kbps en la totalidad del recorrido realizado. Por lo tanto, en este piso el KPI se cumplió al 100%.

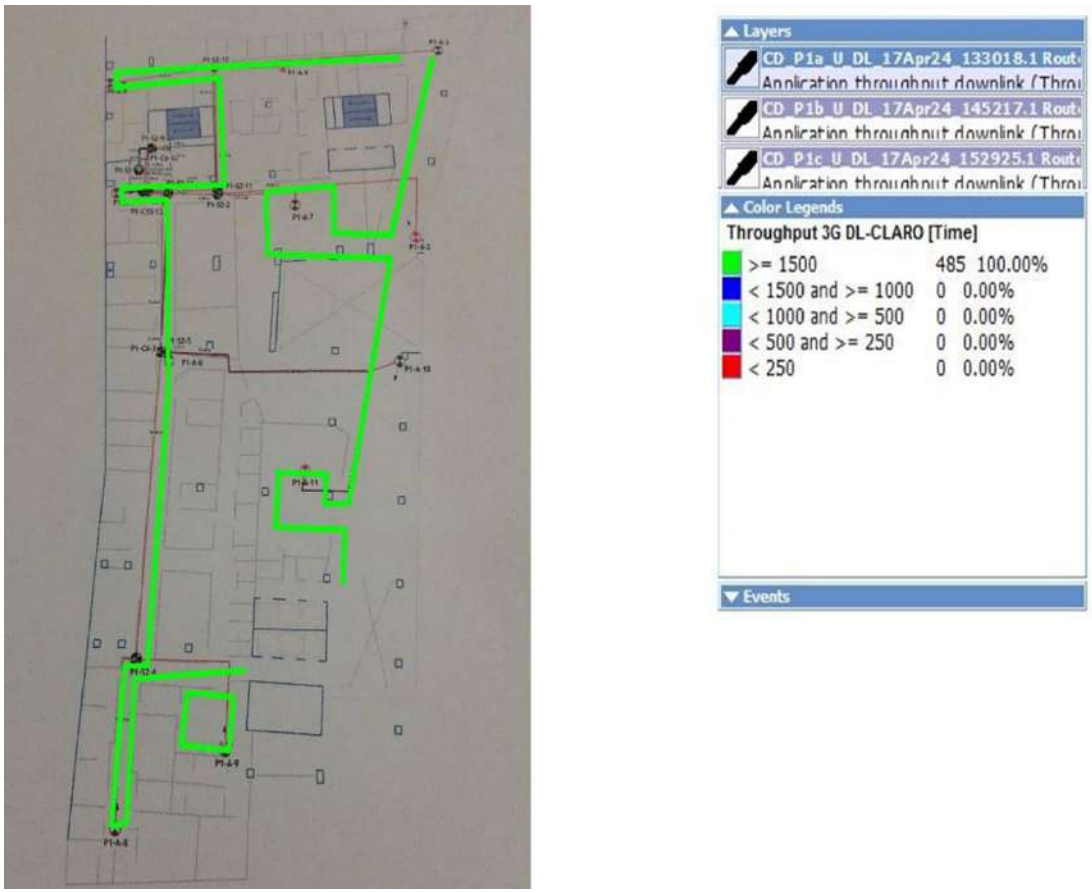



*Fig. 37:* Throughput DL 3G en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 38 se puede apreciar que en este piso los niveles de Throughput UL estuvieron por encima de 700 kbps en 476 muestras del total del recorrido realizado. Por lo tanto, en este piso el KPI se cumplió al 98.06%.

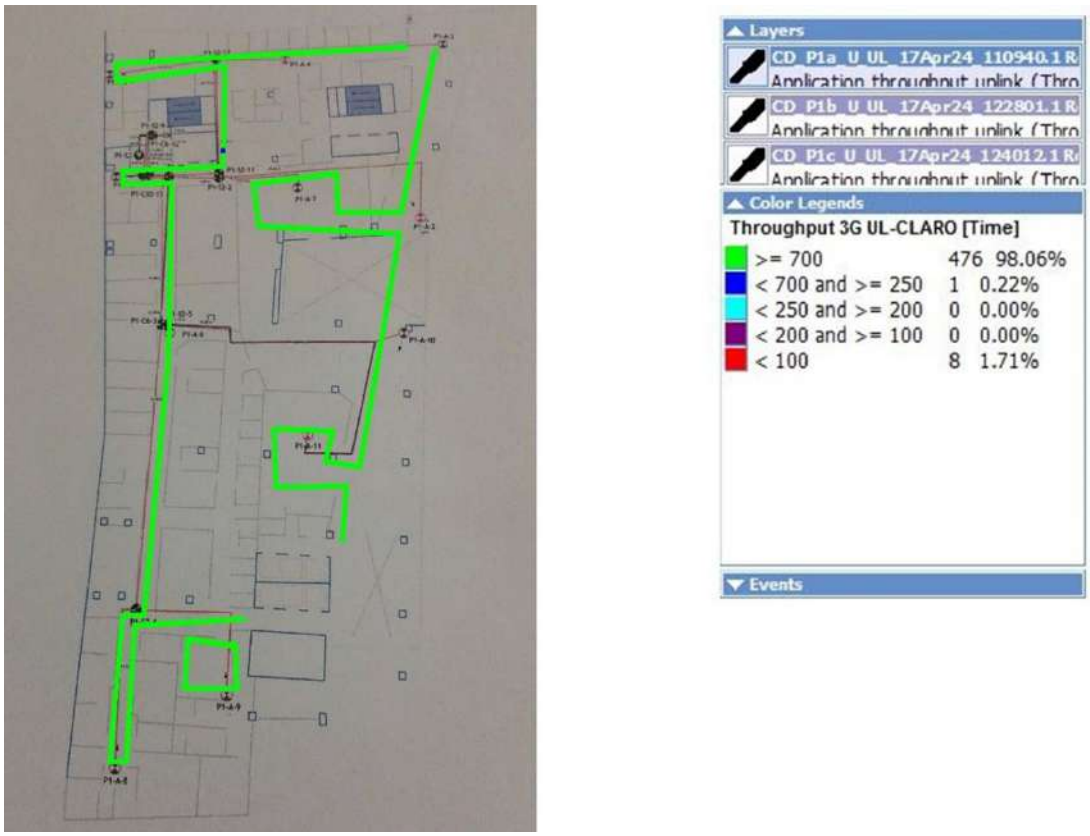



*Fig. 38:* Throughput UL 3G en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

**b) Mediciones 4G**

Se presentan los resultados de las mediciones en la tecnología 4G realizadas en el piso 1.

En la Figura 39 se aprecia que en este piso los niveles de RSRP que se encontraron por encima de los -85 dBm corresponden a 370 muestras del recorrido realizado. Por lo tanto, en este piso el KPI se cumple a un 99.46%.




*Fig. 39:* Nivel Final de RSRP en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 40 se aprecia que en este piso los niveles de SNIR que se encontraron por encima de los 20 dB corresponden a 384 muestras del recorrido realizado. Por lo tanto, en este piso el KPI se cumple a un 98.71%.

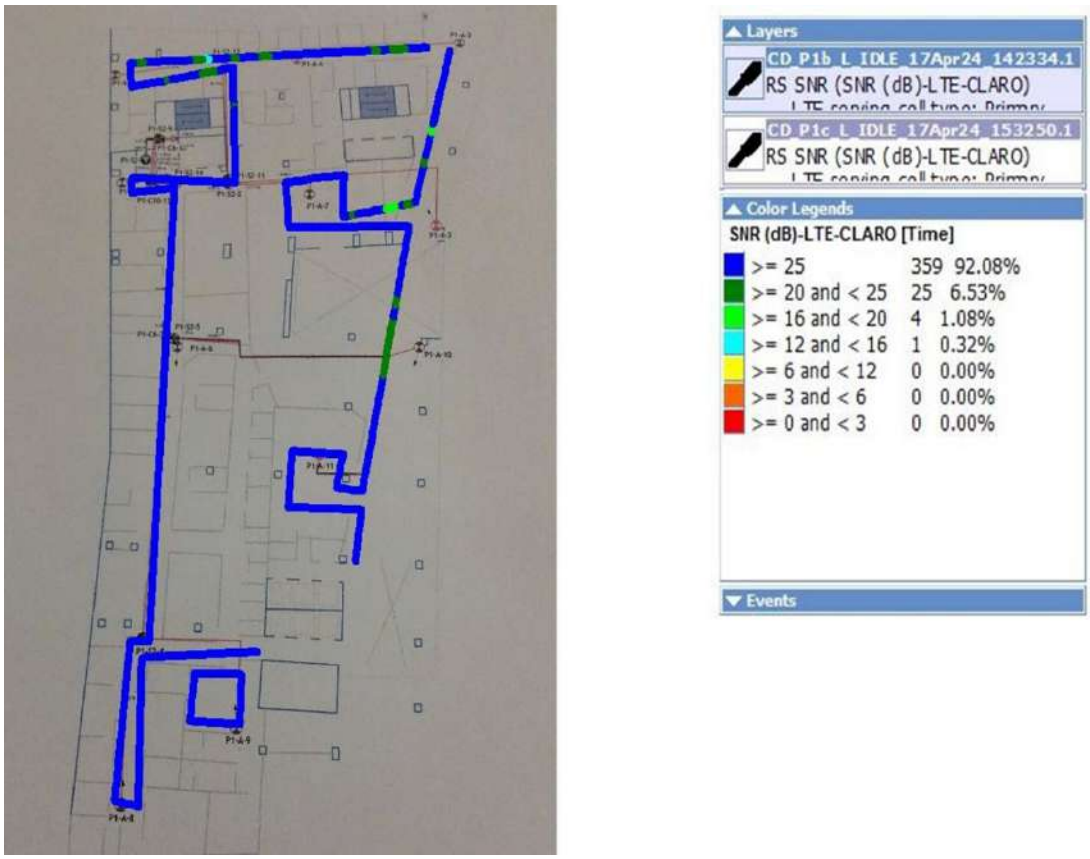



*Fig. 40:* Nivel Final de SNIR en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 41 se puede apreciar que en este piso el único PCI dominante es el que corresponde a la red desplegada. Por lo tanto, en este piso el KPI se cumplió en un 100%.

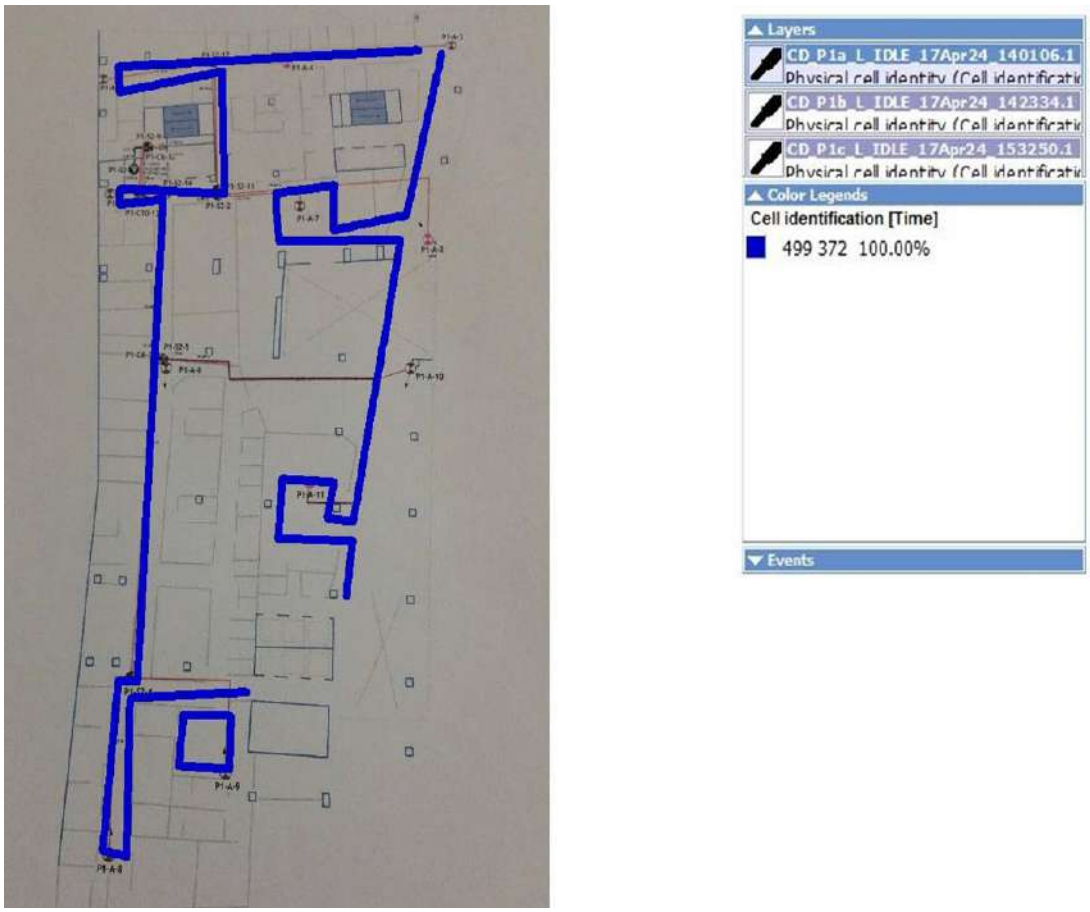



*Fig. 41:* PCI en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 42 se puede apreciar que en este piso los niveles de Throughput DL estuvieron por encima de 15 Mbps en 495 muestras del recorrido realizado. Por lo tanto, en este piso el KPI se cumplió al 95.74%.




*Fig. 42:* Throughput DL 4G en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 43 se puede apreciar que en el piso 1 los niveles de Throughput UL estuvieron por encima de 10 Mbps en 473 muestras del total del recorrido realizado. Por lo tanto, en este piso el KPI se cumplió al 96.93%.

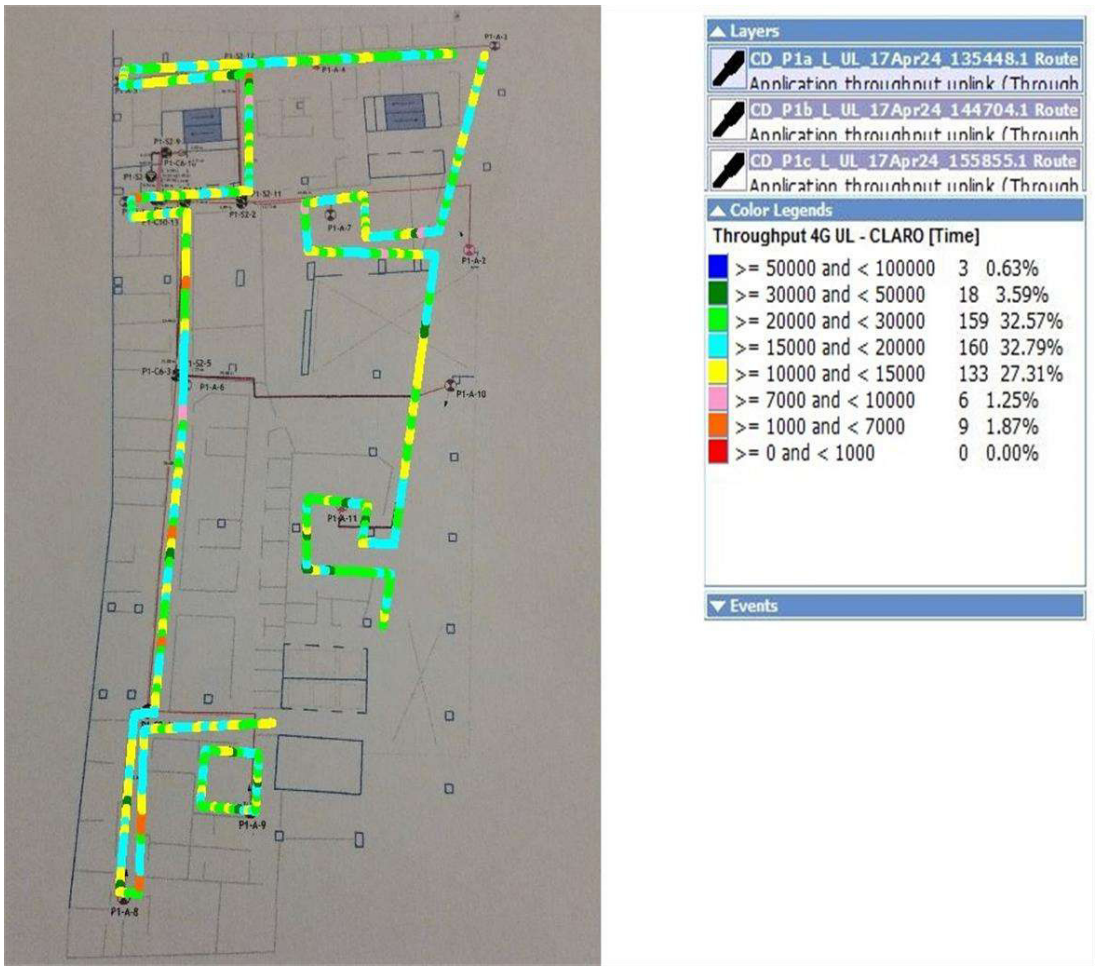



*Fig. 43:* Throughput UL 4G en el Piso 1. Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO IV
# CONCLUSIONES

## 4.1. Justificación

### 4.1.1. Análisis Cuantitativo de los Resultados

Luego de realizar el procesamiento de las mediciones y tener los resultados de cada parámetro por cada piso se hace un promedio de todas las muestras y ese valor promedio de cada KPI se compara con el valor mínimo requerido por el operador, el cual está detallado en la Tabla 12, para conocer si la red implementada al interior de la Clínica Delgado cumple satisfactoriamente el objetivo de mejorar los niveles de cobertura celular y brindar un servicio óptimo para los usuarios.

A continuación, se presenta el resumen cuantitativo de los resultados obtenidos luego de las mediciones realizadas donde se indica si se cumplieron los KPI's. En la Tabla 12 se puede observar que los KPI's son cumplidos en su totalidad. Por lo tanto, se puede decir que el resultado de la solución implementada es satisfactorio.

*Tabla 12:* Resumen Cuantitativo

| Tecnología | KPI | Método | Valor objetivo | | Resultado | Logra KPI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Umbral | Muestras | | |
| Optimization Target 3G | RSCP Indoor | WT | >= -75 dBm | >= 95% | 98.71% | OK |
| | RSCP Outdoor | DT | >= -85 dBm | <= 1% | 0.00% | OK |
| | Ec/No | WT | >= - 6 dB | >= 95% | 98.09% | OK |
| | Best Server | WT | - | >= 97% | 99.87% | OK |
| | CQI | WT | >= 25 | >= 95% | 100.00% | OK |
| | UE TX Power | WT | <= -25 dBm | >= 95% | 98.06% | OK |
| | HSDPA Throughput | WT | >= 1.5 Mbps | >= 95% | 99.68% | OK |
| | HSUPA Throughput | WT | >= 700 kbps | >= 95% | 98.10% | OK |
| | Voice Call Setup Success Rate (MO) | WT | - | >= 99% | 100.00% | OK |
| Optimization Target 4G | RSRP Indoor | WT | >= -85 dBm | >= 95% | 95.99% | OK |
| | RSRP Outdoor | DT | >= -95 dBm | <= 1% | 0.00% | OK |
| | SNR | WT | >= 20 dB | >= 95% | 99.39% | OK |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Physical Cell Identity | WT | - | >= 97% | 100.00% | OK |
| | Downlink 4G | WT | >= 15 Mbps | >= 95% | 98.14% | OK |
| | Uplink 4G | WT | >= 10 Mbps | >= 95% | 97.60% | OK |

Fuente: Elaboración propia

### 4.1.2. Comparación de Resultados Iniciales y Finales

Se puede hacer un comparativo entre los resultados obtenidos en las mediciones de la situación inicial (antes de la implementación) frente a los resultados obtenidos en las mediciones de la situación actual (después de la implementación) para determinar la mejora de los parámetros de cobertura como niveles de potencia y niveles de interferencia, tanto en 3G como en 4G. En la Tabla 13 se muestra la comparación entre los niveles de potencia e interferencia antes y después de la implementación de la solución para las tecnologías 3G y 4G.

*Tabla 13:* Comparación Cuantitativa de KPI´s

| Tecnología | KPI | Método | Valor objetivo | | Resultado Inicial | Resultado Actual |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Umbral | Muestras | | |
| Optimization Target 3G | RSCP Indoor | WT | >= -75 dBm | >= 95% | 4.86% | 98.71% |
| | Ec/No | WT | >= -6 dB | >= 95% | 0% | 98.09% |
| Optimization Target 4G | RSRP Indoor | WT | >= -85 dBm | >= 95% | 0% | 95.99% |
| | SNIR | WT | >= 20 dB | >= 95% | 0% | 99.39% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 13 se puede apreciar el gran cambio en cuanto a los parámetros de cobertura. Como se había mencionado en el apartado 3.3.1, los niveles de cobertura al interior de la Clínica Delgado eran muy bajos, lo cual ofrecía un pésimo servicio a los usuarios presentándose problemas en la realización de llamadas y la navegación en Internet. Los valores que se tiene después de la implementación garantizan un servicio de calidad a los usuarios que supera el 95% establecido por el operador como el valor mínimo aceptado para una solución RF Indoor.

## 4.2. Metodología Aplicada

La metodología aplicada para el desarrollo de la solución fue la Metodología PPDIOO (Preparar, Planear, Diseño, Implementar, Operación y Optimización) de Cisco. Esta metodología fue desarrollada por Richard Froom en colaboración de Balaji Sivasubramanian y Erum Frahim en el libro Implementing Cisco IP Switched Networks (SWITCH). Los autores refieren que el enfoque del ciclo de vida de una red ofrece muchos beneficios clave además de mantener organizado el proceso de diseño. Primero, el costo total de propiedad de la red, el cual tiene una gran importancia en el mundo actual debido a la evaluación de los costos más bajos por parte de los ejecutivos. Esto se consigue mediante la identificación y validación de requisitos tecnológicos, la planificación de cambios de infraestructura y requisitos de recursos y desarrollar un diseño de red sólido alineado con los requisitos técnicos y los objetivos comerciales.

Segundo, la disponibilidad de la red siempre ha sido una de las principales prioridades de las empresas. Esto se logra a través de la especificación del conjunto correcto de versiones de hardware y software y mantenerlas operativas y actualizadas, producir un diseño de operaciones sólido y validar las operaciones de la red y la puesta en escena y prueba del sistema propuesto antes de la implementación.

Tercero, las empresas deben reaccionar rápidamente a los cambios en la economía. Las empresas que ejecutan rápidamente obtienen ventajas competitivas sobre otras empresas. Esto se consigue mediante la integración de los requisitos técnicos y los objetivos comerciales en un diseño detallado y demostrar que la red funciona según lo especificado, instalación, configuración e integración de componentes del sistema de forma experta y la mejora continua del rendimiento.

Cuarto, la accesibilidad a las aplicaciones y servicios de red es fundamental para un entorno productivo. Esto se logra a través de la mejora de la eficiencia y la eficacia de la prestación de servicios mediante el aumento de la disponibilidad, la capacidad de los recursos y el rendimiento, mejorar la disponibilidad, confiabilidad y estabilidad de la red y las aplicaciones que se ejecutan en ella y gestionar y resolver problemas que afecten a su sistema y mantener actualizadas las aplicaciones de software. (Froom, Sivasubramanian, & Frahi, 2010)

La Metodología PPDIOO está compuesta de seis fases:

### 4.2.1. Fase 1: Preparar

Se establece los requisitos organizacionales, desarrollar una estrategia de red y proponer una arquitectura conceptual de alto nivel que identifique las tecnologías que mejor puedan soportar la arquitectura. La fase de preparación puede establecer una justificación financiera para la estrategia de red mediante la evaluación del caso de negocio para la arquitectura propuesta.

### 4.2.2. Fase 2: Planear

Se identifica los requisitos iniciales de la red en función de los objetivos, las instalaciones, las necesidades del usuario realizando una caracterización de los sitios y evaluar las redes existentes y realizar un análisis de brechas para determinar si la infraestructura del sistema existente, los sitios y el entorno operativo pueden respaldar el sistema propuesto. Se elabora un plan de proyecto para ayudar a administrar las tareas, responsabilidades recursos necesarios para implementar cambios en la red.

### 4.2.3. Fase 3: Diseño

Los requisitos iniciales que se derivaron en la fase de planificación impulsan las actividades de los especialistas en diseño de redes. Se elabora un diseño detallado completo que cumpla con los requisitos comerciales y técnicos actuales, e incorpora especificaciones para respaldar la disponibilidad, confiabilidad, seguridad, escalabilidad y rendimiento. La especificación de diseño es la base para las actividades de implementación.

### 4.2.4. Fase 4: Implementar

Se construye la red o se incorporan componentes adicionales de acuerdo con las especificaciones de diseño, con la finalidad de integrar dispositivos sin interrumpir la red existente ni crear puntos de vulnerabilidad.

### 4.2.5. Fase 5: Operación

Es la prueba final del cumplimiento del diseño. La fase operativa implica mantener la salud de la red a través de las operaciones diarias, incluido el mantenimiento de una alta disponibilidad y la reducción de gastos. La detección de fallas, la corrección y el monitoreo del desempeño que ocurren en las operaciones diarias proporcionan los datos iniciales para la fase de optimización.

### 4.2.6. Fase 6: Optimizar

Implica la gestión proactiva de la red, es decir identificar y resolver problemas antes de que afecten a la organización. La resolución de problemas es necesaria cuando la gestión proactiva no puede predecir y mitigar fallas. La fase de optimización puede provocar un rediseño de la red si surgen demasiados problemas y errores o si el rendimiento no cumple con las expectativas.

## 4.3. Descripción de la Implementación

Con las consideraciones mencionadas en el apartado 3.5.5.7 se llevó a cabo la fase de implementación de la solución. Las antenas fueron instaladas de forma visible para una mejor cobertura. Se utilizó la bandeja de comunicaciones en cada piso para la instalación del cableado, los acopladores y splitters fueron colocados sobre un soporte omega anclado a la bandeja de comunicaciones. Sobre el soporte omega, los acopladores y splitters fueron fijados con cintas bandit (zunchos) como se observa en la Figura 44, no fue necesario instalarlos dentro de cajas de paso.



*Fig. 44:* Vista de un splitter instalado en el piso 1. Fuente: Elaboración propia

La BBU fue instalada dentro de un gabinete en la azotea de la torre de cuatro pisos de la Clínica Delgado. El gabinete fue acondicionado sobre un dado de cemento, el cual está remarcado de color rojo en la Figura 45.



*Fig. 45:* Vista del gabinete donde fue colocada la BBU. Fuente: Elaboración propia

Además, todos los dispositivos pasivos se etiquetaron de acuerdo al diseño para identificarlos de forma fácil. Asimismo, los cables fueron etiquetados en cada extremo para identificar de dónde vienen como se aprecia en la Figura 46.




*Fig. 46:* Vista de la etiqueta del cableado. Fuente: Elaboración propia

Los tiempos de instalación fueron variables dependiendo principalmente de los permisos para realizar los trabajos en cada piso. Asimismo, el tiempo de instalación también se veía afectado por el tipo de cable a utilizar según el diseño. El cable de 7/8'' es el más grueso y es que mayor problema genera debido a su rigidez y es usado principalmente para tramos largos mayores a 35 metros.

En general, no se tuvo grandes inconvenientes que retrasaran la ejecución de los trabajos de implementación. Se tuvo los cuidados necesarios al ser un centro de salud y evitar incomodar al personal de la clínica. Asimismo, se tuvo el máximo cuidado con respecto a hacer ruido por consideración de los pacientes y áreas críticas de la clínica.

A pesar de los cuidados requeridos para llevar a cabo la implementación, los trabajos se ejecutaron de forma fluida, finalizando en un periodo de diez meses desde el inicio hasta la puesta en servicio de la solución.

## 4.4. Conclusiones

Finalizado el proyecto se tiene las siguientes conclusiones:

- Se realizó el diseño de la solución requerida para mejorar la cobertura celular al interior de la Clínica Delgado cumpliendo con los valores establecidos por el operador para garantizar un buen servicio. Una red RF Indoor es la mejor solución para mejorar la cobertura en interiores ya que nos permite distribuir la potencia de

los equipos principales a las diferentes zonas para mejorar los niveles de cobertura.

- La solución implementada permite mejorar los niveles de cobertura celular al interior de la Clínica Delgado permitiendo realizar llamadas y navegar por la Internet sin problemas en los diferentes pisos.
- Las mediciones realizadas después de la implementación muestran que la situación actual de cobertura celular cumple con los valores establecidos por el operador para garantizar un servicio de calidad y que los usuarios no tengan problemas de accesibilidad y así poder hacer uso de la red celular en cualquier parte de la clínica sin problemas en el servicio móvil.
- Finalmente, este proyecto ofrece beneficios en diferentes ámbitos: clientes, económico y tecnológico. Desde el punto de vista de los clientes, la solución implementada les permite tener un buen nivel de cobertura y una excelente calidad de experiencia en la red del operador, haciendo uso de los servicios de voz (llamadas) y datos (conexión a la Internet, redes sociales) con una calidad óptima. Desde el punto de vista económico, el proyecto no tuvo ningún costo para la Clínica Delgado, el costo total de este proyecto fue asumido por el operador del servicio móvil. El costo de este proyecto fue de trescientos sesenta mil soles (S/360 000) aproximadamente, los cuales serán recuperados por el Operador en función a la cantidad de usuarios y el tráfico que éstos generen. Desde el punto de vista tecnológico, este proyecto pone a disposición de los usuarios lo último en tecnología celular, brindando los servicios móviles en 3G y 4G de alta velocidad proporcionando altos índices de potencia de recepción y baja tasa de interferencia.

# CAPITULO V
# RECOMENDACIONES

Se hace las siguientes recomendaciones para proyectos similares:

- Para diseños de redes similares considerar la ubicación de antenas paneles en lugar de antenas omnidireccionales en los extremos de la edificación debido a su naturaleza directiva que permite que la potencia irradiada apunte al interior del lugar a dar cobertura y no escape a las afueras, lo cual podría generar problemas de interferencia con la cobertura outdoor.
- Si en un futuro se quiere agregar alguna banda adicional al diseño planteado, se debe tener un margen de potencia en los equipos RRU ya instalados, es decir que no se debe poner en servicio el Sistema DAS a la máxima potencia. Esto debido a la necesidad de incluir dispositivos pasivos como Diplexores o Combinadores para agregar más bandas, ya sea 3G o 4G. Estos dispositivos pasivos agregarán una pérdida de potencia. Para evitar que esa pérdida de potencia afecte al Sistema es que se puede subir la potencia de las RRU ya instaladas en un valor similar a la pérdida que se introducirá para no afectar a los usuarios.
- Al realizar las mediciones de cobertura se recomienda que la medición inicie en un lugar donde exista buena cobertura; por ejemplo, debajo o lo más cerca de una antena. También se debe realizar las mediciones en momentos de poca congestión para conseguir valores reales del desempeño de la red implementada, en especial para las pruebas de transferencia de datos, porque cuando existe congestión o hay demasiados usuarios los niveles de throughput disminuyen considerablemente.
- En este trabajo se utilizaron herramientas de medición y de post procesamiento de la marca Keysight; sin embargo, es posible utilizar las herramientas de otras marcas y/o fabricantes. Tener presente que debe existir compatibilidad entre las herramientas de medición y las herramientas de post procesamiento para no tener inconvenientes al momento de obtener los resultados de las mediciones realizadas.

Lima, Perú

2021

- Proyectos similares se pueden implementar en otros centros de salud o en otros locales públicos donde se requiera una buena cobertura de señal celular como hoteles, oficinas del Estado, edificios, centros comerciales, aeropuertos, etc.

# CAPÍTULO VI
# BIBLIOGRAFÍA


[1] C. Rodríguez, “Diseño y Optimización Móvil en un Proyecto de Modernización de Red,” 2015.

[2] “La Tecnología 3G: UMTS,” vol. 112, no. 483, pp. 211–212, 1966.

[3] M. Hassan, “Planificación de Sistemas UMTS Mediante Sistemas de Información Geográfica,” 2003.

[4] “2. Introducción al sistema UMTS,” pp. 3–34.

[5] Master Moviles, “Conectividad móvil. Tecnologías 3G, 4G, Wifi y Bluetooth.” [Online]. Available: https://mastermoviles.gitbook.io/tecnologias2/conectividad-movil.-tecnologias-3g-4g-wifi-y-bluetooth.

[6] C. Fernández, “Modelo de Capacidad en Acceso a una Red HSPA en un Escenario Básico de una Celda,” 2010.

[7] “CAPÍTULO 2: LTE O LA CUARTA GENERACIÓN (4G) DE COMUNICACIONES MÓVILES,” pp. 9–34, 2009.

[8] C. D. Radicelli-García, M. Pomboza-Floril, and L. Cepeda-Astudillo, “Conectividad a Internet en zonas rurales mediante tecnologías de TDT (DVB-RCT2), o telefonía móvil (4G-LTE),” *Dyna*, vol. 85, no. 204, pp. 319–324, 2018.

[9] M. Jaramillo, “Implementación de Red Móvil con Tecnología 4G LTE,” 2012.

[10] J. Grandez, “Análisis y Diseño de un Sistema Distribuido de Antenas Activo para Mejora de Cobertura y Capacidad Celular 2G/3G en Edificios Altos,” 2012.

[11] J. M. Huidobro, “La pequeña gran solución para construir redes se llama ‘small cells,’” *REDESTELECOM*, 2012. [Online]. Available: https://www.redestelecom.es/comunicaciones/especiales/1063305000303/pequena-gran-solucion-construir.1.html.


Lima, Perú

2021

[12] A. Duarte, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED RF INDOOR EN EL HOSPITAL DE EMERGENCIAS PEDIÁTRICAS PARA MEJORA DE COBERTURA,” 2013.

[13] Huawei, “LTE Key Terms,” 2018. [Online]. Available: https://forum.huawei.com/enterprise/en/lte-key-terms/thread/459001-100305.

[14] CableFree, “LTE Metrics including RSRP, RSRQ and SINR.” [Online]. Available: https://www.cablefree.net/wirelesstechnology/4glte/lte-rsrq-sinr/.

[15] J. Salo, K. Chang, and M. Nur-Alam, “Practical Introduction to LTE Radio Planning.”

[16] Telecomkhabar, “BBU-Base Band Unit in Telecom: Function|Details,” 2019. [Online]. Available: https://www.telecomkhabar.com/2019/06/bbu-base-band-unit-function-details-in-telecom/.

[17] Redislogar, “Combinadores, Splitters Y Acopladores Direccionales.”

[18] C. Reyes, “Implementación de un Sistema Distribuido de Antenas en Ambientes INDOOR para la Mejora de Cobertura 3G y 4G en el Edificio Begonias en San Isidro,” 2017.

# CAPÍTULO VII
# ANEXOS

## 7.1. Mediciones Iniciales Internas

### 7.1.1. Mediciones 3G

#### 7.1.1.1. *Piso 10, RSCP, 3G*

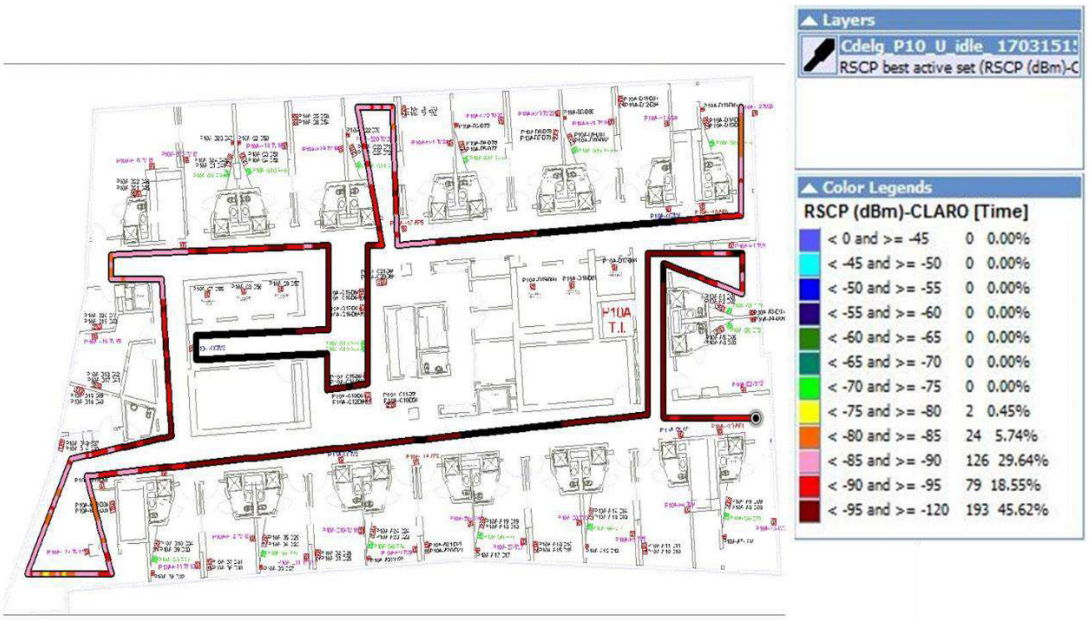



*Fig. 47:* Plot RSCP en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.2. *Piso 10, Ec/No, 3G*

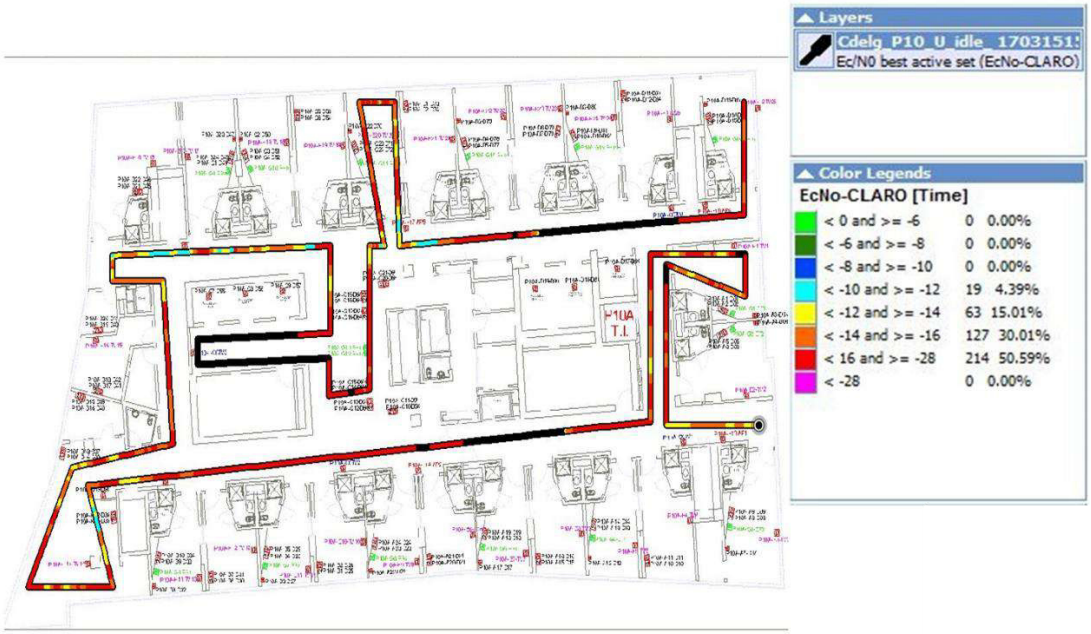



*Fig. 48:* Plot Ec/No en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.3. *Piso 10, Srambling Code, 3G*

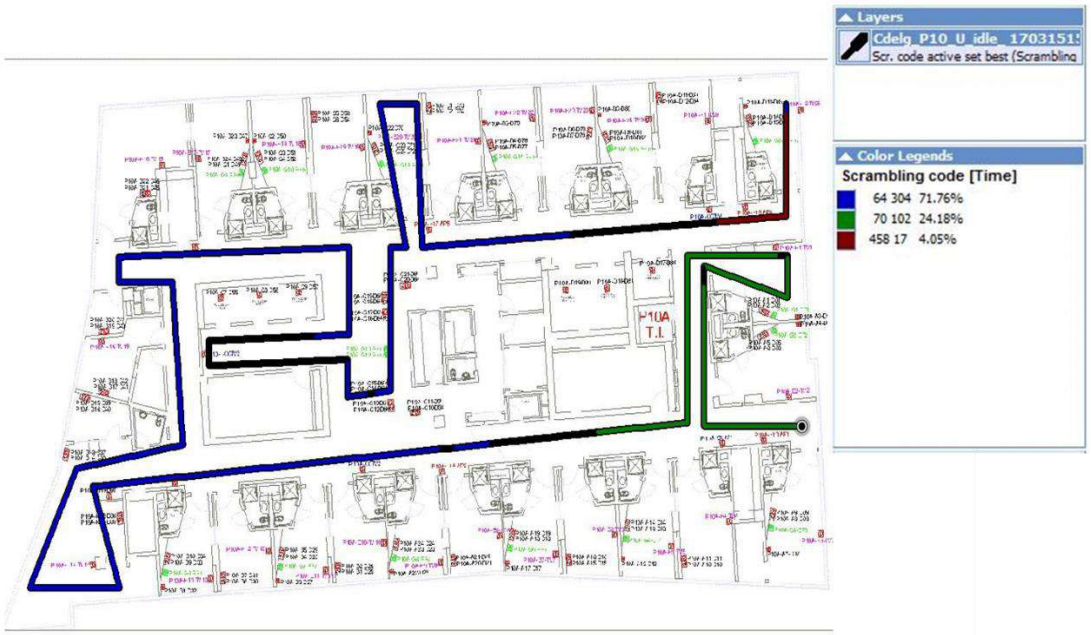



*Fig. 49:* Plot Scrambling Code en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.4. *Piso 9, RSCP, 3G*

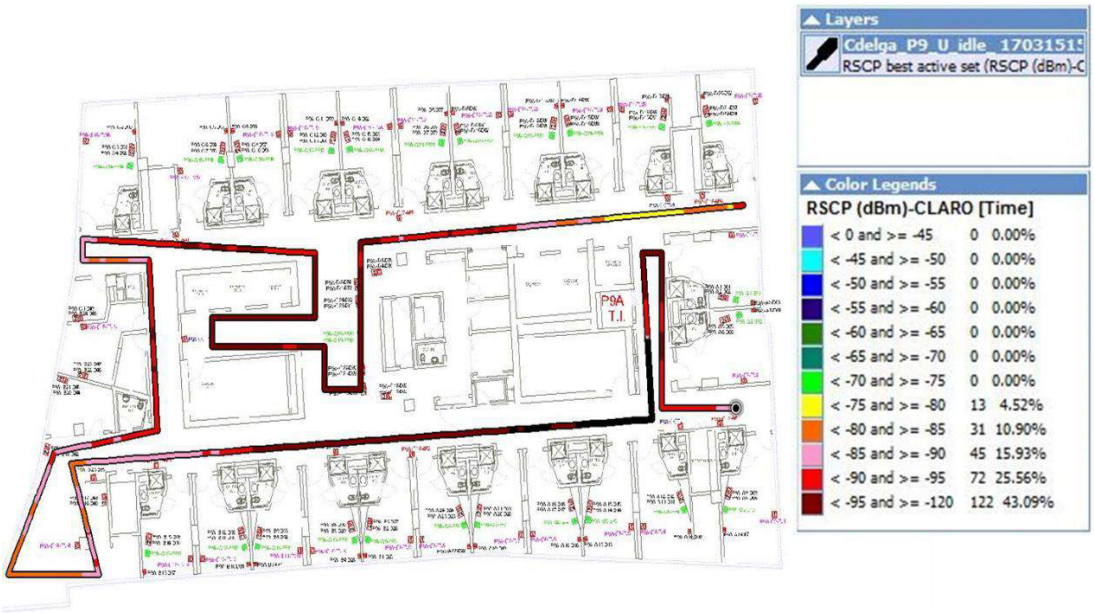



*Fig. 50:* Plot RSCP en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.5. *Piso 9, Ec/No, 3G*




*Fig. 51:* Plot Ec/No en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.6. *Piso 9, Scrambling Code, 3G*

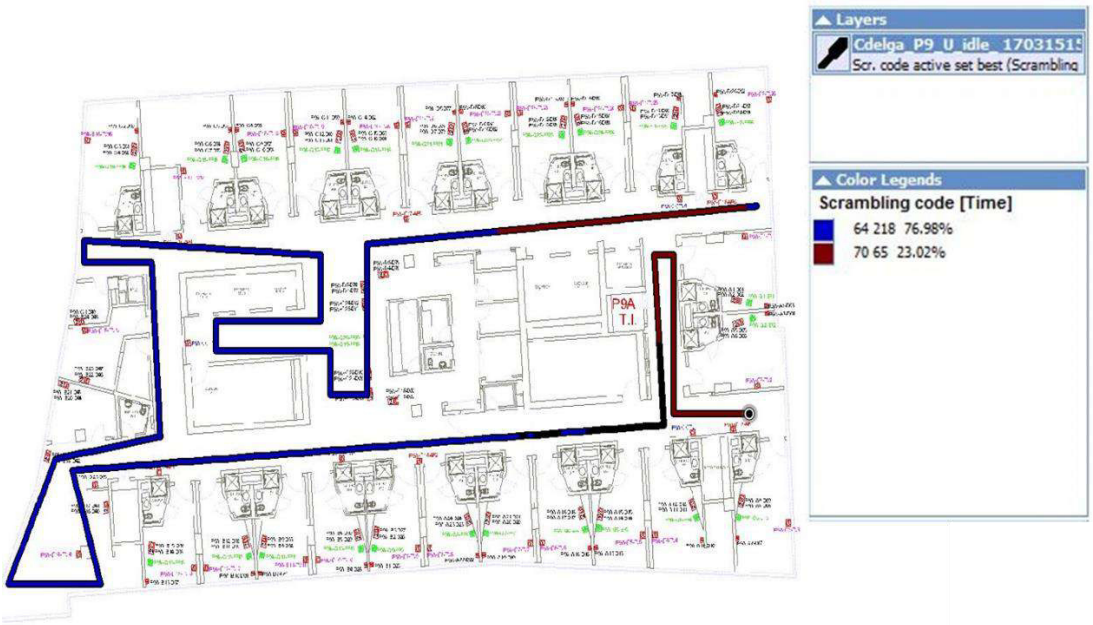



*Fig. 52:* Plot Scrambling Code en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.7. *Piso 8, RSCP, 3G*

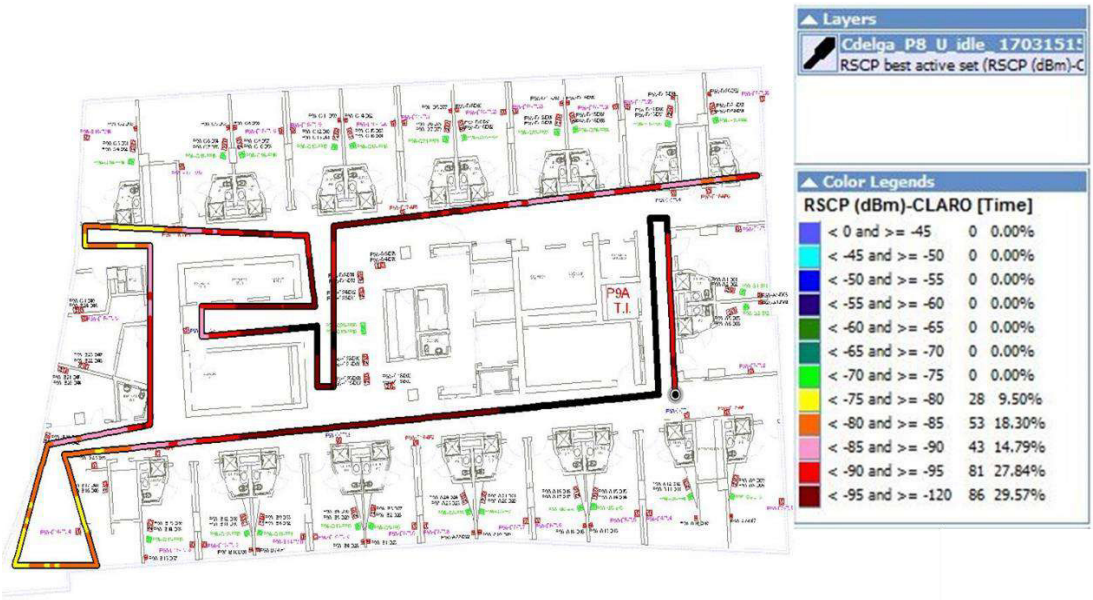



*Fig. 53:* Plot RSCP en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.8. *Piso 8, Ec/No, 3G*




*Fig. 54:* Plot Ec/No en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.9. *Piso 8, Scrambling Code, 3G*




*Fig. 55:* Plot Scrambling Code en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.10. *Piso 7, RSCP, 3G*

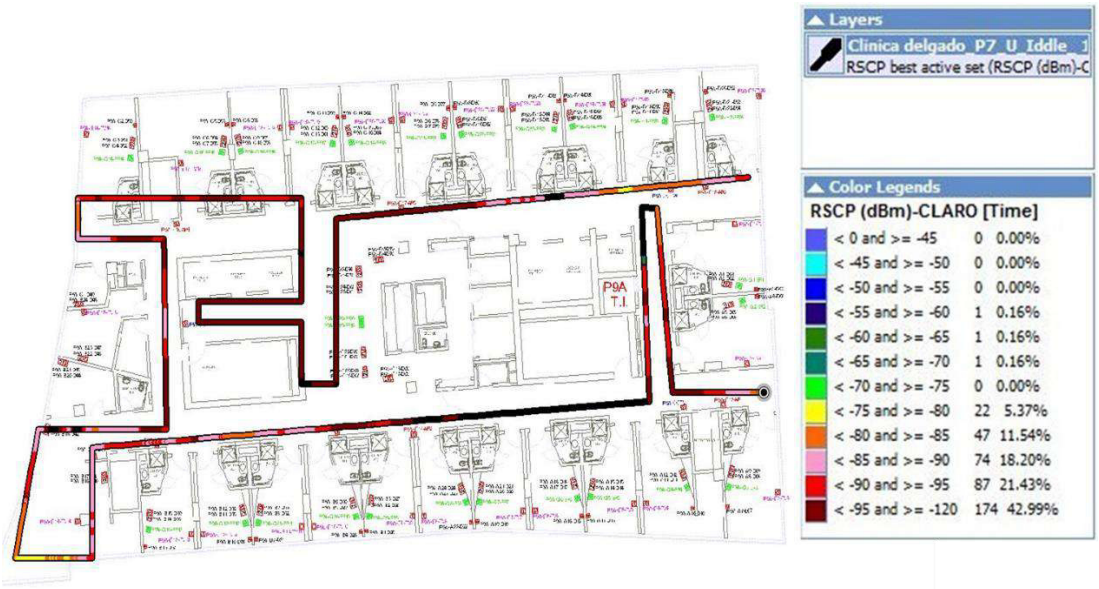



*Fig. 56:* Plot RSCP en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.11. *Piso 7, Ec/No, 3G*




*Fig. 57:* Plot Ec/No en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.12. *Piso 7, Scrambling Code, 3G*




*Fig. 58:* Plot Scrambling Code en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.13. *Piso 6, RSCP, 3G*

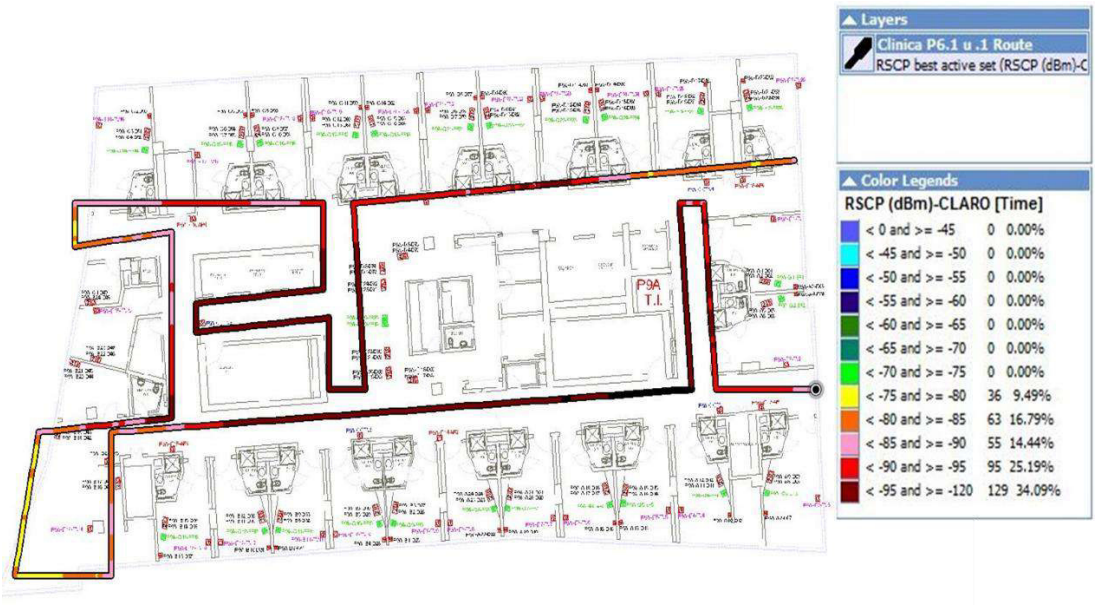



*Fig. 59:* Plot RSCP en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.14. *Piso 6, Ec/No, 3G*




*Fig. 60:* Plot Ec/No en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.15. *Piso 6, Scrambling Code, 3G*




*Fig. 61:* Plot Scrambling Code en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.16. *Piso 5, RSCP, 3G*

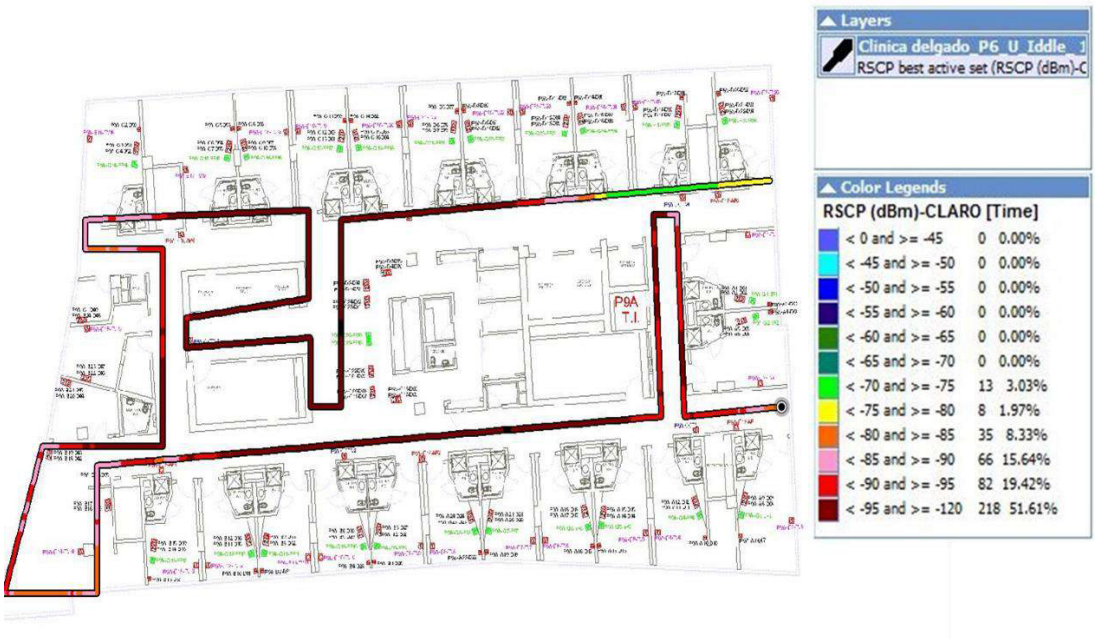



*Fig. 62:* Plot RSCP en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.17. *Piso 5, Ec/No, 3G*

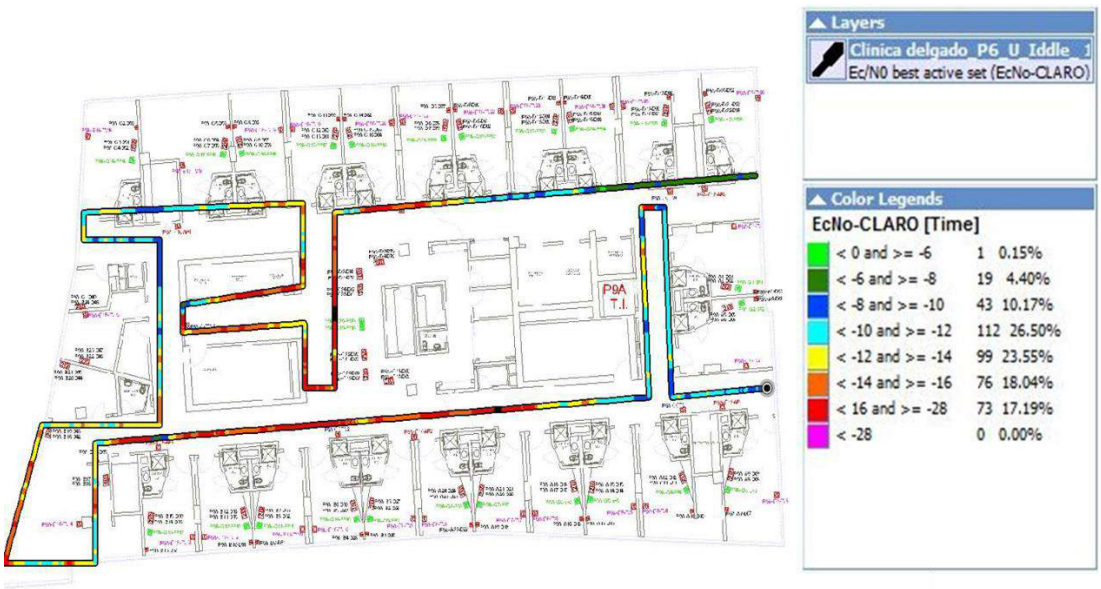



*Fig. 63:* Plot Ec/No en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.18. *Piso 5, Scrambling Code, 3G*




*Fig. 64:* Plot Scrambling Code en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.19. *Piso 4, RSCP, 3G*




*Fig. 65:* Plot RSCP en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.20. *Piso 4, Ec/No, 3G*




*Fig. 66:* Plot Ec/No en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.21. *Piso 4, Scrambling Code, 3G*




*Fig. 67:* Plot Scrambling Code en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.22. *Piso 3, RSCP, 3G*




*Fig. 68:* Plot RSCP en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.23. *Piso 3, Ec/No, 3G*




*Fig. 69:* Plot Ec/No en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.24. *Piso 3, Scrambling Code, 3G*

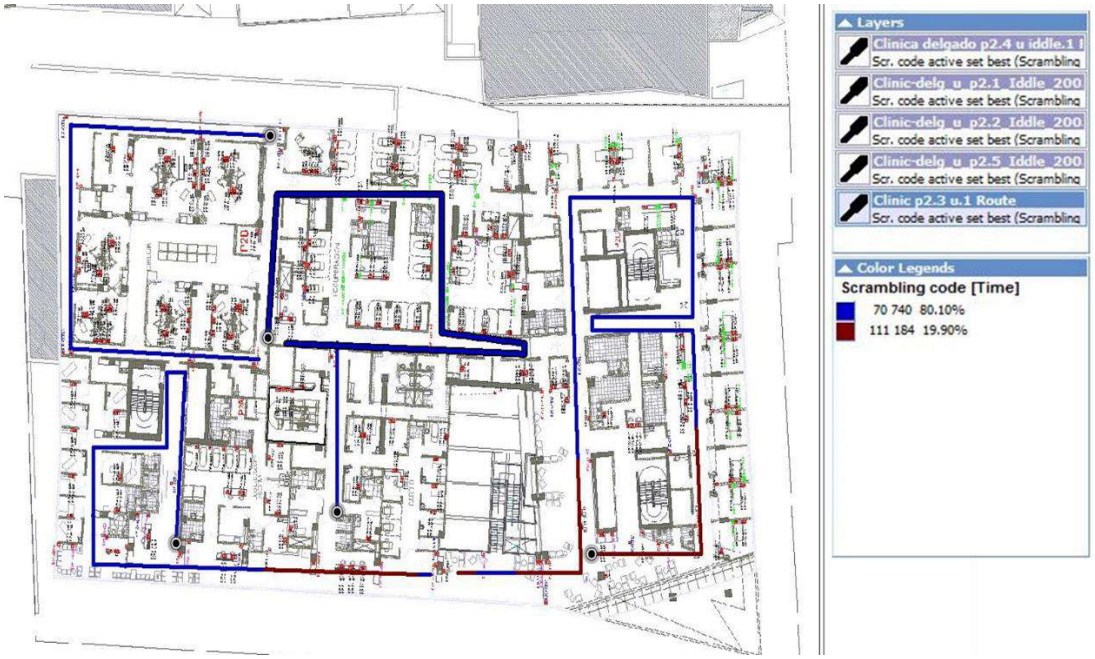



*Fig. 70:* Plot Scrambling Code en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.25. *Piso 2, RSCP, 3G*

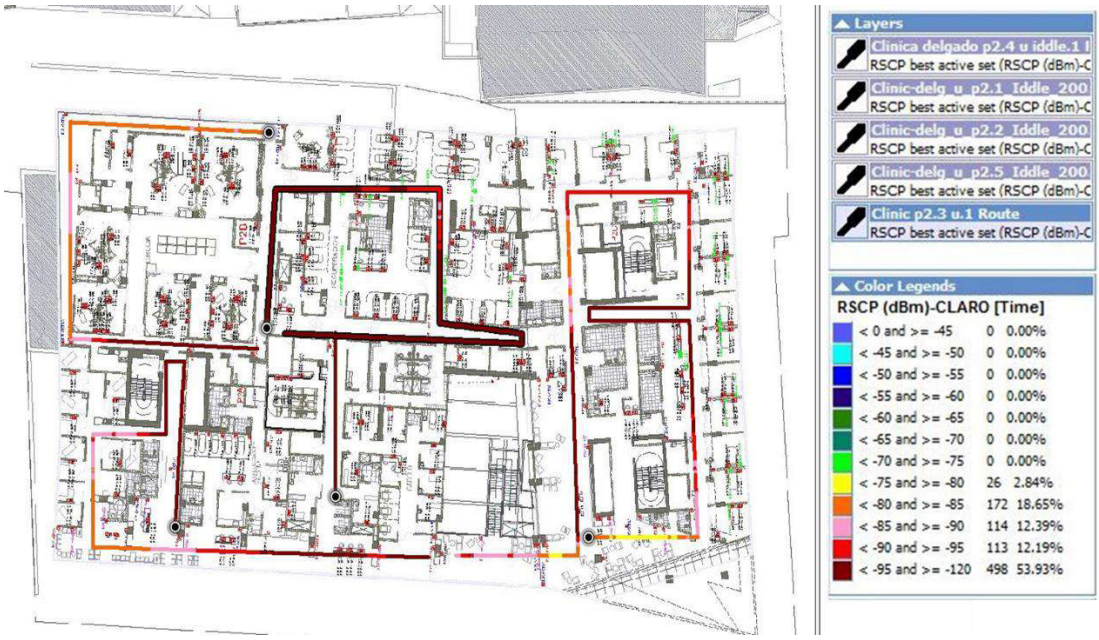



*Fig. 71:* Plot RSCP en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.26. *Piso 2, Ec/No, 3G*

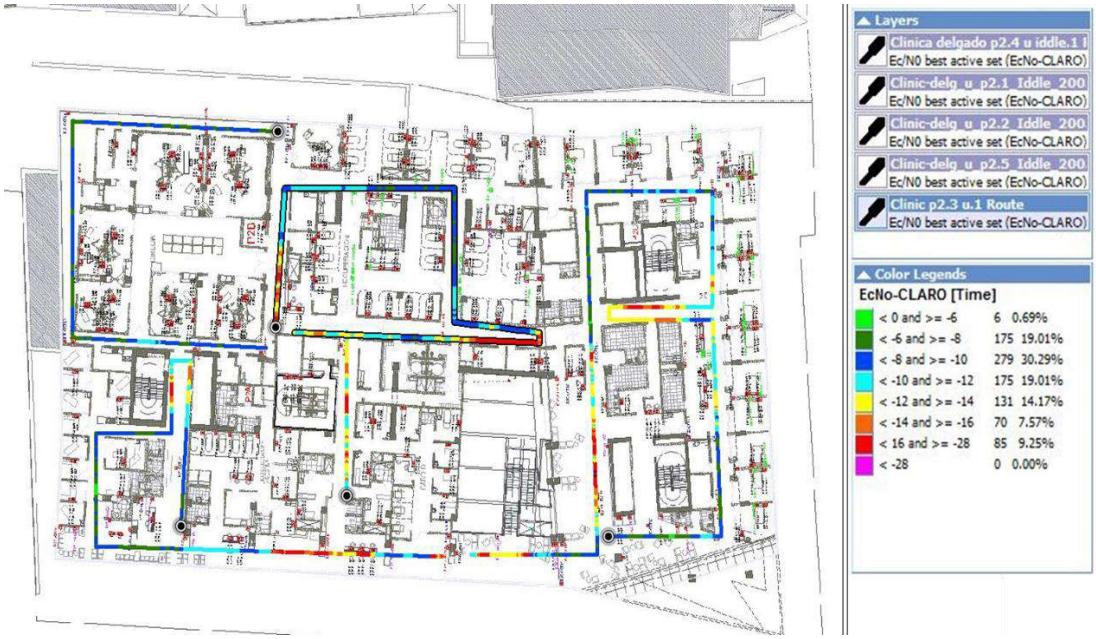



*Fig. 72:* Plot Ec/No en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.27. *Piso 2, Scrambling Code, 3G*

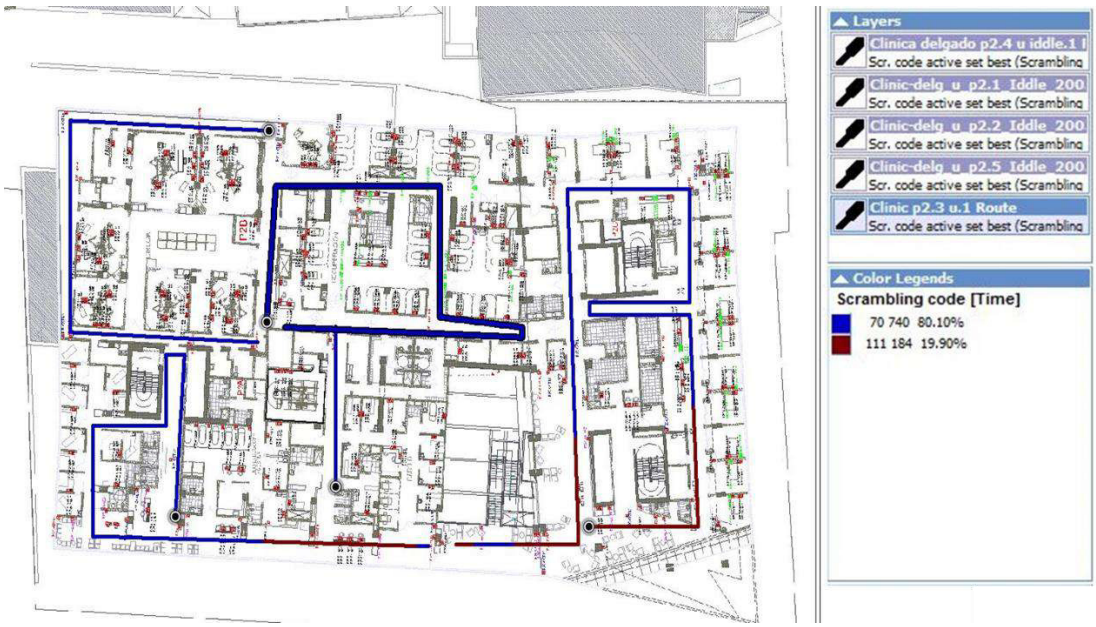



*Fig. 73:* Plot Scrambling Code en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.28. *Sótano 1, RSCP, 3G*

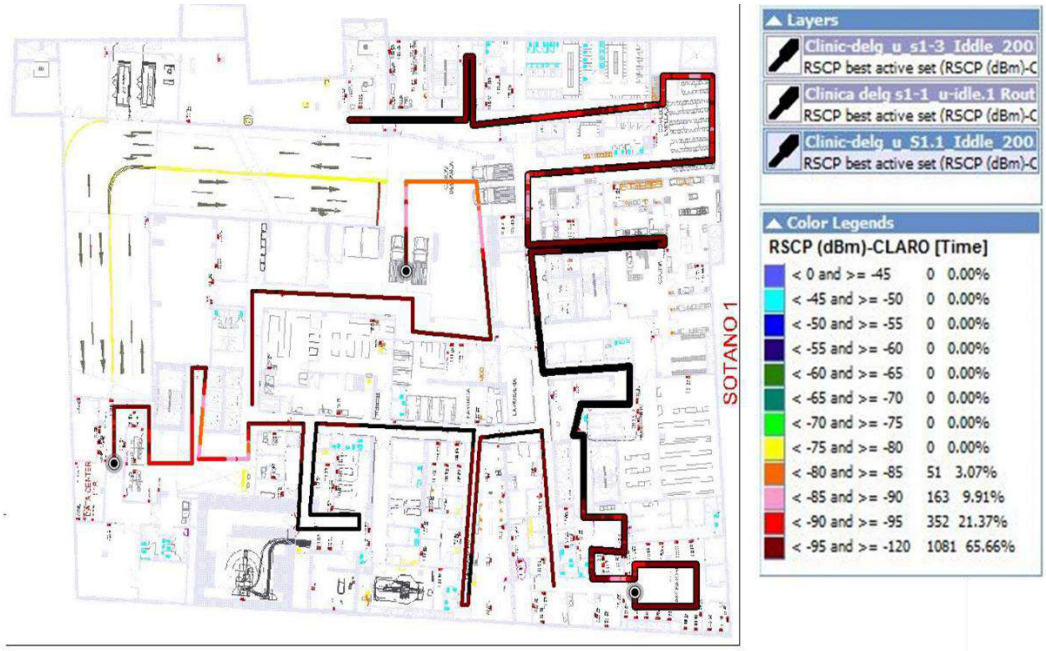



*Fig. 74:* Plot RSCP en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.29. *Sótano 1, Ec/No, 3G*

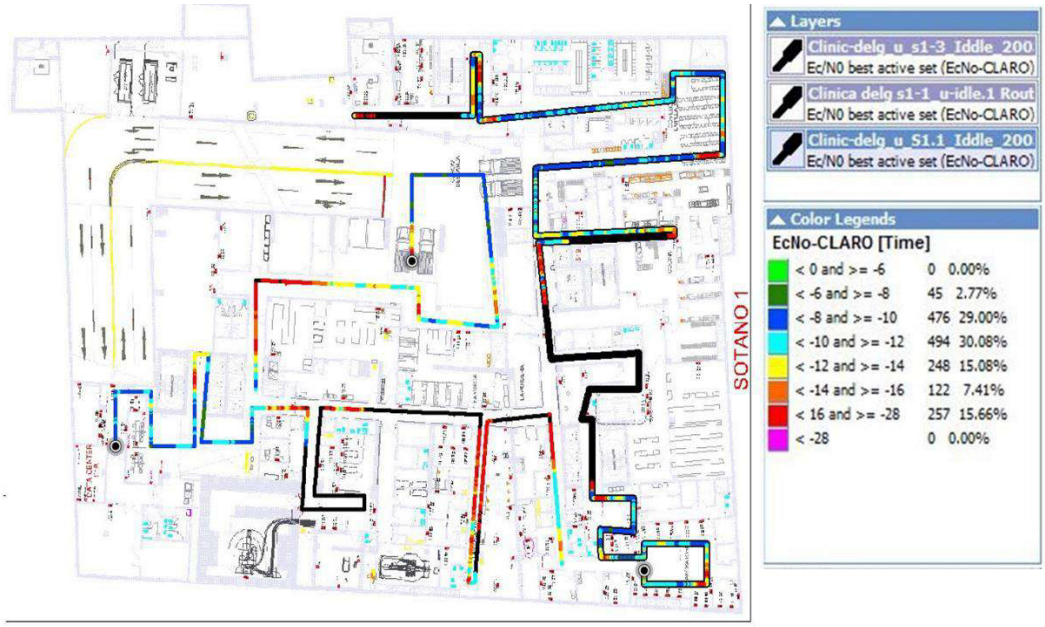



*Fig. 75:* Plot Ec/No en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.30. *Sótano 1, Scrambling Code, 3G*

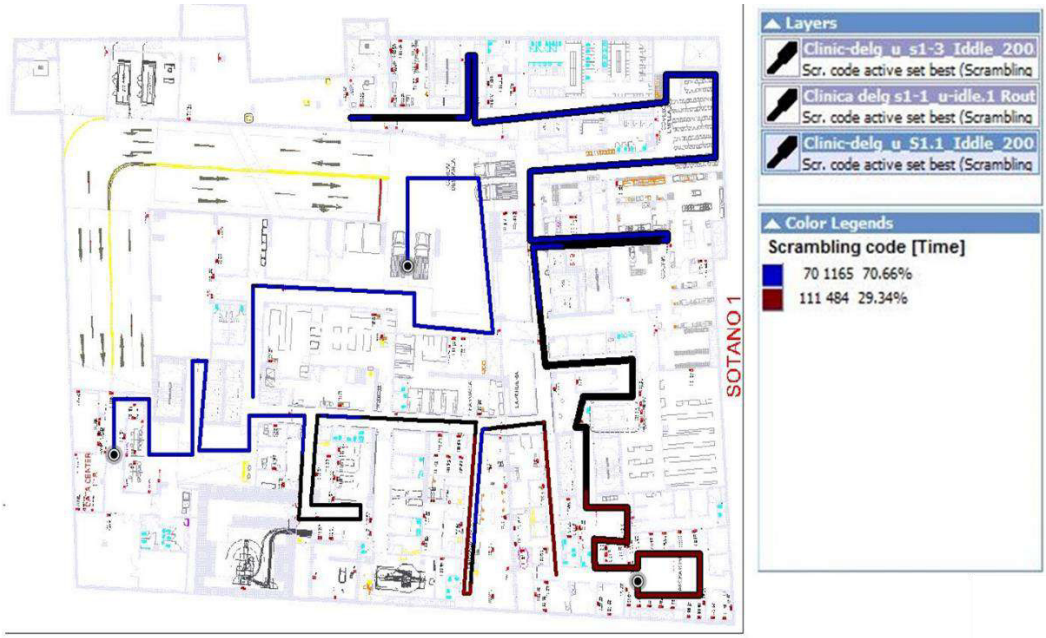



*Fig. 76:* Plot Scrambling Code en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.31. *Sótano 2, RSCP, 3G*

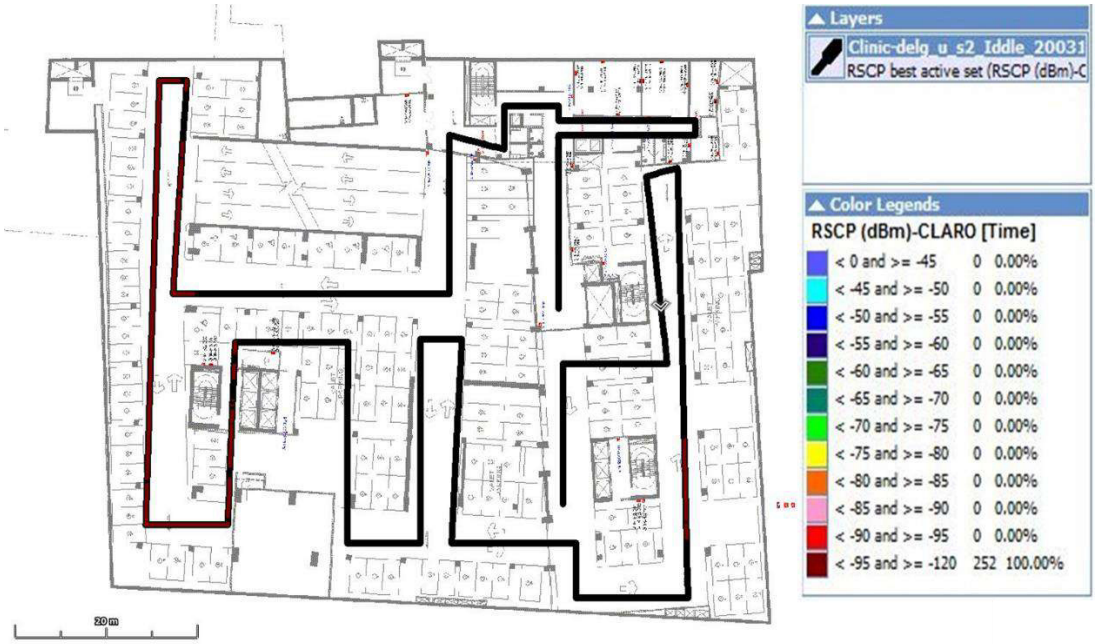



*Fig. 77:* Plot RSCP en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.32. *Sótano 2, Ec/No, 3G*

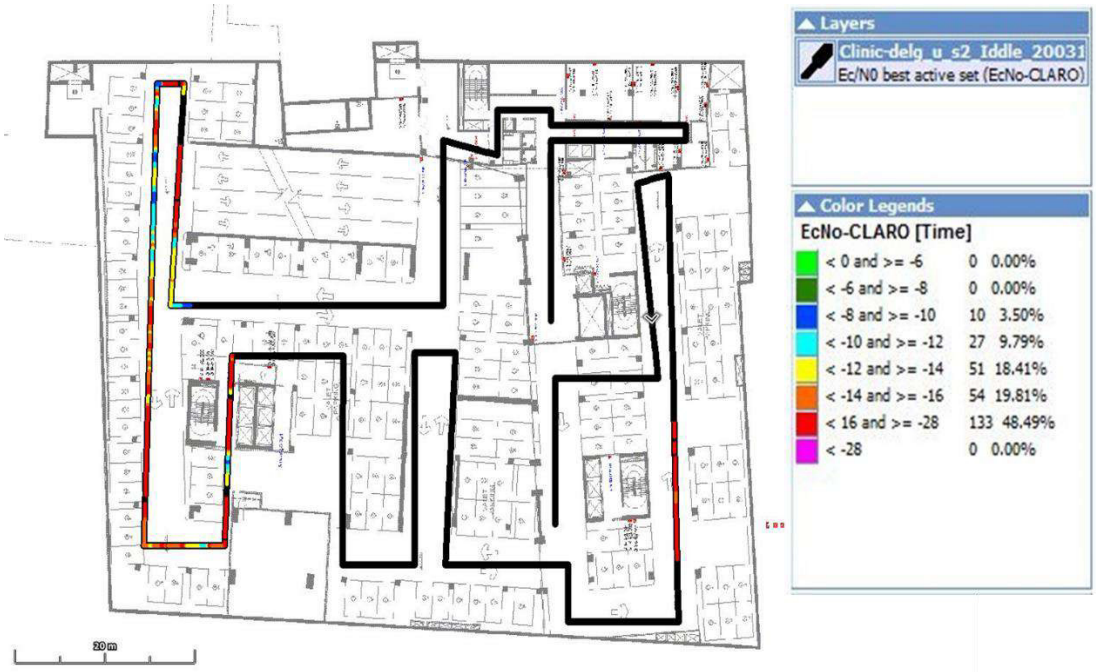



*Fig. 78:* Plot Ec/No en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.33. *Sótano 2, Scrambling Code, 3G*

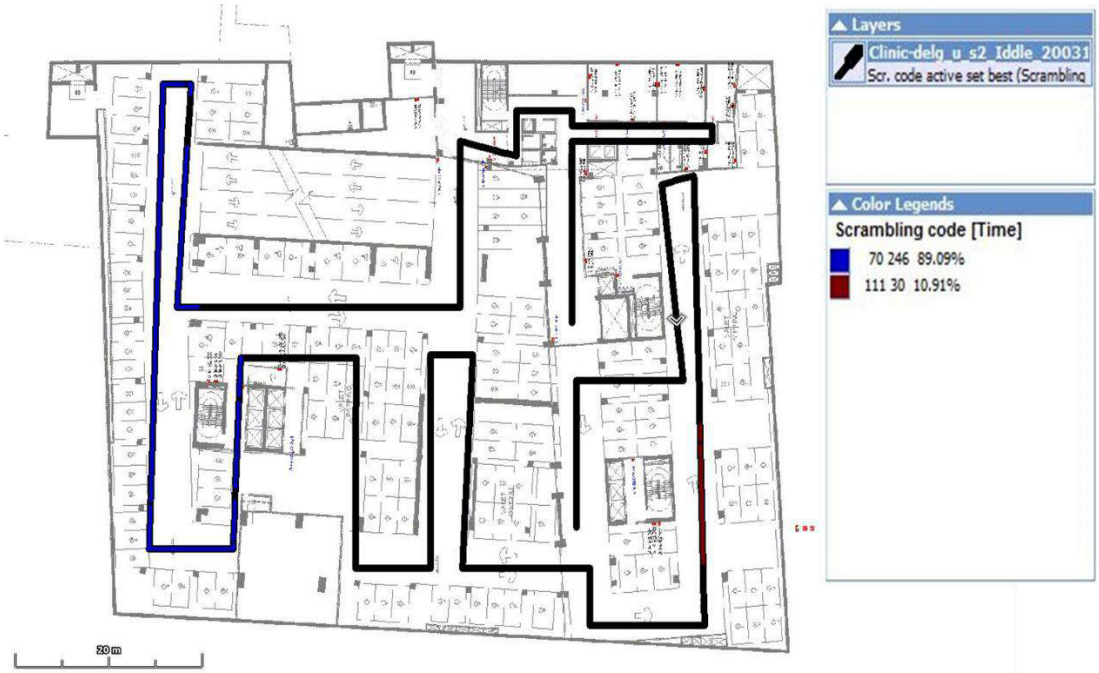



*Fig. 79:* Plot Scrambling Code en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.34. *Sótanos 3-5, RSCP, 3G*




*Fig. 80:* Plot RSCP en los Sótanos 3-5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.1.35. *Sótanos 3-5, Ec/No, 3G*

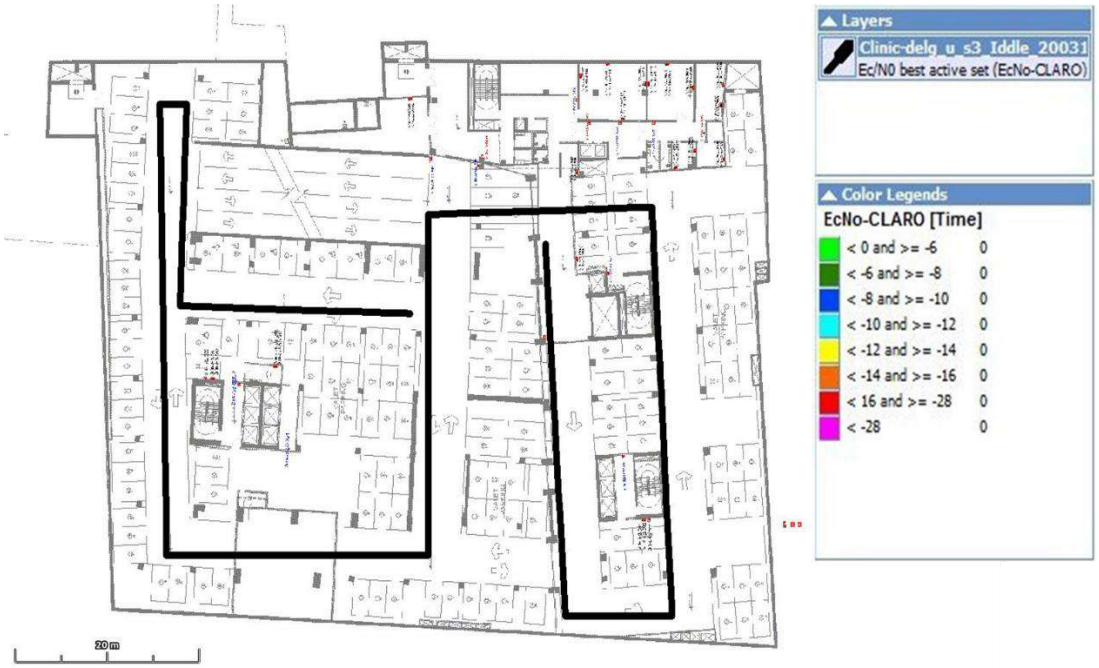



*Fig. 81:* Plot Ec/No en los Sótanos 3-5. Fuente: Elaboración Propia

#### 7.1.1.36. *Sótanos 3-5, Scrambling Code, 3G*




*Fig. 82:* Plot Scrambling Code en los Sótanos 3-5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2. Mediciones 4G

#### 7.1.2.1. *Piso 10, RSRP, 4G*

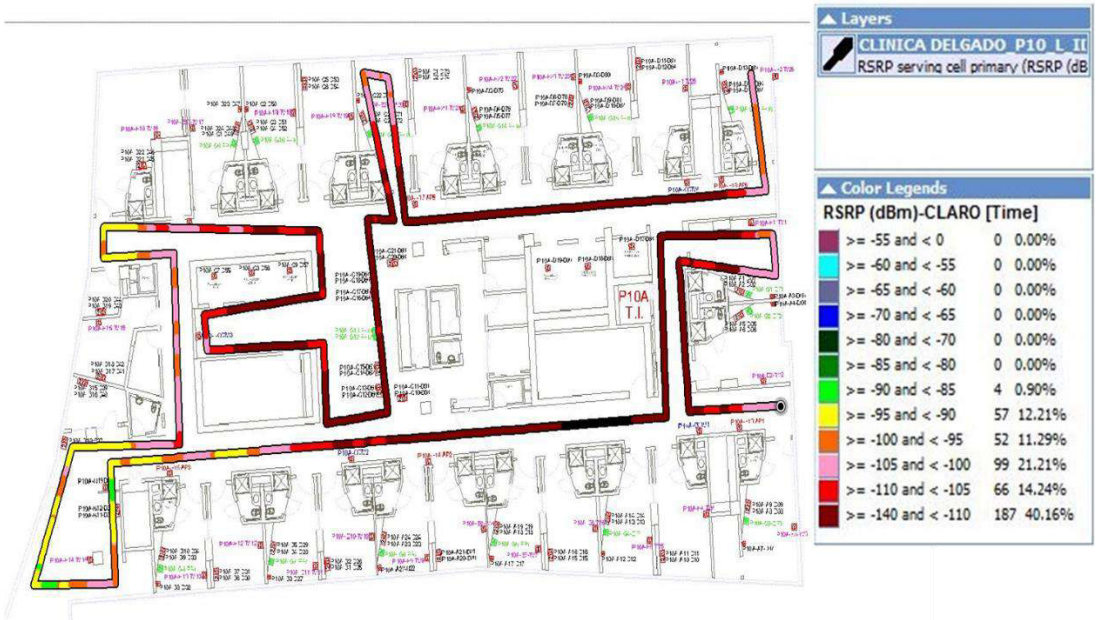



*Fig. 83:* Plot RSRP en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.2. *Piso 10, SNIR, 4G*

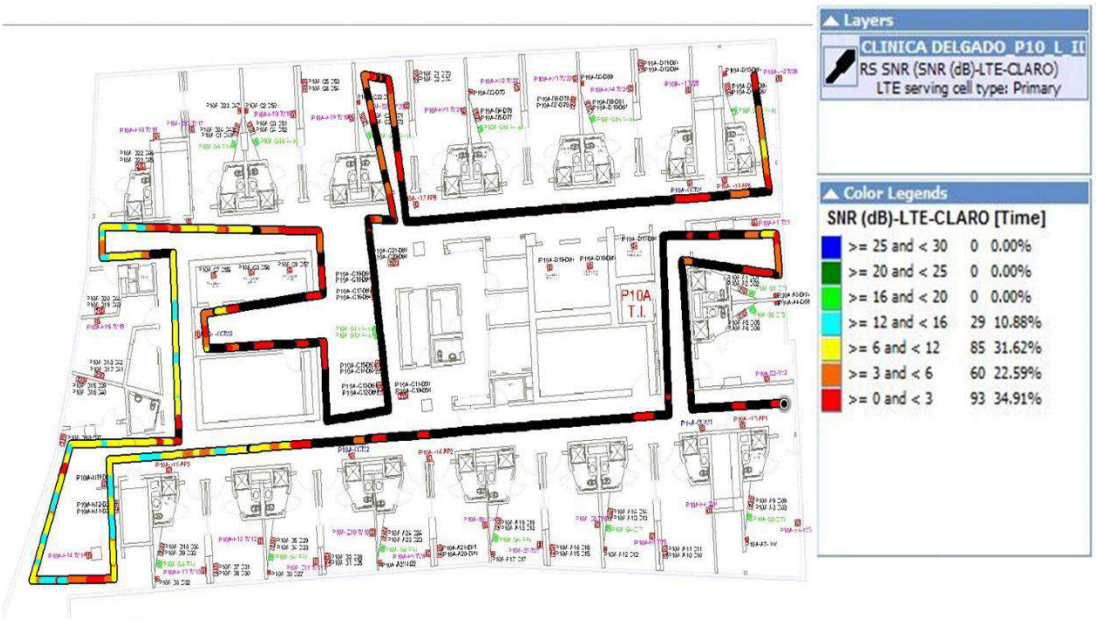



*Fig. 84:* Plot SNIR en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.3. *Piso 10, PCI, 4G*

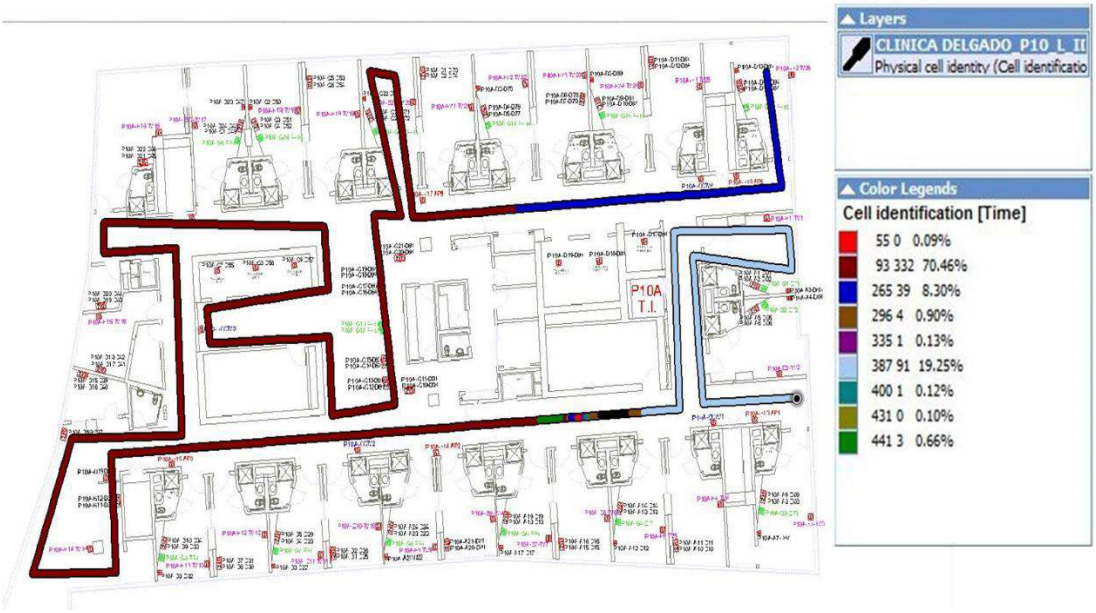



*Fig. 85:* Plot PCI en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.4. *Piso 9, RSRP, 4G*




*Fig. 86:* Plot RSRP en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.5. *Piso 9, SNIR, 4G*




*Fig. 87:* Plot SNIR en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.6. *Piso 9, PCI, 4G*




*Fig. 88:* Plot PCI en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.7. *Piso 8, RSRP, 4G*

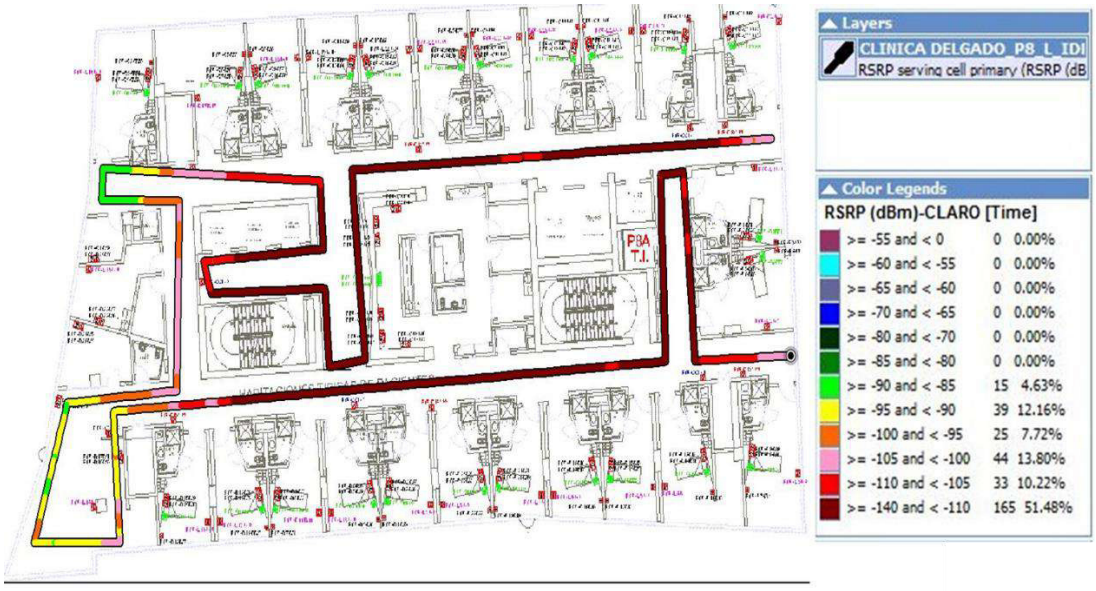



*Fig. 89:* Plot RSRP en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.8. *Piso 8, SNIR, 4G*

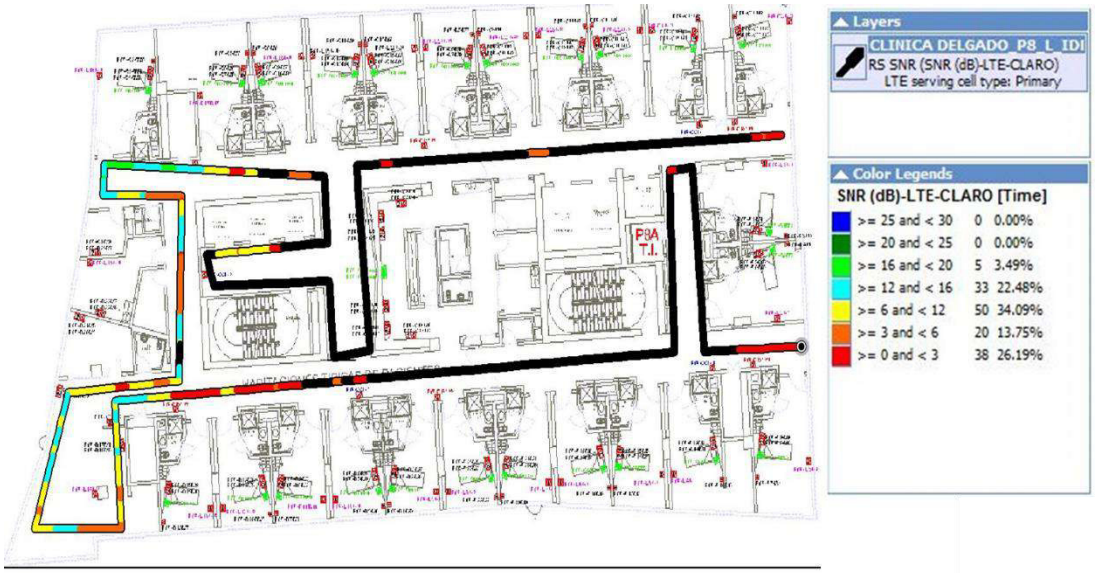



*Fig. 90:* Plot SNIR en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.9. *Piso 8, PCI, 4G*

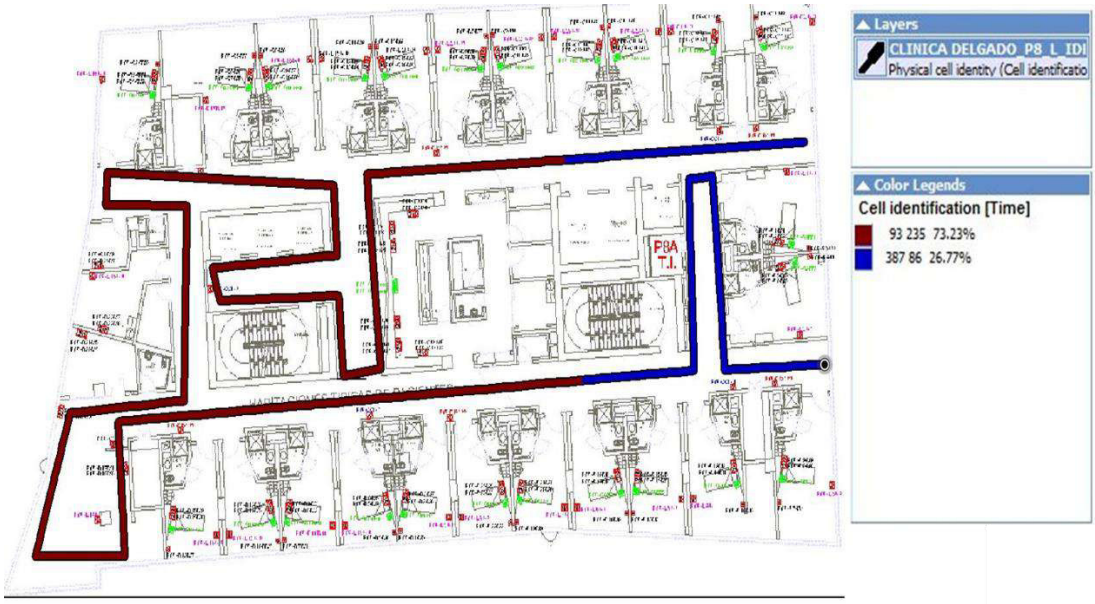



*Fig. 91:* Plot PCI en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.10. *Piso 7, RSRP, 4G*

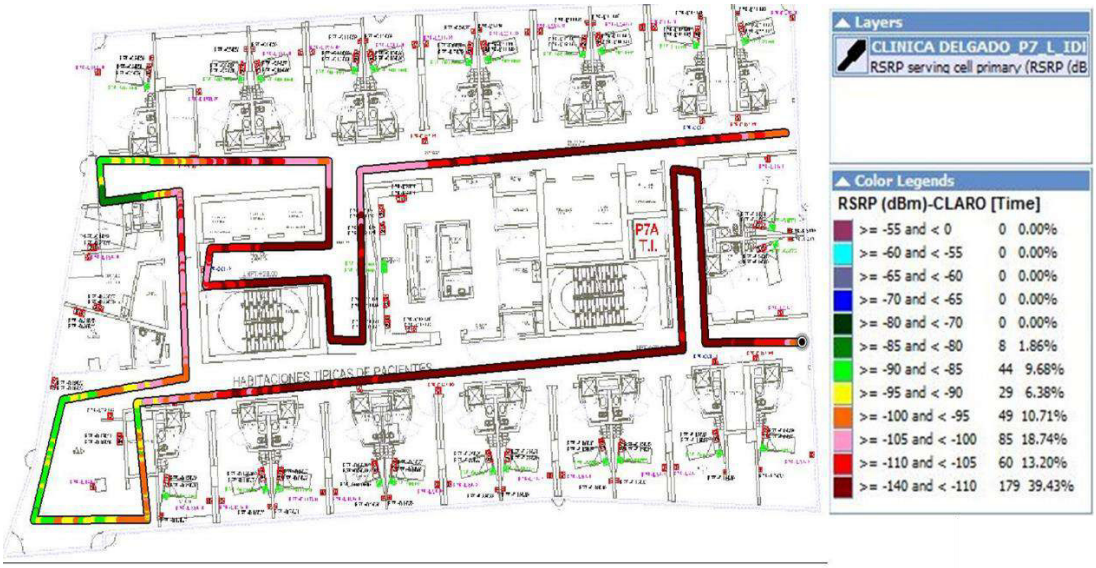



*Fig. 92:* Plot RSRP en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.11. *Piso 7, SNIR, 4G*




*Fig. 93:* Plot SNIR en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.12. *Piso 7, PCI, 4G*

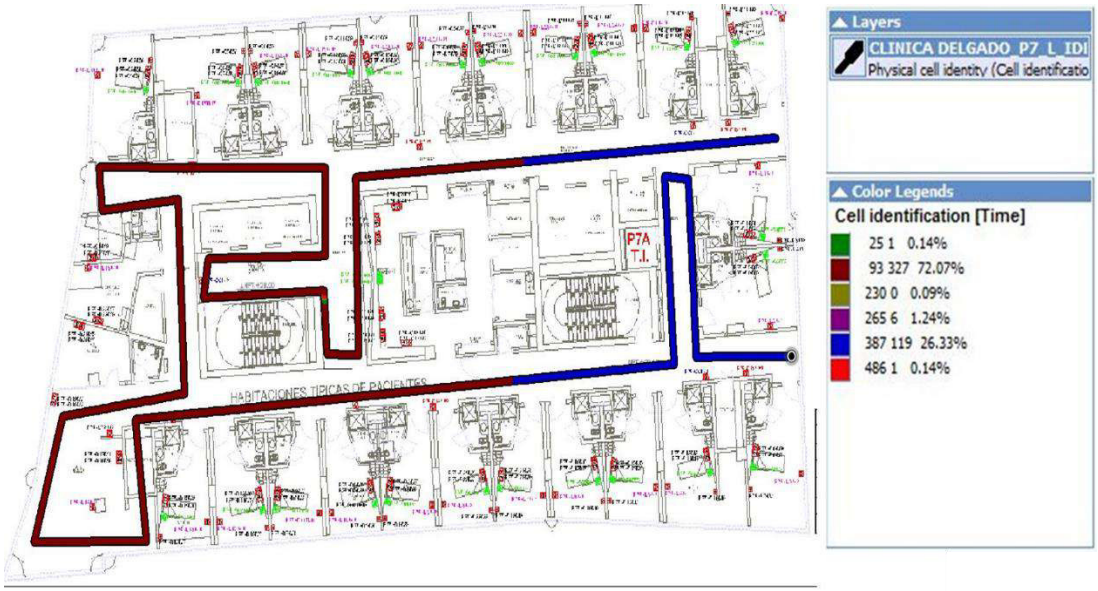



*Fig. 94:* Plot PCI en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.13. *Piso 6, RSRP, 4G*

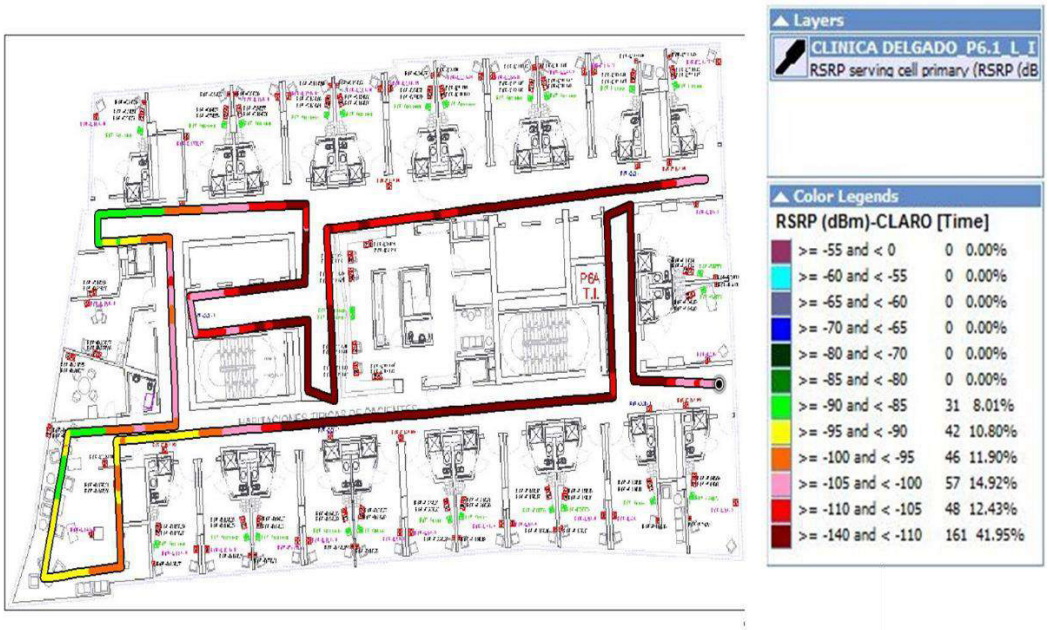



*Fig. 95:* Plot RSRP en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.14. *Piso 6, SNIR, 4G*

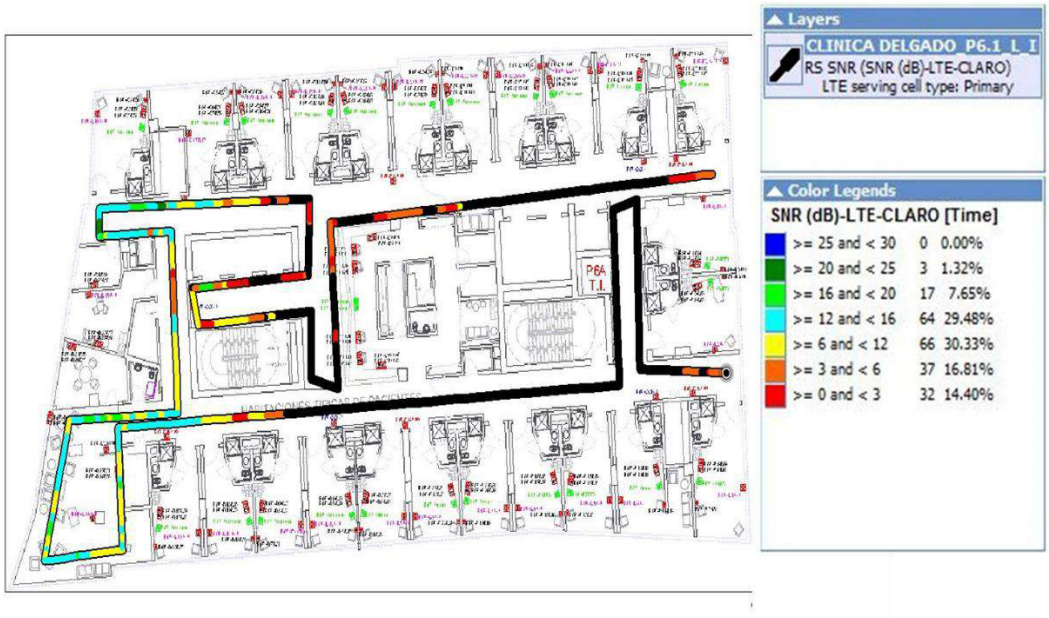



*Fig. 96:* Plot SNIR en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.15. *Piso 6, PCI, 4G*

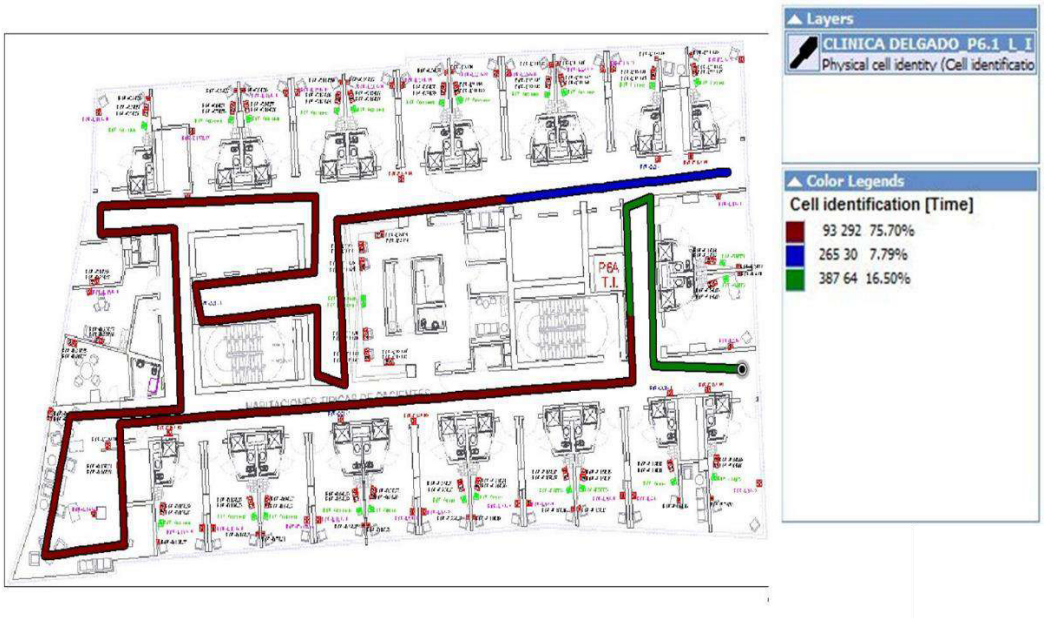



*Fig. 97:* Plot PCI en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.16. *Piso 5, RSRP, 4G*

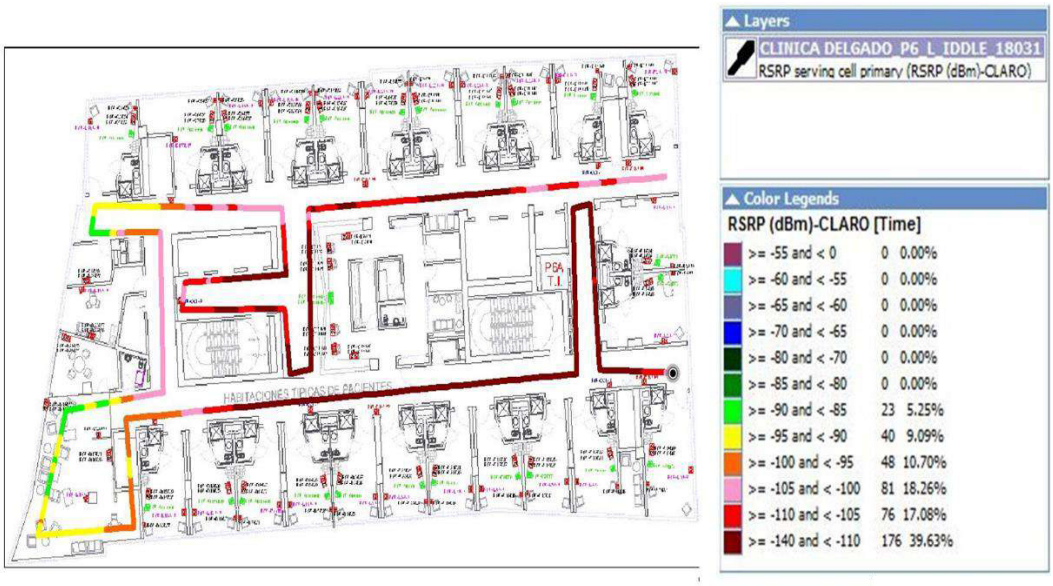



*Fig. 98:* Plot RSRP en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.17. *Piso 5, SNIR, 4G*

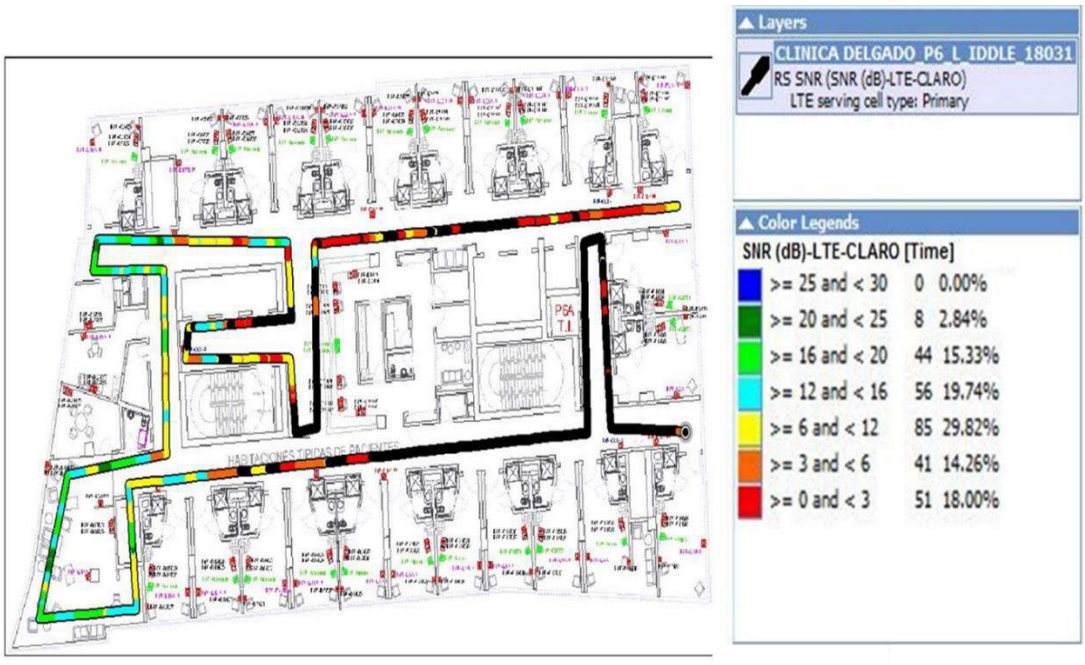



*Fig. 99:* Plot SNIR en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.18. *Piso 5, PCI, 4G*

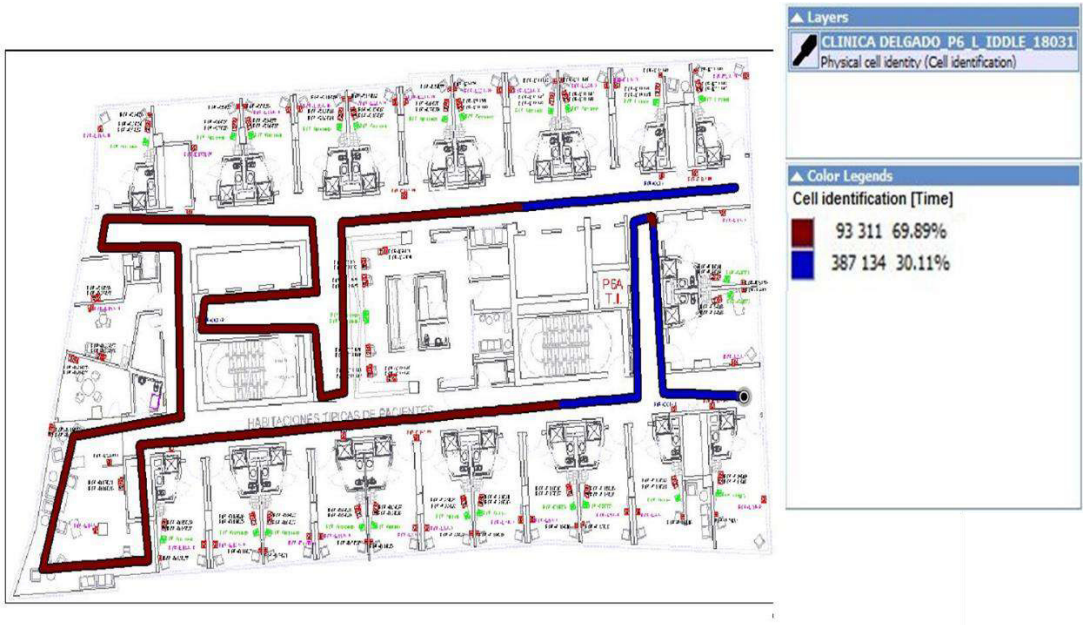



*Fig. 100:* Plot PCI en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.19. *Piso 4, RSRP, 4G*




*Fig. 101:* Plot RSRP en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.20. *Piso 4, SNIR, 4G*

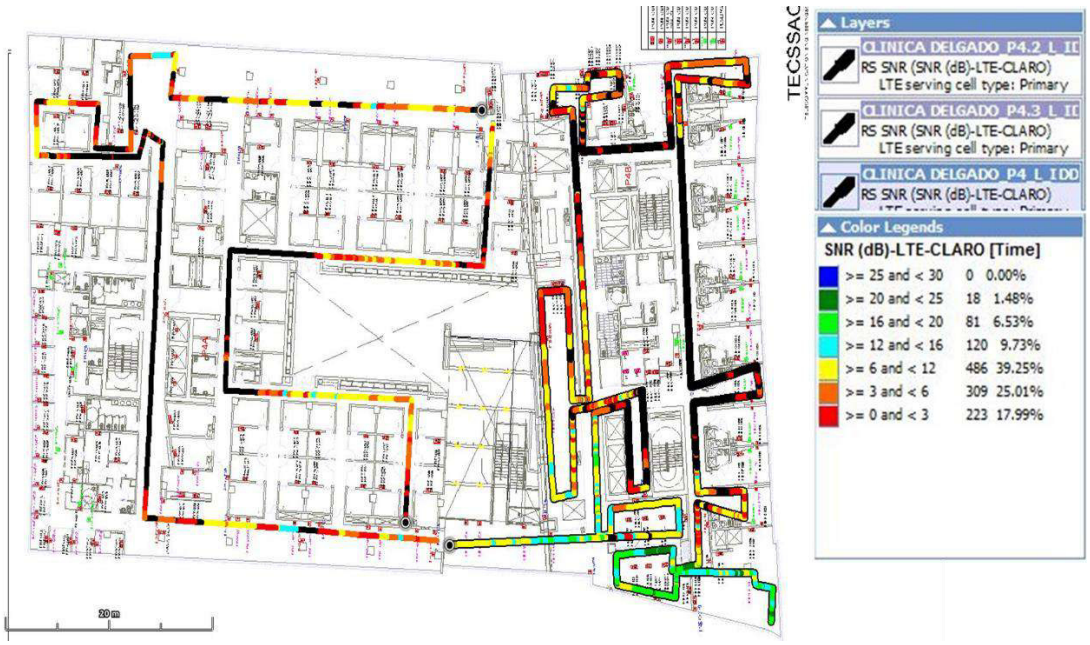



*Fig. 102:* Plot SNIR en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.21. *Piso 4, PCI, 4G*

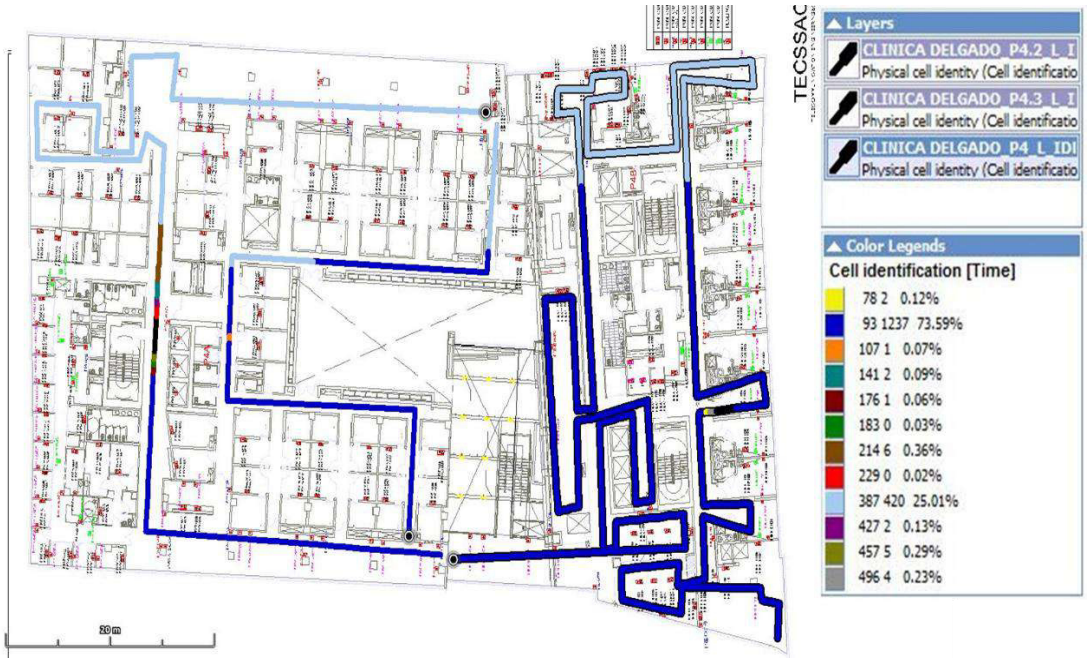



*Fig. 103:* Plot PCI en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.22. *Piso 3, RSRP, 4G*

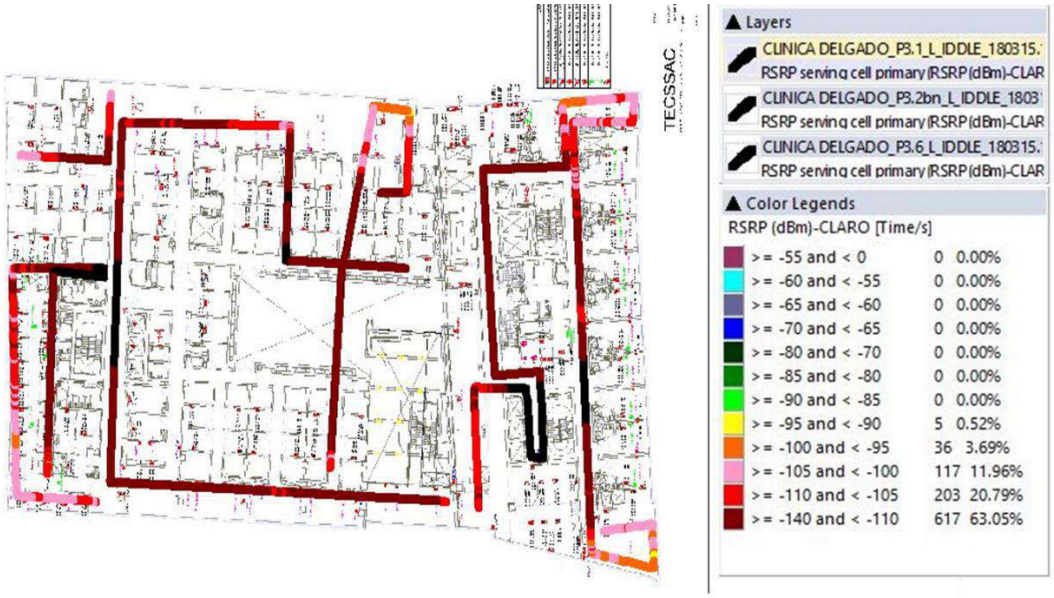



*Fig. 104:* Plot RSRP en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.23. *Piso 3, SNIR, 4G*

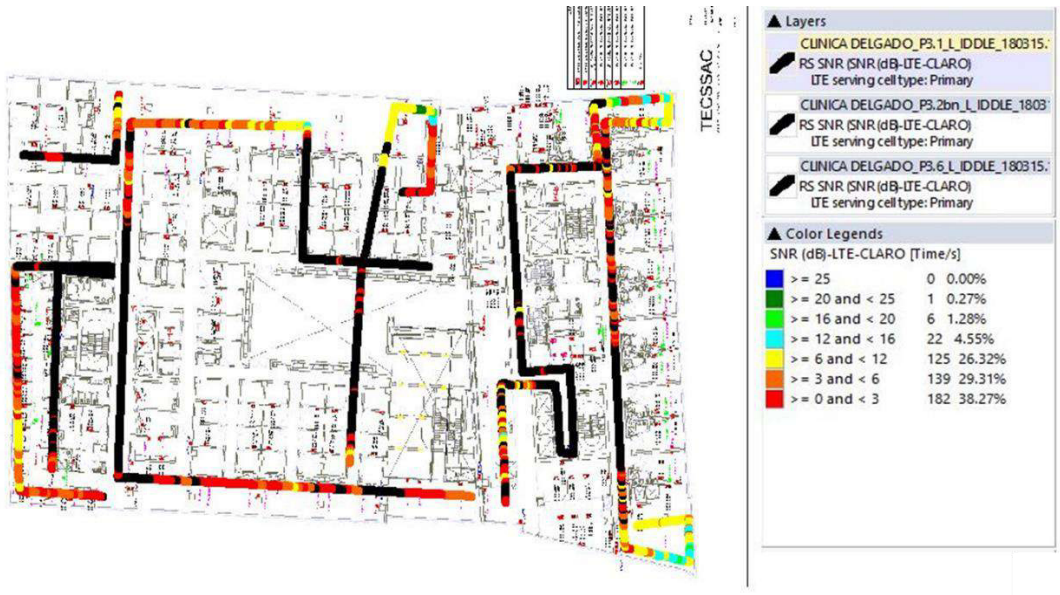



*Fig. 105:* Plot SNIR en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.24. *Piso 3, PCI, 4G*




*Fig. 106:* Plot PCI en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.25. *Piso 2, RSRP, 4G*




*Fig. 107:* Plot RSRP en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.26. *Piso 2, SNIR, 4G*




*Fig. 108:* Plot SNIR en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.27. *Piso 2, PCI, 4G*




*Fig. 109:* Plot PCI en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.28. *Sótano 1, RSRP, 4G*

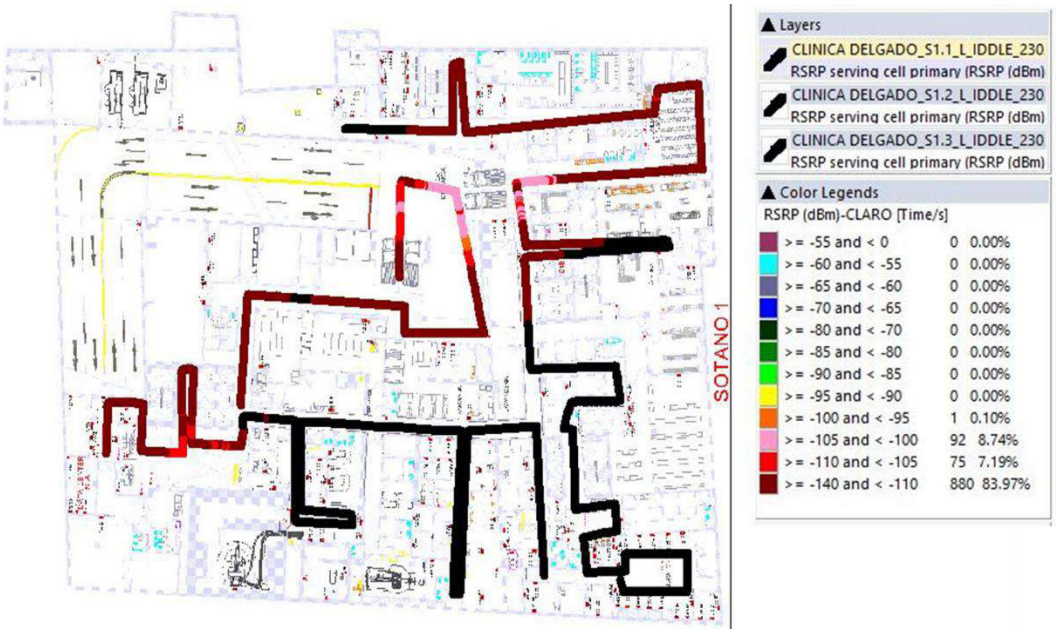



*Fig. 110:* Plot RSRP en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.29. *Sótano 1, SNIR, 4G*

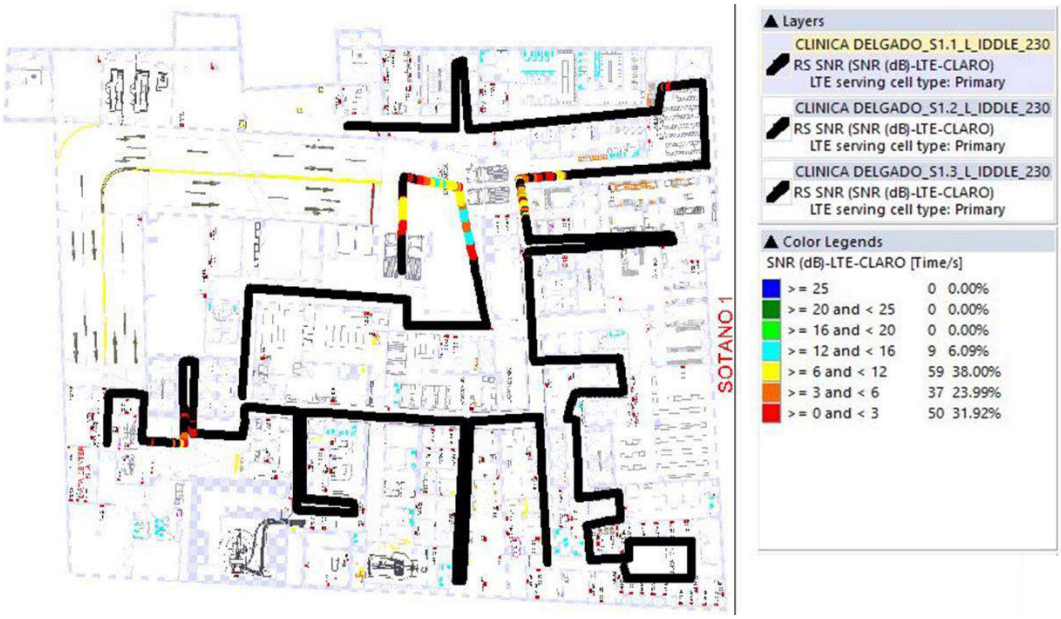



*Fig. 111:* Plot SNIR en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.30. *Sótano 1, PCI, 4G*

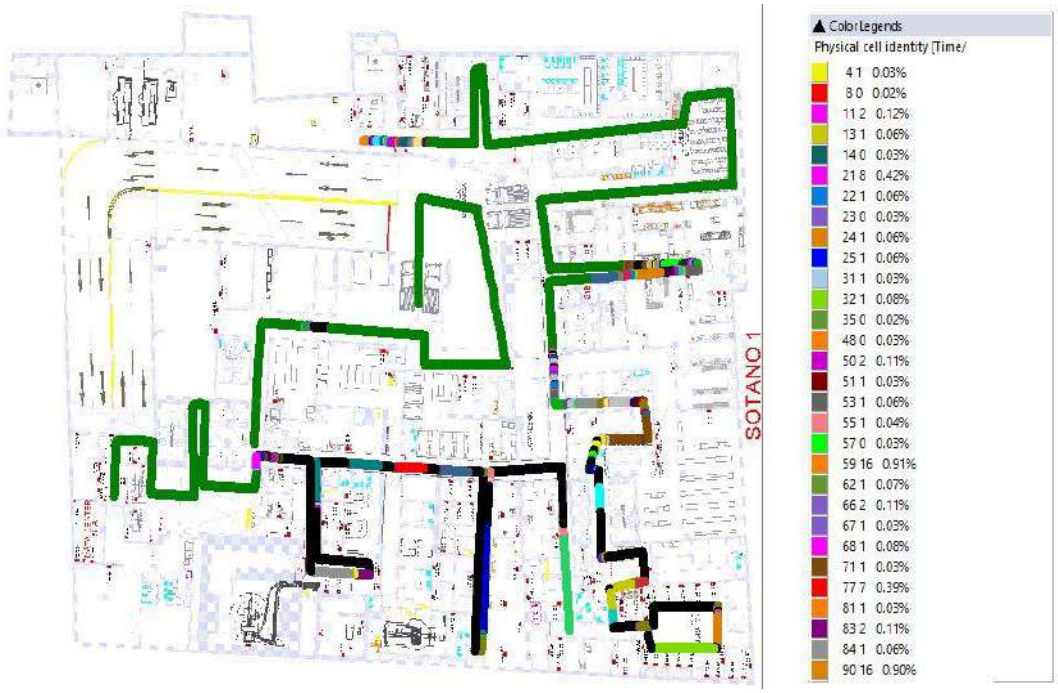



*Fig. 112:* Plot PCI en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.31. *Sótano 2, RSRP, 4G*

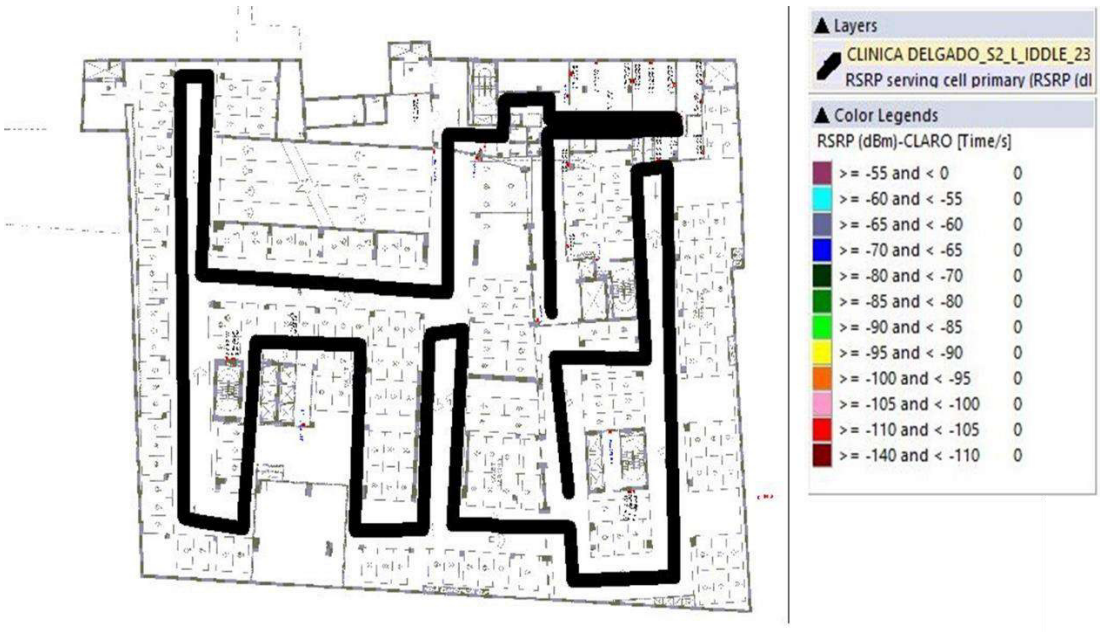



*Fig. 113:* Plot RSRP en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.32. *Sótano 2, SNIR, 4G*

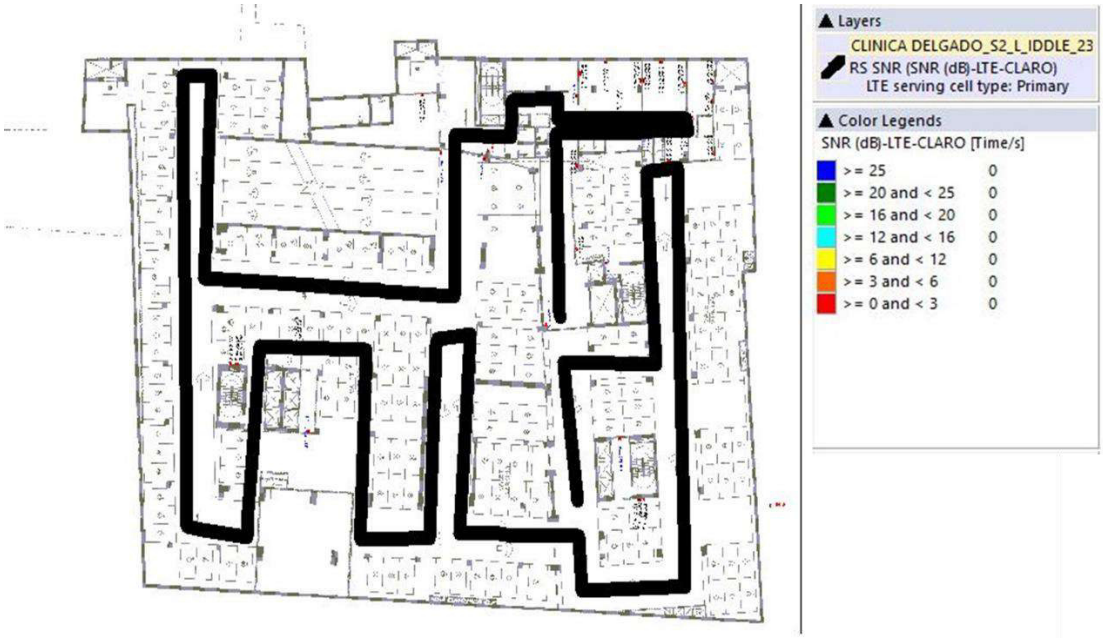



*Fig. 114:* Plot SNIR en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.33. *Sótano 2, PCI, 4G*

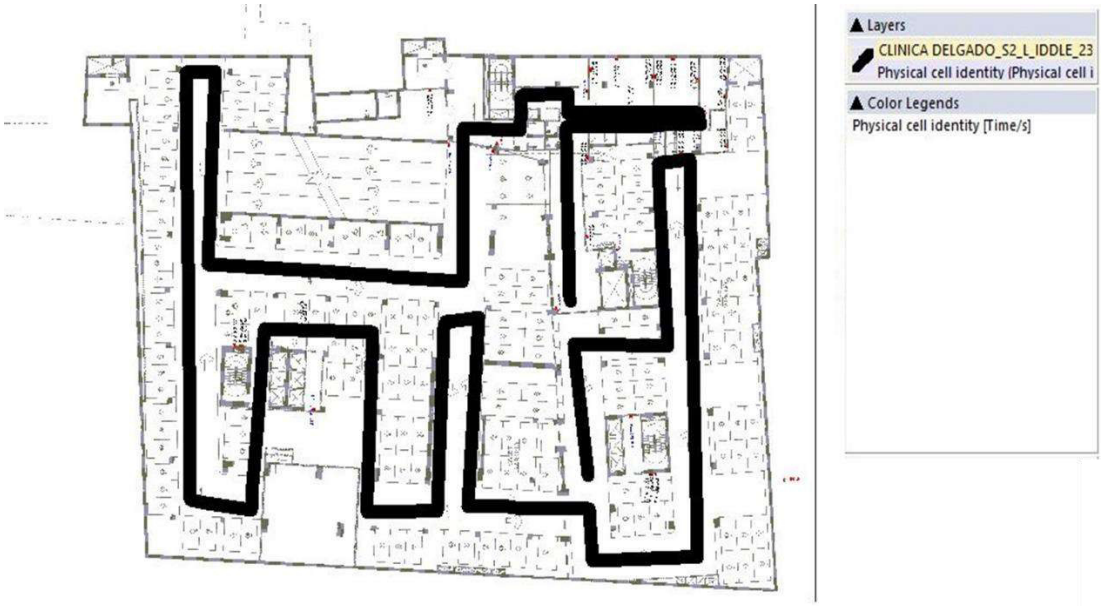



*Fig. 115:* Plot PCI en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.34. *Sótanos 3-5, RSRP, 4G*




*Fig. 116:* Plot RSRP en los Sótanos 3-5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.35. *Sótanos 3-5, SNIR, 4G*




*Fig. 117:* Plot SNIR en los Sótanos 3-5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.1.2.36. *Sótanos 3-5, PCI, 4G*




*Fig. 118:* Plot PCI en los Sótanos 3-5. Fuente: Elaboración Propia

## 7.2. MEDICIONES INICIALES EXTERNAS

### 7.2.1. Mediciones 3G

#### 7.2.1.1. *Outdoor, RSCP, 3G*




*Fig. 119:* Plot RSCP. Fuente: Elaboración Propia

### 7.2.1.2. *Outdoor, Ec/No, 3G*

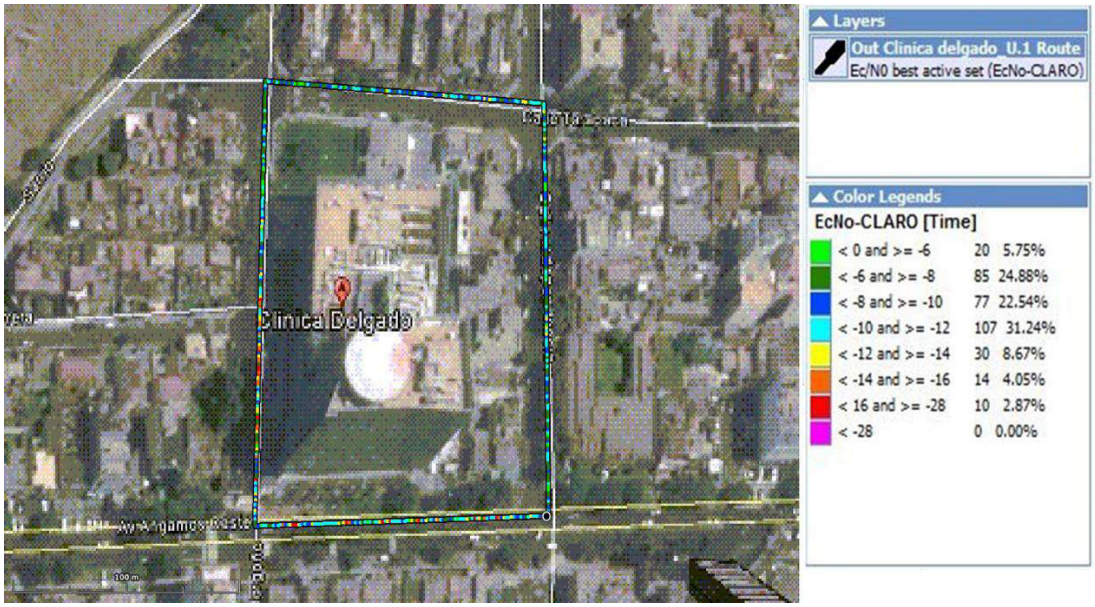



*Fig. 120:* Plot Ec/No. Fuente: Elaboración Propia

### 7.2.1.3. *Outdoor, Scrambling Code, 3G*




*Fig. 121:* Plot Scrambling Code. Fuente: Elaboración Propia

### 7.2.2. Mediciones 4G

#### 7.2.2.1. *Outdoor, RSRP, 4G*

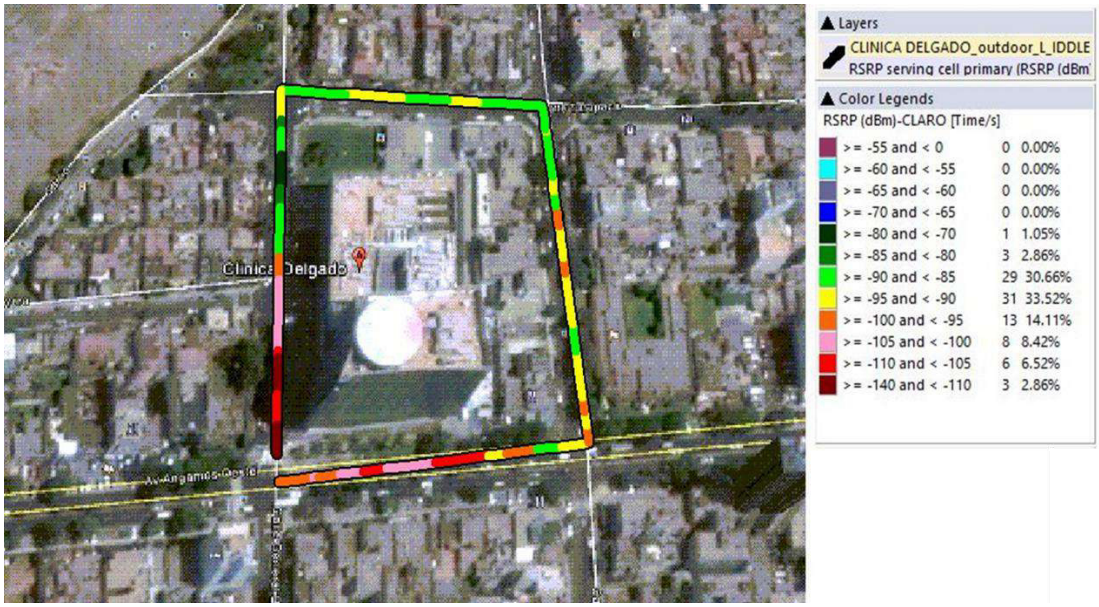



*Fig. 122:* Plot RSRP. Fuente: Elaboración Propia

#### 7.2.2.2. *Outdoor, SNIR, 4G*

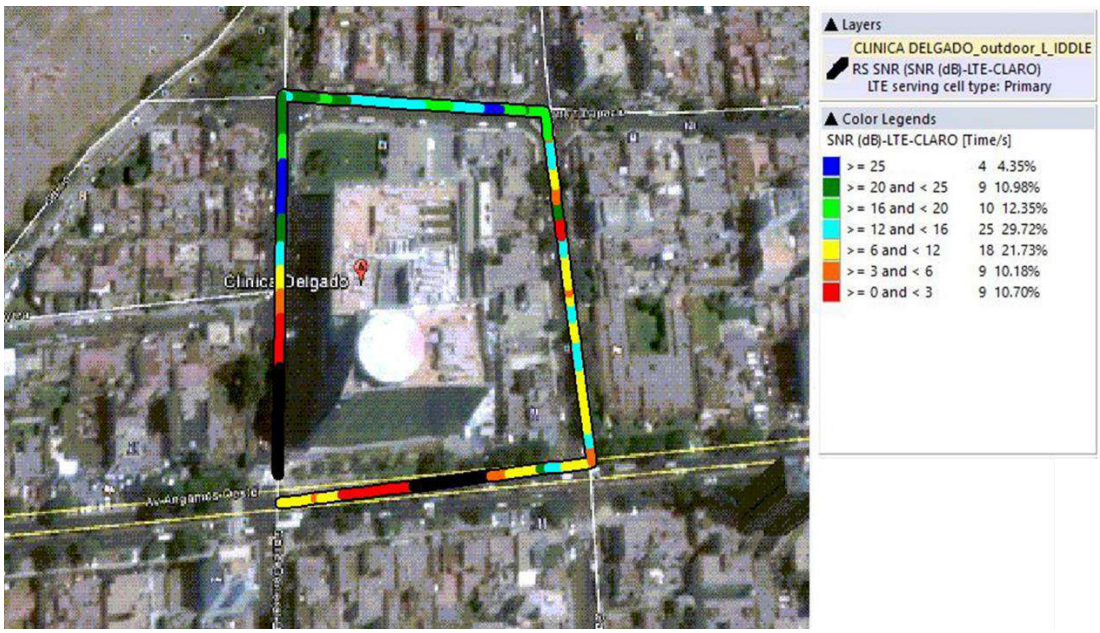



*Fig. 123:* Plot SNIR. Fuente: Elaboración Propia

### 7.2.2.3. *Outdoor, PCI, 4G*




*Fig. 124:* Plot PCI. Fuente: Elaboración Propia

## 7.3. HOJAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

### 7.3.1. Splitter de 2 Vías

# Product Specifications

COMMSCOPE



VD-S2-CPUSE-H-N

**ValuDAS™, Two-way Reactive Power Splitter, 698–2700 MHz**

## General Specifications

| | |
|---|---|
| Brand | ValuDAS™ |
| Device Type | Splitter |
| Interface | N Female |
| Color | Black |
| Ordering Note | Available in Central and Latin America, Europe, Middle East, Africa, and Asia Pacific |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| Operating Frequency Band | 698 – 2700 MHz |
| 3rd Order IMD | -150 dBc (relative to carrier) |
| 3rd Order IMD Test Method | Two +43 dBm carriers |
| Average Power, maximum | 300 W |
| Dissipative Loss at Frequency Band | 0.2 dB @ 698–2700 MHz |
| Impedance | 50 ohm |
| Peak Power, maximum | 3 kW |
| Power Rating, Splitting | 300 W |
| Reflected Power, maximum | 300 W |
| Return Loss, minimum | 20.8 dB |
| Split Loss | 3.0 dB |
| VSWR | 1.2:1 |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| Inner Contact Plating | Silver |
| Outer Contact Plating | Trimetal |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| Application | Indoor |
| Ingress Protection Test Method | IEC 60529:2001, IP65 |
| Operating Temperature | -35 °C to +85 °C (-31 °F to +185 °F) |
| Relative Humidity | Up to 100% |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 23.00 mm \| 0.91 in |
| Length | 217.00 mm \| 8.54 in |
| Width | 59.00 mm \| 2.32 in |
| Net Weight | 300.00 g \| 0.66 lb |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

# Product Specifications

VD-S2-CPUSE-H-N

## Packed Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 38.0 mm \| 1.5 in |
| Length | 247.0 mm \| 9.7 in |
| Width | 73.0 mm \| 2.9 in |
| Shipping Weight | 360.00 g \| 0.79 lb |
| Volume | 685.2 cc |

## Regulatory Compliance/Certifications

| Agency | Classification |
|---|---|
| RoHS 2011/65/EU | Compliant by Exemption |
| ISO 9001:2008 | Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system |



©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

### 7.3.2. Splitter de 3 Vías

# Product Specifications

COMMSCOPE®



VD-S3-CPUSE-H-N

**ValuDAS™, Three-way Reactive Power Splitter, 698–2700 MHz**

## General Specifications

| | |
|---|---|
| Brand | ValuDAS™ |
| Device Type | Splitter |
| Interface | N Female |
| Color | Black |
| Ordering Note | Available in Central and Latin America, Europe, Middle East, Africa, and Asia Pacific |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| Operating Frequency Band | 698 – 2700 MHz |
| 3rd Order IMD | -150 dBc (relative to carrier) |
| 3rd Order IMD Test Method | Two +43 dBm carriers |
| Average Power, maximum | 300 W |
| Dissipative Loss at Frequency Band | 0.3 dB @ 698–2700 MHz |
| Impedance | 50 ohm |
| Peak Power, maximum | 3 kW |
| Power Rating, Splitting | 300 W |
| Reflected Power, maximum | 300 W |
| Return Loss, minimum | 20.8 dB |
| Split Loss | 4.8 dB |
| VSWR | 1.2:1 |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| Inner Contact Plating | Silver |
| Outer Contact Plating | Trimetal |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| Application | Indoor |
| Ingress Protection Test Method | IEC 60529:2001, IP65 |
| Operating Temperature | -35 °C to +85 °C (-31 °F to +185 °F) |
| Relative Humidity | Up to 100% |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 23.00 mm \| 0.91 in |
| Length | 279.00 mm \| 10.98 in |
| Width | 59.00 mm \| 2.32 in |
| Net Weight | 380.00 g \| 0.84 lb |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

# Product Specifications

VD-S3-CPUSE-H-N

## Packed Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 42.0 mm \| 1.7 in |
| Length | 315.0 mm \| 12.4 in |
| Width | 77.0 mm \| 3.0 in |
| Shipping Weight | 430.00 g \| 0.95 lb |
| Volume | 1018.7 cc |

## Regulatory Compliance/Certifications

| Agency | Classification |
|---|---|
| RoHS 2011/65/EU | Compliant by Exemption |
| ISO 9001:2008 | Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system |



©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

### 7.3.3. Splitter de 4 Vías

# Product Specifications

COMMSCOPE®



VD-S4-CPUSE-H-N

**ValuDAS™, Four-way Reactive Power Splitter, 698–2700 MHz**

## General Specifications

| | |
|---|---|
| Brand | ValuDAS™ |
| Device Type | Splitter |
| Interface | N Female |
| Color | Black |
| Ordering Note | Available in Central and Latin America, Europe, Middle East, Africa, and Asia Pacific |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| Operating Frequency Band | 698 – 2700 MHz |
| 3rd Order IMD | -150 dBc (relative to carrier) |
| 3rd Order IMD Test Method | Two +43 dBm carriers |
| Average Power, maximum | 300 W |
| Dissipative Loss at Frequency Band | 0.4 dB @ 698–2700 MHz |
| Impedance | 50 ohm |
| Peak Power, maximum | 3 kW |
| Power Rating, Splitting | 300 W |
| Reflected Power, maximum | 300 W |
| Return Loss, minimum | 20.8 dB |
| Split Loss | 6.0 dB |
| VSWR | 1.2:1 |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| Inner Contact Plating | Silver |
| Outer Contact Plating | Trimetal |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| Application | Indoor |
| Ingress Protection Test Method | IEC 60529:2001, IP65 |
| Operating Temperature | -35 °C to +85 °C (-31 °F to +185 °F) |
| Relative Humidity | Up to 100% |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 41.00 mm \| 1.61 in |
| Length | 279.00 mm \| 10.98 in |
| Width | 59.00 mm \| 2.32 in |
| Net Weight | 410.00 g \| 0.90 lb |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: February 4, 2016

# Product Specifications

VD-S4-CPUSE-H-N

## Packed Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 55.0 mm \| 2.2 in |
| Length | 315.0 mm \| 12.4 in |
| Width | 77.0 mm \| 3.0 in |
| Shipping Weight | 480.00 g \| 1.06 lb |
| Volume | 1164.2 cc |

## Regulatory Compliance/Certifications

| Agency | Classification |
|---|---|
| RoHS 2011/65/EU | Compliant by Exemption |
| ISO 9001:2008 | Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system |



©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: February 4, 2016

### 7.3.4. Acoplador de 6 dB

# Product Specifications

COMMSCOPE®



VD-C6-CPUSE-N-A

**ValuDAS™, 6 dB, Air Directional Coupler, 698–2700 MHz**

## General Specifications

| | |
|---|---|
| Brand | ValuDAS™ |
| Device Type | Coupler |
| Interface | N Female |
| Color | Black |
| Ordering Note | Available in Central and Latin America, Europe, Middle East, Africa, and Asia Pacific |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| Operating Frequency Band | 698 – 2700 MHz |
| 3rd Order IMD | -150 dBc (relative to carrier) |
| 3rd Order IMD Test Method | Two +43 dBm carriers |
| Average Power, maximum | 200 W |
| Coupling | 6.0 dB |
| Coupling Tolerance | ±1.0 dB |
| Impedance | 50 ohm |
| Insertion Loss at Frequency Band | 1.7 dB @ 698–2700 MHz |
| Isolation at Frequency Band | 26 dB @ 698–2700 MHz |
| Peak Power, maximum | 1 kW |
| Reflected Power, maximum | 40 W |
| Return Loss, minimum | 20.8 dB |
| VSWR | 1.2:1 |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| Inner Contact Plating | Silver |
| Outer Contact Plating | Trimetal |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| Application | Indoor |
| Ingress Protection Test Method | IEC 60529:2001, IP65 |
| Operating Temperature | -35 °C to +85 °C (-31 °F to +185 °F) |
| Relative Humidity | Up to 100% |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 22.00 mm \| 0.87 in |
| Length | 155.00 mm \| 6.10 in |
| Width | 75.00 mm \| 2.95 in |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

# Product Specifications

VD-C6-CPUSE-N-A

| | |
|---|---|
| Net Weight | 370.00 g \| 0.82 lb |

## Packed Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 38.0 mm \| 1.5 in |
| Length | 178.0 mm \| 7.0 in |
| Width | 88.0 mm \| 3.5 in |
| Shipping Weight | 420.00 g \| 0.93 lb |
| Volume | 595.2 cc |

## Regulatory Compliance/Certifications

| Agency | Classification |
|---|---|
| RoHS 2011/65/EU | Compliant by Exemption |
| ISO 9001:2008 | Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system |



©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

### 7.3.5. Acoplador de 8 dB

# Product Specifications

COMMSCOPE®



VD-C8-CPUSE-N-A

**ValuDAS™, 8 dB, Air Directional Coupler, 698–2700 MHz**

## General Specifications

| | |
|---|---|
| Brand | ValuDAS™ |
| Device Type | Coupler |
| Interface | N Female |
| Color | Black |
| Ordering Note | Available in Central and Latin America, Europe, Middle East, Africa, and Asia Pacific |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| Operating Frequency Band | 698 – 2700 MHz |
| 3rd Order IMD | -150 dBc (relative to carrier) |
| 3rd Order IMD Test Method | Two +43 dBm carriers |
| Average Power, maximum | 200 W |
| Coupling | 8.0 dB |
| Coupling Tolerance | ±1.0 dB |
| Impedance | 50 ohm |
| Insertion Loss at Frequency Band | 1.1 dB @ 698–2700 MHz |
| Isolation at Frequency Band | 28 dB @ 698–2700 MHz |
| Peak Power, maximum | 1 kW |
| Reflected Power, maximum | 70 W |
| Return Loss, minimum | 20.8 dB |
| VSWR | 1.2:1 |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| Inner Contact Plating | Silver |
| Outer Contact Plating | Trimetal |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| Application | Indoor |
| Ingress Protection Test Method | IEC 60529:2001, IP65 |
| Operating Temperature | -35 °C to +85 °C (-31 °F to +185 °F) |
| Relative Humidity | Up to 100% |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 22.00 mm \| 0.87 in |
| Length | 155.00 mm \| 6.10 in |
| Width | 75.00 mm \| 2.95 in |
| Net Weight | 370.00 g \| 0.82 lb |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

# Product Specifications

VD-C8-CPUSE-N-A

## Packed Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 38.0 mm \| 1.5 in |
| Length | 178.0 mm \| 7.0 in |
| Width | 88.0 mm \| 3.5 in |
| Shipping Weight | 420.00 g \| 0.93 lb |
| Volume | 595.2 cc |

## Regulatory Compliance/Certifications

| Agency | Classification |
|---|---|
| RoHS 2011/65/EU | Compliant by Exemption |
| ISO 9001:2008 | Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system |



©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

### 7.3.6. Acoplador de 10 dB

# Product Specifications

COMMSCOPE®



VD-C10-CPUSE-N-A

**ValuDAS™, 10 dB, Air Directional Coupler, 698–2700 MHz**

## General Specifications

| | |
|---|---|
| Brand | ValuDAS™ |
| Device Type | Coupler |
| Interface | N Female |
| Color | Black |
| Ordering Note | Available in Central and Latin America, Europe, Middle East, Africa, and Asia Pacific |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| Operating Frequency Band | 698 – 2700 MHz |
| 3rd Order IMD | -150 dBc (relative to carrier) |
| 3rd Order IMD Test Method | Two +43 dBm carriers |
| Average Power, maximum | 200 W |
| Coupling | 10.0 dB |
| Coupling Tolerance | ±1.0 dB |
| Impedance | 50 ohm |
| Insertion Loss at Frequency Band | 0.8 dB @ 698–2700 MHz |
| Isolation at Frequency Band | 30 dB @ 698–2700 MHz |
| Peak Power, maximum | 1 kW |
| Reflected Power, maximum | 100 W |
| Return Loss, minimum | 20.8 dB |
| VSWR | 1.2:1 |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| Inner Contact Plating | Silver |
| Outer Contact Plating | Trimetal |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| Application | Indoor |
| Ingress Protection Test Method | IEC 60529:2001, IP65 |
| Operating Temperature | -35 °C to +85 °C (-31 °F to +185 °F) |
| Relative Humidity | Up to 100% |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 22.00 mm \| 0.87 in |
| Length | 155.00 mm \| 6.10 in |
| Width | 75.00 mm \| 2.95 in |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

# Product Specifications

VD-C10CPUSE-N-A

| | |
|---|---|
| Net Weight | 370.00 g \| 0.82 lb |

## Packed Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 38.0 mm \| 1.5 in |
| Length | 178.0 mm \| 7.0 in |
| Width | 88.0 mm \| 3.5 in |
| Shipping Weight | 420.00 g \| 0.93 lb |
| Volume | 595.2 cc |

## Regulatory Compliance/Certifications

| Agency | Classification |
|---|---|
| RoHS 2011/65/EU | Compliant by Exemption |
| ISO 9001:2008 | Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

### 7.3.7. Acoplador de 15 dB

# Product Specifications

COMMSCOPE®



VD-C15-CPUSE-N-A

**ValuDAS™, 15 dB, Air Directional Coupler, 698–2700 MHz**

## General Specifications

| | |
|---|---|
| Brand | ValuDAS™ |
| Device Type | Coupler |
| Interface | N Female |
| Color | Black |
| Ordering Note | Available in Central and Latin America, Europe, Middle East, Africa, and Asia Pacific |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| Operating Frequency Band | 698 – 2700 MHz |
| 3rd Order IMD | -150 dBc (relative to carrier) |
| 3rd Order IMD Test Method | Two +43 dBm carriers |
| Average Power, maximum | 200 W |
| Coupling | 15.0 dB |
| Coupling Tolerance | ±1.0 dB |
| Impedance | 50 ohm |
| Insertion Loss at Frequency Band | 0.4 dB @ 698–2700 MHz |
| Isolation at Frequency Band | 35 dB @ 698–2700 MHz |
| Peak Power, maximum | 1 kW |
| Reflected Power, maximum | 200 W |
| Return Loss, minimum | 20.8 dB |
| VSWR | 1.2:1 |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| Inner Contact Plating | Silver |
| Outer Contact Plating | Trimetal |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| Application | Indoor |
| Ingress Protection Test Method | IEC 60529:2001, IP65 |
| Operating Temperature | -35 °C to +85 °C (-31 °F to +185 °F) |
| Relative Humidity | Up to 100% |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 22.00 mm \| 0.87 in |
| Length | 155.00 mm \| 6.10 in |
| Width | 75.00 mm \| 2.95 in |
| Net Weight | 370.00 g \| 0.82 lb |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

# Product Specifications

VD-C15-CPUSE-N-A

## Packed Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 38.0 mm \| 1.5 in |
| Length | 178.0 mm \| 7.0 in |
| Width | 88.0 mm \| 3.5 in |
| Shipping Weight | 420.00 g \| 0.93 lb |
| Volume | 595.2 cc |

## Regulatory Compliance/Certifications

| Agency | Classification |
|---|---|
| RoHS 2011/65/EU | Compliant by Exemption |
| ISO 9001:2008 | Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system |



©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

### 7.3.8. Cable Coaxial de 1/2" Superflex

# Product Specifications

COMMSCOPE®



SFX-500

**SFX-500, HELIAX® Superflexible Coaxial Cable, smoothwall aluminum, 1/2 in, black PE jacket**

## Construction Materials

| | |
|---|---|
| Jacket Material | PE |
| Outer Conductor Material | Smoothwall aluminum |
| Dielectric Material | Foam PE |
| Flexibility | Superflexible |
| Inner Conductor Material | Copper-clad aluminum wire |
| Jacket Color | Black |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| Nominal Size | 1/2 in |
| Cable Weight | 0.10 kg/m \| 0.07 lb/ft |
| Diameter Over Jacket | 11.430 mm \| 0.450 in |
| Inner Conductor OD | 0.1400 in \| 3.5600 mm |
| Outer Conductor OD | 0.396 in \| 10.100 mm |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| Cable Impedance | 50 ohm ±1 ohm |
| Capacitance | 24.2 pF/ft \| 78.9 pF/m |
| dc Resistance, Inner Conductor | 0.820 ohms/kft \| 2.690 ohms/km |
| dc Resistance, Outer Conductor | 0.850 ohms/kft \| 2.790 ohms/km |
| dc Test Voltage | 2500 V |
| Inductance | 0.190 µH/m \| 0.058 µH/ft |
| Insulation Resistance | 100000 Mohms•km |
| Jacket Spark Test Voltage (rms) | 5000 V |
| Operating Frequency Band | 100 – 12000 MHz |
| Peak Power | 15.6 kW |
| Velocity | 87% |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| Installation Temperature | -40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F) |
| Operating Temperature | -40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F) |
| Storage Temperature | -55 °C to +80 °C (-67 °F to +176 °F) |

## General Specifications

| | |
|---|---|
| Brand | HELIAX® |
| Ordering Note | CommScope® non-standard product \| Not available in the United States or Canada |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| Bending Moment | 2.7 N-m \| 2.0 ft lb |
| Flat Plate Crush Strength | 1.7 kg/mm \| 95.0 lb/in |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: March 28, 2016

# Product Specifications

COMMSCOPE®

SFX-500

| | |
|---|---|
| Minimum Bend Radius, Multiple Bends | 88.90 mm \| 3.50 in |
| Minimum Bend Radius, Single Bend | 31.75 mm \| 1.25 in |
| Number of Bends, minimum | 20 |
| Tensile Strength | 113 kg \| 250 lb |

## Note

| | |
|---|---|
| Performance Note | Values typical, unless otherwise stated |

## Standard Conditions

| | |
|---|---|
| Attenuation, Ambient Temperature | 20 °C \| 68 °F |
| Average Power, Ambient Temperature | 40 °C \| 104 °F |
| Average Power, Inner Conductor Temperature | 100 °C \| 212 °F |

## Return Loss/VSWR

| Frequency Band | VSWR | Return Loss (dB) |
|---|---|---|
| 680–960 MHz | 1.13 | 24.30 |
| 1700–2000 MHz | 1.13 | 24.30 |
| 2300–2700 MHz | 1.13 | 24.30 |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: March 28, 2016

### 7.3.9. Cable Coaxial de 1/2" Rígido

# Product Specifications

COMMSCOPE®



FXL-540

**FXL-540, HELIAX® Flexible Coaxial Cable, smoothwall aluminum, 1/2 in, black PE jacket**

## Construction Materials

| | |
|---|---|
| Jacket Material | PE |
| Outer Conductor Material | Smoothwall aluminum |
| Dielectric Material | Foam PE |
| Flexibility | Standard |
| Inner Conductor Material | Copper-clad aluminum wire |
| Jacket Color | Black |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| Nominal Size | 1/2 in |
| Cable Weight | 0.12 lb/ft \| 0.17 kg/m |
| Diameter Over Jacket | 15.494 mm \| 0.610 in |
| Inner Conductor OD | 0.1980 in \| 5.0300 mm |
| Outer Conductor OD | 0.540 in \| 13.700 mm |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| Cable Impedance | 50 ohm ±1 ohm |
| Capacitance | 23.1 pF/ft \| 75.8 pF/m |
| dc Resistance, Inner Conductor | 0.420 ohms/kft \| 1.380 ohms/km |
| dc Resistance, Outer Conductor | 0.630 ohms/kft \| 2.070 ohms/km |
| dc Test Voltage | 2500 V |
| Inductance | 0.190 µH/m \| 0.058 µH/ft |
| Insulation Resistance | 100000 Mohms•km |
| Jacket Spark Test Voltage (rms) | 5000 V |
| Operating Frequency Band | 100 – 8800 MHz |
| Peak Power | 41.8 kW |
| Velocity | 88% |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| Installation Temperature | -40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F) |
| Operating Temperature | -50 °C to +70 °C (-58 °F to +158 °F) |
| Storage Temperature | -55 °C to +80 °C (-67 °F to +176 °F) |

## General Specifications

| | |
|---|---|
| Brand | HELIAX® |
| Ordering Note | CommScope® non-standard product \| Not available in the United States or Canada |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| Bending Moment | 8.8 N-m \| 6.5 ft lb |
| Flat Plate Crush Strength | 1.7 kg/mm \| 90.0 lb/in |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: March 28, 2016

# Product Specifications

FXL-540

| | |
|---|---|
| Minimum Bend Radius, Multiple Bends | 101.60 mm \| 4.00 in |
| Minimum Bend Radius, Single Bend | 50.80 mm \| 2.00 in |
| Number of Bends, minimum | 15 |
| Tensile Strength | 181 kg \| 400 lb |

## Note

| | |
|---|---|
| Performance Note | Values typical, unless otherwise stated |

## Standard Conditions

| | |
|---|---|
| Attenuation, Ambient Temperature | 20 °C \| 68 °F |
| Average Power, Ambient Temperature | 40 °C \| 104 °F |
| Average Power, Inner Conductor Temperature | 100 °C \| 212 °F |

## Return Loss/VSWR

| Frequency Band | VSWR | Return Loss (dB) |
|---|---|---|
| 680–960 MHz | 1.13 | 24.30 |
| 1700–2000 MHz | 1.13 | 24.30 |
| 2300–2700 MHz | 1.13 | 24.30 |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: March 28, 2016

## 7.3.10. Cable Coaxial de 7/8''

# FXL-780-NHR



FXL-780, HELIAX® Flexible Coaxial Cable, smoothwall aluminum, 7/8 in, black non-halogenated, fire retardant, low smoke, riser rated polyolefin jacket

**OBSOLETE**
**This product was discontinued on: December 31, 2017**

**Replaced By**

| | |
|---|---|
| AVA5RK-50 | AVA5-50, HELIAX® Andrew Virtual Air™ Coaxial Cable, corrugated copper, 7/8 in, black non-halogenated, fire retardant polyolefin jacket B2ca- s1a, d1,a1 (CPR testing is conducted annually please reference the website for latest classification) |
| AVA5-50 | AVA5-50, HELIAX® Andrew Virtual Air™ Coaxial Cable, corrugated copper, 7/8 in, black PE jacket (Halogen free jacketing non-fire-retardant) |
| AVA5-50FX | AVA5-50FX, HELIAX® Andrew Virtual Air™ Coaxial Cable, corrugated copper, 7/8 in, black PE jacket (Halogen free jacketing non-fire-retardant) |

## Product Classification

| | |
|---|---|
| **Brand** | HELIAX® |
| **Product Series** | FXL-780 |
| **Product Type** | Coaxial wireless cable |

## Standards And Qualifications

| | |
|---|---|
| **EN50575 CPR Cable EuroClass** | Dca \| s2 \| d2 |

## Construction Materials

| | |
|---|---|
| **Jacket Material** | Non-halogenated, fire retardant polyolefin |
| **Outer Conductor Material** | Smoothwall aluminum |
| **Dielectric Material** | Foam PE |
| **Flexibility** | Flexible |
| **Inner Conductor Material** | Copper |
| **Jacket Color** | Black |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| **Nominal Size** | 7/8 in |
| **Cable Weight** | 0.25 lb/ft \| 0.37 kg/m |
| **Diameter Over Jacket** | 1.090 in \| 27.700 mm |
| **Inner Conductor OD** | 0.3750 in \| 9.5000 mm |
| **Outer Conductor OD** | 1.005 in \| 25.500 µm |

## Electrical Specifications



©2019 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: August 28, 2019

COMMSCOPE®

# FXL-780-NHR

| | |
|---|---|
| **Cable Impedance** | 50 ohm ±1 ohm |
| **Capacitance** | 23.0 pF/ft \| 75.0 pF/m |
| **dc Resistance, Inner Conductor** | 1.005 ohms/kft \| 3.300 ohms/km |
| **dc Resistance, Outer Conductor** | 0.350 ohms/kft \| 1.150 ohms/km |
| **dc Test Voltage** | 6000 V |
| **Inductance** | 0.190 µH/m \| 0.058 µH/ft |
| **Insulation Resistance** | 100000 Mohms•km |
| **Jacket Spark Test Voltage (rms)** | 8000 V |
| **Operating Frequency Band** | 100 – 5300 MHz |
| **Peak Power** | 86.0 kW |
| **Velocity** | 88 % |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| **Installation Temperature** | -40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F) |
| **Operating Temperature** | -40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F) |
| **Storage Temperature** | -40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F) |

## General Specifications

| | |
|---|---|
| **Ordering Note** | CommScope® non-standard product \| Not available in the United States or Canada |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| **Bending Moment** | 26.0 ft lb \| 35.0 N-m |
| **Fire Retardancy Test Method** | IEC 60332-3-24 \| UL 1666/CATVR/CMR |
| **Flat Plate Crush Strength** | 170.0 lb/in \| 3.0 kg/mm |
| **Minimum Bend Radius, Multiple Bends** | 203.20 mm \| 8.00 in |
| **Minimum Bend Radius, Single Bend** | 127.00 mm \| 5.00 in |
| **Number of Bends, minimum** | 8 |
| **Smoke Index Test Method** | IEC 61034 |
| **Tensile Strength** | 550 lb \| 249 kg |
| **Toxicity Index Test Method** | IEC 60754-1 \| IEC 60754-2 |

## Note

| | |
|---|---|
| **Performance Note** | Values typical, unless otherwise stated |

## Standard Conditions

| | |
|---|---|
| **Attenuation, Ambient Temperature** | 20 °C \| 68 °F |
| **Average Power, Ambient Temperature** | 40 °C \| 104 °F |
| **Average Power, Inner Conductor Temperature** | 100 °C \| 212 °F |



©2019 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: August 28, 2019

COMMSCOPE®

### 7.3.11. Combinador de Banda Ancha

# Product Specifications

COMMSCOPE®



CHB726-01 | D15T01P31
**Hybrid Combiner**

## Product Classification

| | |
|---|---|
| Brand | UltraBand™ |
| Product Type | Hybrid combiner |

## AISG Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| AISG Carrier | 2176 KHz ± 100 ppm |
| dc Current, maximum | 2.5 A |
| Insertion Loss, maximum | 0.50 dB |
| Return Loss, minimum | 16 dB |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| 3rd Order IMD Test Method | Two +43 dBm carriers |
| 3rd Order IMD, typical | -155 dBc |
| dc Pass-through | Branch 2 |
| Lightning Surge Current | 10 kA |
| Lightning Surge Current Waveform | 8/20 waveform |

## Electrical Specifications (Branch 1)

| | |
|---|---|
| Coupling | 3.1 dB |
| Coupling Tolerance | ±0.5 dB |
| Input Power, PEP | 3.0 kW |
| Input Power, RMS | 150 W |
| Insertion Loss Ripple, maximum | ±0.4 dB |
| Isolation, typical | 30 dB |
| Operating Frequency Band | 698 – 2700 MHz |
| Port Designation | Port 1 |
| Return Loss, minimum | 20 dB |

## Electrical Specifications (Branch 2)

| | |
|---|---|
| Coupling | 3.1 dB |
| Coupling Tolerance | ±0.5 dB |
| Input Power, PEP | 3.0 kW |
| Input Power, RMS | 150 W |
| Insertion Loss Ripple, maximum | ±0.4 dB |
| Isolation, typical | 30 dB |
| Operating Frequency Band | 698 – 2700 MHz |

©2018 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: February 11, 2018

# Product Specifications

CHB726-01 | D15T01P31

| | |
|---|---|
| Port Designation | Port 2 |
| Return Loss, minimum | 20 dB |

©2018 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: February 11, 2018

### 7.3.12. Antena Directiva

# Product Specifications

COMMSCOPE®



CELLMAX-D-CPUSEi

**Cell-Max™ Directional In-building Antenna, 698–960 MHz, 1710–2700 MHz**

## Electrical Specifications

| Frequency Band, MHz | 698–800 | 800–960 | 1710–2170 | 2200–2700 |
|---|---|---|---|---|
| Gain, dBi | 5.0 | 5.0 | 8.0 | 6.0 |
| Beamwidth, Horizontal, degrees | 120 | 90 | 65 | 50 |
| Beamwidth, Vertical, degrees | 90.0 | 85.0 | 55.0 | 40.0 |
| VSWR \| Return Loss, dB | 1.8 \| 10.9 | 1.5 \| 14.0 | 1.5 \| 14.0 | 1.5 \| 14.0 |
| PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc | -140 | -140 | -140 | -140 |
| Input Power per Port, maximum, watts | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Polarization | Vertical | Vertical | Vertical | Vertical |
| Impedance | 50 ohm | 50 ohm | 50 ohm | 50 ohm |

## General Specifications

| | |
|---|---|
| Antenna Type | Directional |
| Application | Indoor |
| Operating Frequency Band | 1710 – 2700 MHz \| 698 – 960 MHz |
| Brand | Cell-Max™ |
| Mount Type | 4-hole wall mounting plate and hardware (included) |
| Package Quantity | 1 |
| Pigtail Cable | 670-141SXE, plenum rated |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| Electrical Note | PIM specifications are less than or equal to the stated value |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| Color | White |
| Pigtail Length | 500.0 mm \| 19.7 in |
| Radome Material | ABS, UV resistant |
| RF Connector Interface | N Female |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| Operating Temperature | -40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F) |
| Relative Humidity | Up to 100% |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| Depth | 44.0 mm \| 1.7 in |
| Length | 210.0 mm \| 8.3 in |
| Width | 180.0 mm \| 7.1 in |
| Net Weight | 0.6 kg \| 1.4 lb |

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

### 7.3.13. Antena Omnidireccional

# Product Specifications

COMMSCOPE®



CELLMAX-O-CPUSEi

**Cell-Max™ Omni In-building Antenna, 698–960 MHz and 1710–2700 MHz**

## Electrical Specifications

| Frequency Band, MHz | 698–800 | 800–960 | 1710–2700 |
|---|---|---|---|
| Gain, dBi | 2.0 | 2.0 | 5.0 |
| Beamwidth, Horizontal, degrees | 360 | 360 | 360 |
| VSWR \| Return Loss, dB | 1.8 \| 10.9 | 1.5 \| 14.0 | 1.5 \| 14.0 |
| PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc | -140 | -140 | -140 |
| Input Power per Port, maximum, watts | 50 | 50 | 50 |
| Polarization | Vertical | Vertical | Vertical |
| Impedance | 50 ohm | 50 ohm | 50 ohm |

## General Specifications

| | |
|---|---|
| Antenna Type | Omni |
| Application | Indoor |
| Operating Frequency Band | 1710 – 2700 MHz \| 698 – 960 MHz |
| Brand | Cell-Max™ |
| Mount Type | Thru-hole ceiling mount (optional) |
| Package Quantity | 1 |
| Pigtail Cable | 670-141SXE, plenum rated |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| Electrical Note | PIM specifications are less than or equal to the stated value |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| Color | White |
| Pigtail Length | 500.0 mm \| 19.7 in |
| Radome Material | ABS, UV resistant |
| RF Connector Interface | N Female |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| Operating Temperature | -40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F) |
| Relative Humidity | Up to 100% |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| Height | 85.00 mm \| 3.35 in |
| Outer Diameter | 186.0 mm \| 7.3 in |
| Net Weight | 0.3 kg \| 0.7 lb |

## Packed Dimensions

©2016 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.
All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: January 16, 2016

### 7.3.14. Carga de 25W

# T-25-NM



Termination Load, 0–3000 MHz

**This product will be discontinued on: December 31, 2019**

**Replaced By**

| | |
|---|---|
| T-25-UW-NM | Termination Load, 0–6000 MHz |

## Product Classification

| | |
|---|---|
| **Product Type** | Termination load |

## General Specifications

| | |
|---|---|
| **Device Type** | Termination Load |
| **Interface** | N Male |
| **Color** | Black |

## Electrical Specifications

| | |
|---|---|
| **Operating Frequency Band** | 0 – 3000 MHz |
| **Average Power, maximum** | 25 W |
| **Impedance** | 50 ohm |
| **Return Loss, minimum** | 23.0 dB |
| **VSWR** | 1.15 |

## Mechanical Specifications

| | |
|---|---|
| **Inner Contact Plating** | Silver |
| **Outer Contact Plating** | Trimetal |

## Environmental Specifications

| | |
|---|---|
| **Application** | Indoor/Outdoor |
| **Ingress Protection Test Method** | IEC 60529:2001, IP65 |
| **Operating Temperature** | -35 °C to +50 °C (-31 °F to +122 °F) |



©2019 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: September 26, 2019

COMMSCOPE®

# T-25-NM

| | |
|---|---|
| **Relative Humidity** | Up to 100% |

## Dimensions

| | |
|---|---|
| **Diameter, maximum** | 35.00 mm \| 1.38 in |
| **Length** | 81.50 mm \| 3.21 in |
| **Net Weight** | 165.00 g \| 0.36 lb |

## Packed Dimensions

| | |
|---|---|
| **Height** | 98.0 mm \| 3.9 in |
| **Length** | 58.0 mm \| 2.3 in |
| **Width** | 53.0 mm \| 2.1 in |
| **Shipping Weight** | 195.00 g \| 0.43 lb |
| **Volume** | 302.0 $mm^3$ |

## Regulatory Compliance/Certifications

| **Agency** | **Classification** |
|---|---|
| RoHS 2011/65/EU | |
| ISO 9001:2015 | Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system |



©2019 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope.All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: September 26, 2019

## 7.4. DIAGRAMA UNIFILAR DE LA SOLUCIÓN

### 7.4.1. Sector 1

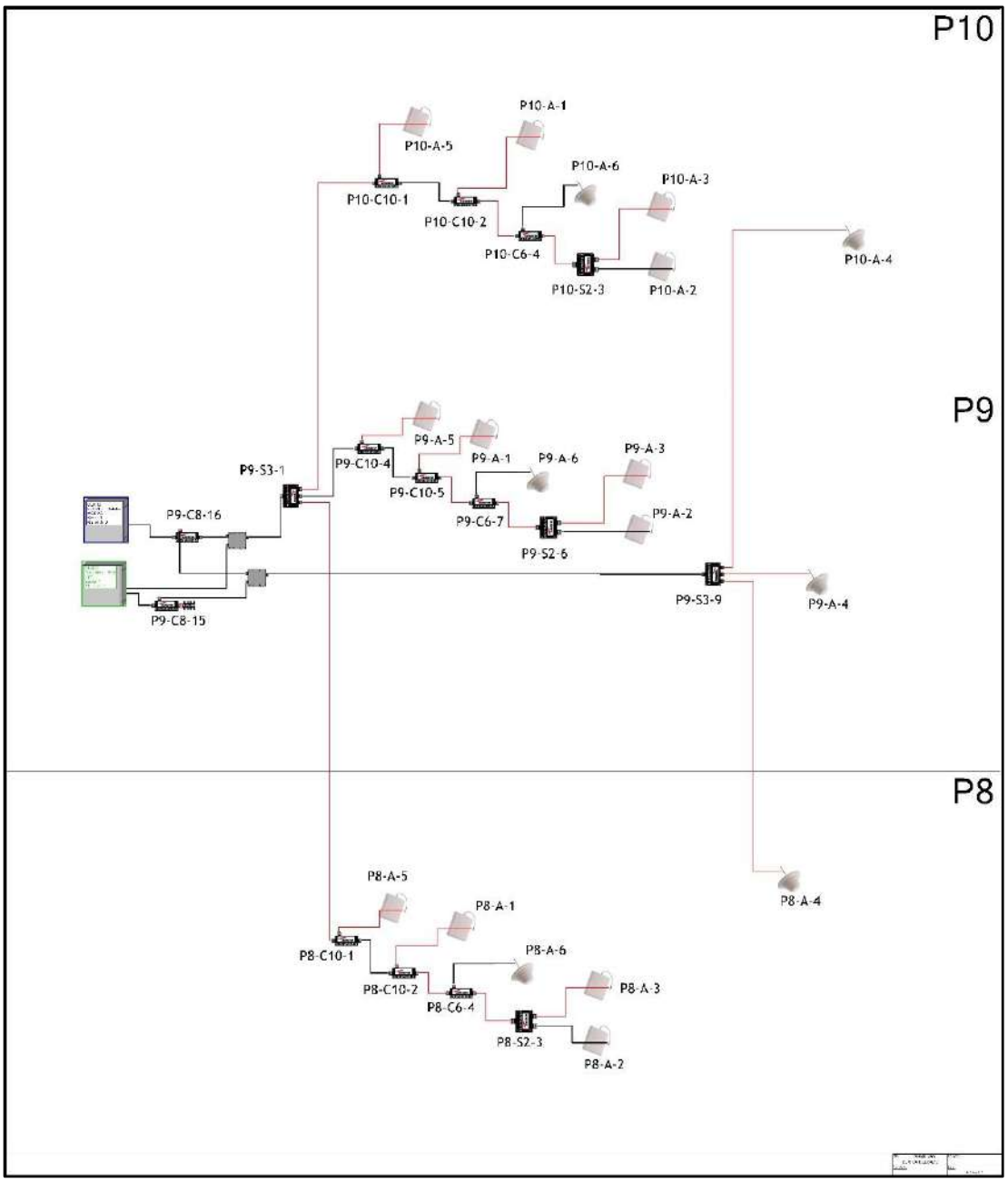



*Fig. 125:* Diagrama Unifilar del Sector 1. Fuente: Elaboración propia

### 7.4.2. Sector 2

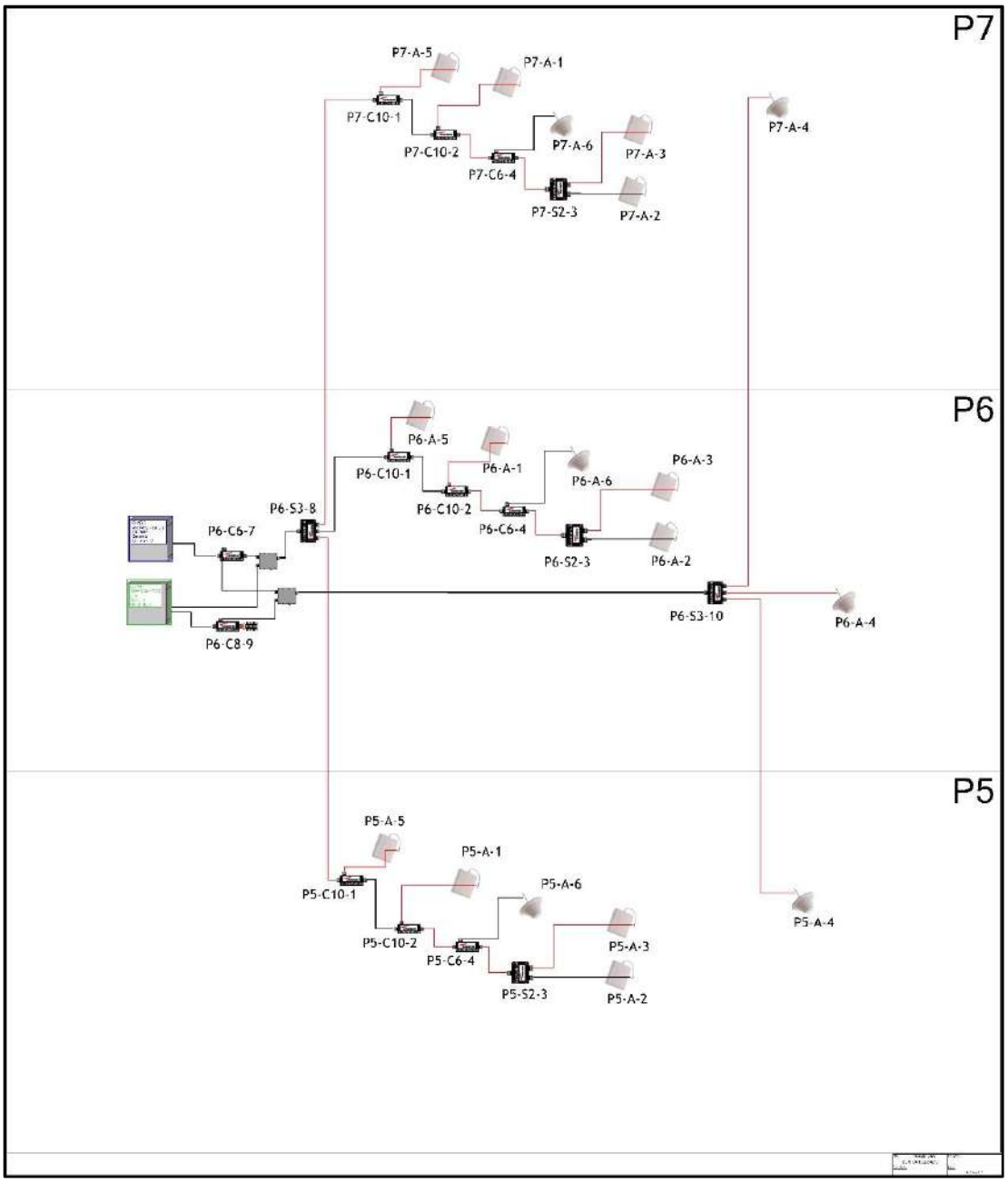



*Fig. 126:* Diagrama Unifilar del Sector 2. Fuente: Elaboración propia

### 7.4.3. Sector 3

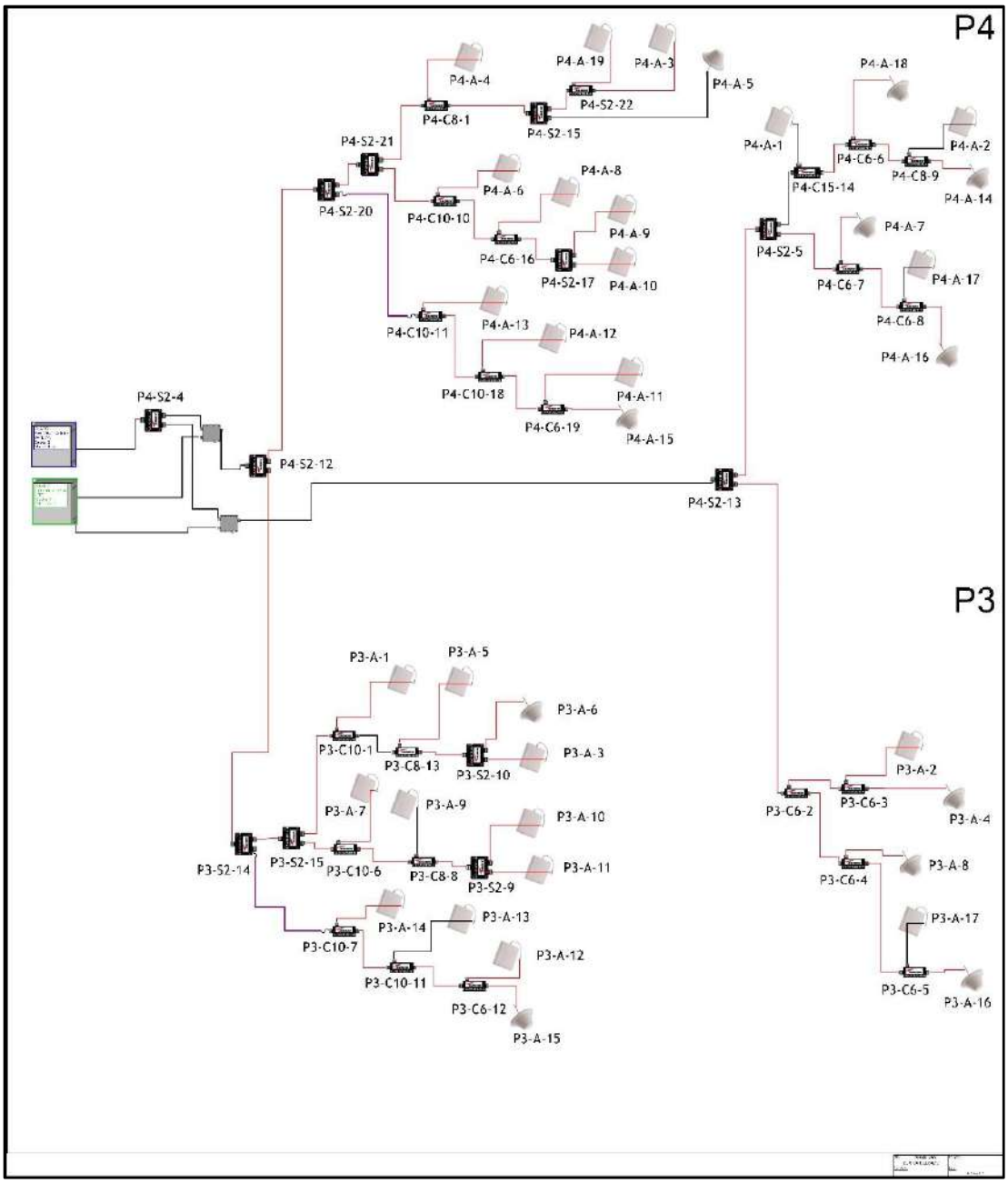



*Fig. 127:* Diagrama Unifilar del Sector 3. Fuente: Elaboración propia

### 7.4.4. Sector 5

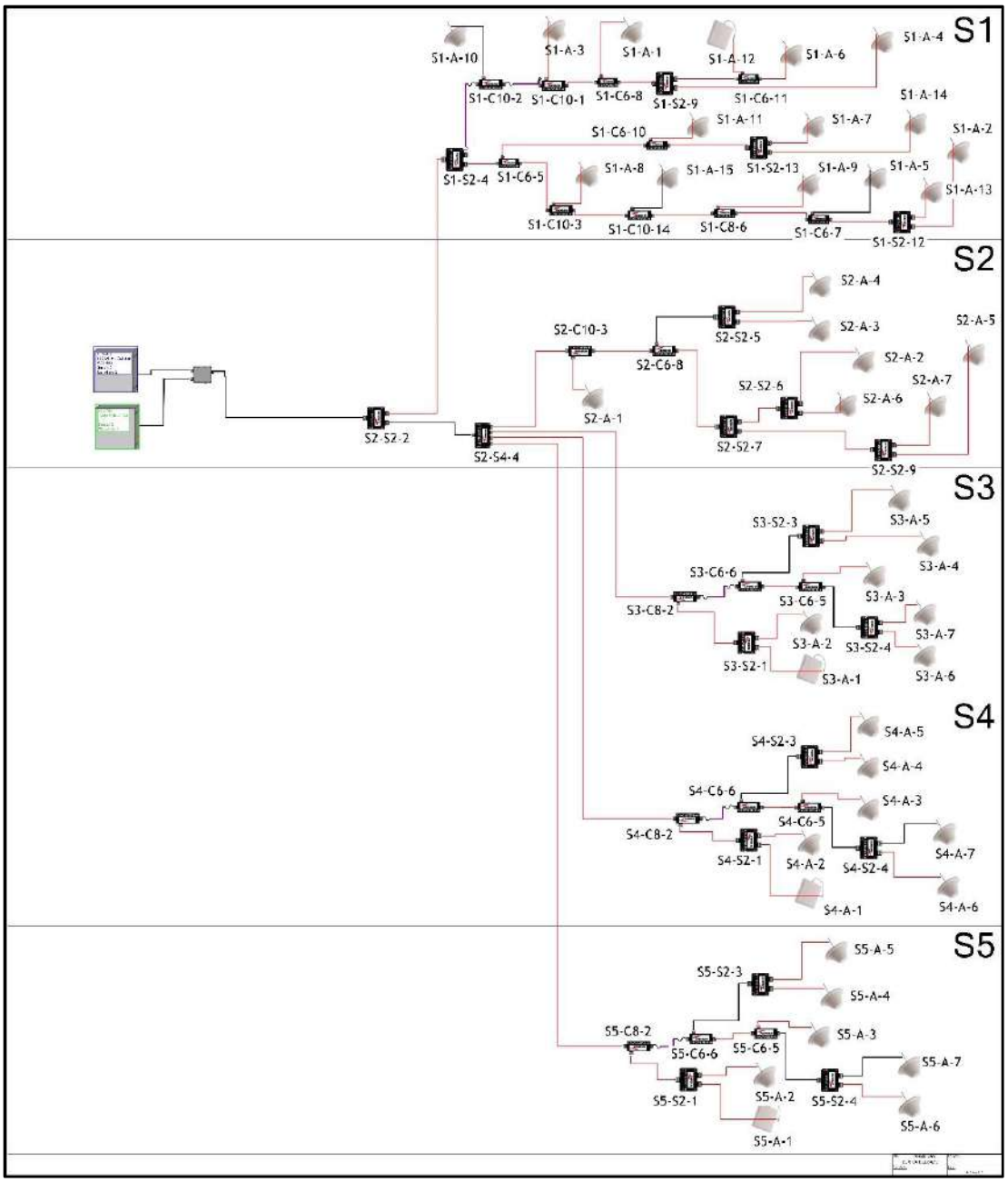



*Fig. 128:* Diagrama Unifilar del Sector 5. Fuente: Elaboración propia

## 7.5. DISTRIBUCIÓN DE ANTENAS POR PISO

### 7.5.1. Sector 1

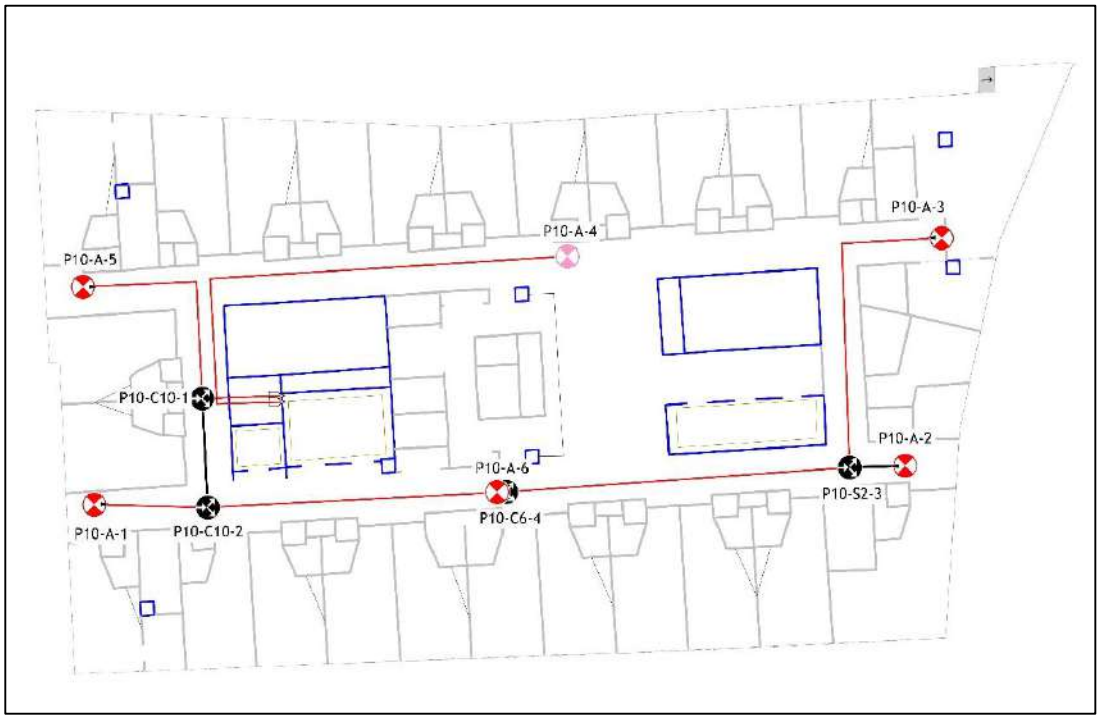



*Fig. 129:* Planimetría del Piso 10. Fuente: Elaboración propia

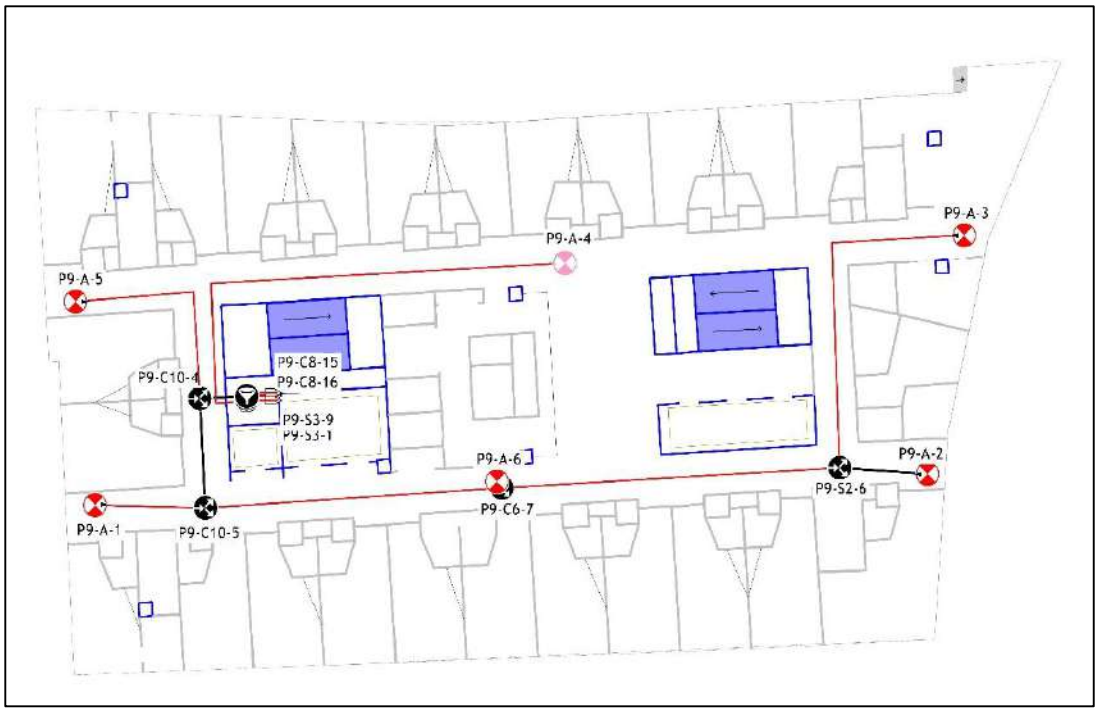



*Fig. 130:* Planimetría del Piso 9. Fuente: Elaboración propia

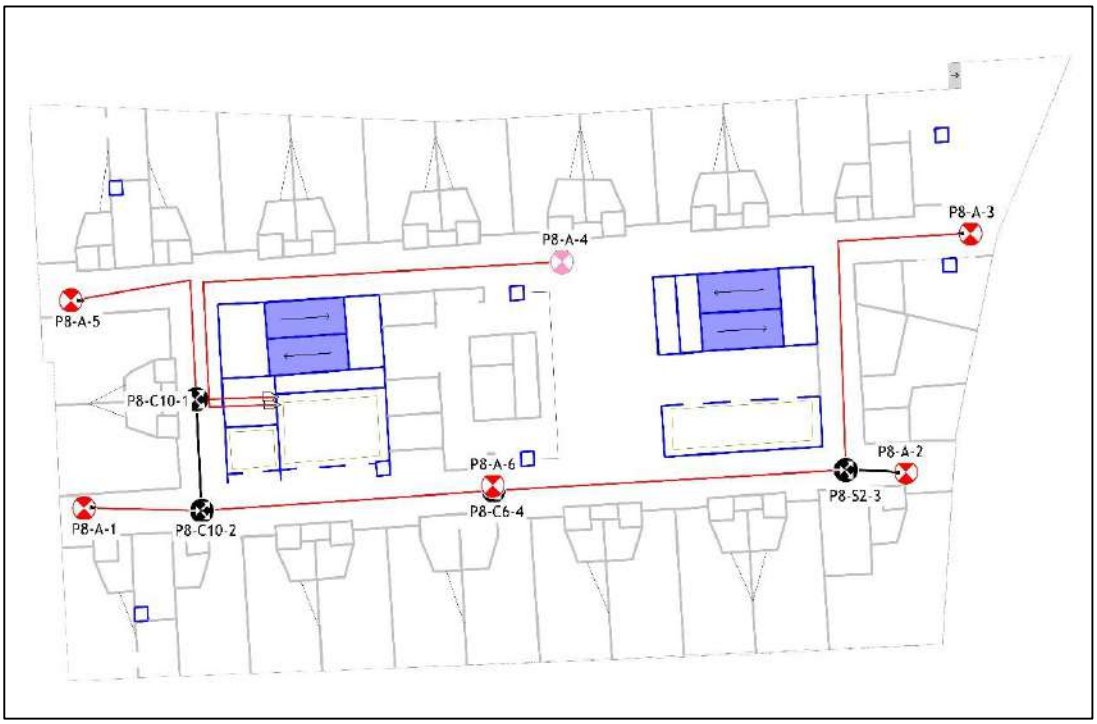



*Fig. 131:* Planimetría del Piso 8. Fuente: Elaboración propia

### 7.5.2. Sector 2

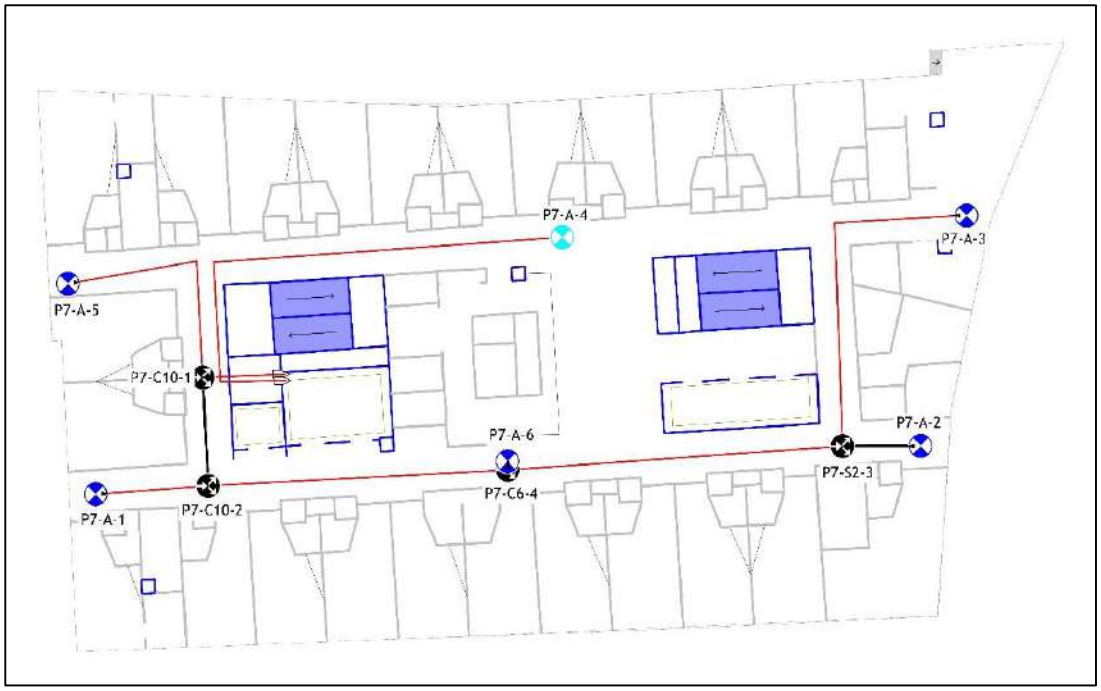



*Fig. 132:* Planimetría del Piso 7. Fuente: Elaboración propia




*Fig. 133:* Planimetría del Piso 6. Fuente: Elaboración propia

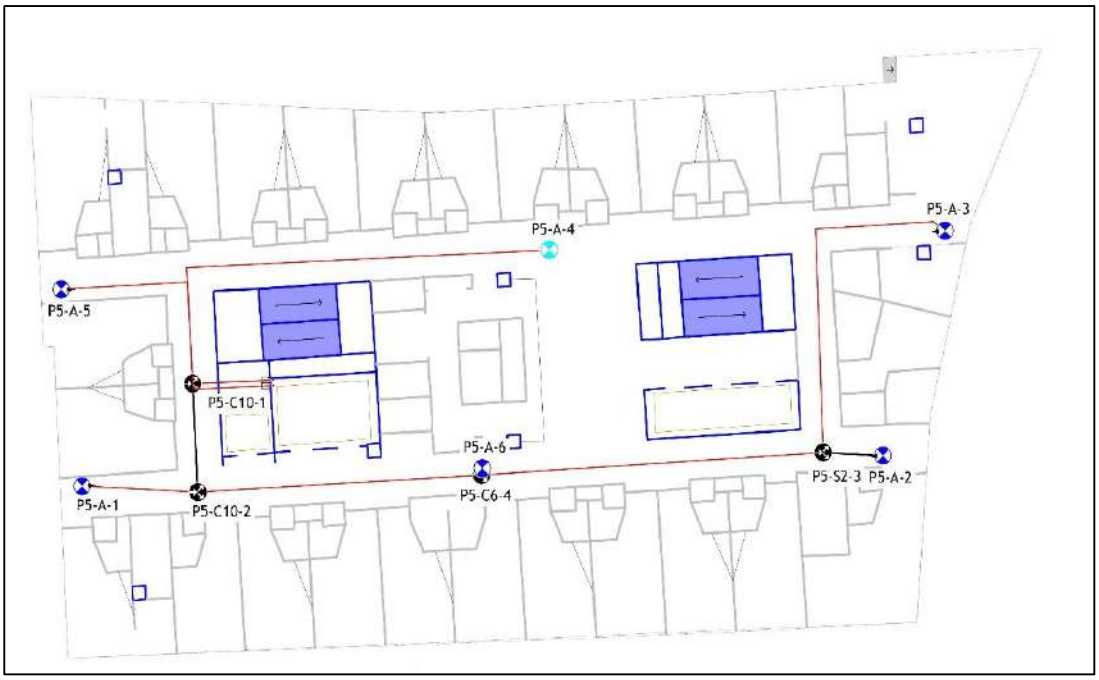



*Fig. 134:* Planimetría del Piso 5. Fuente: Elaboración propia

### 7.5.3. Sector 3

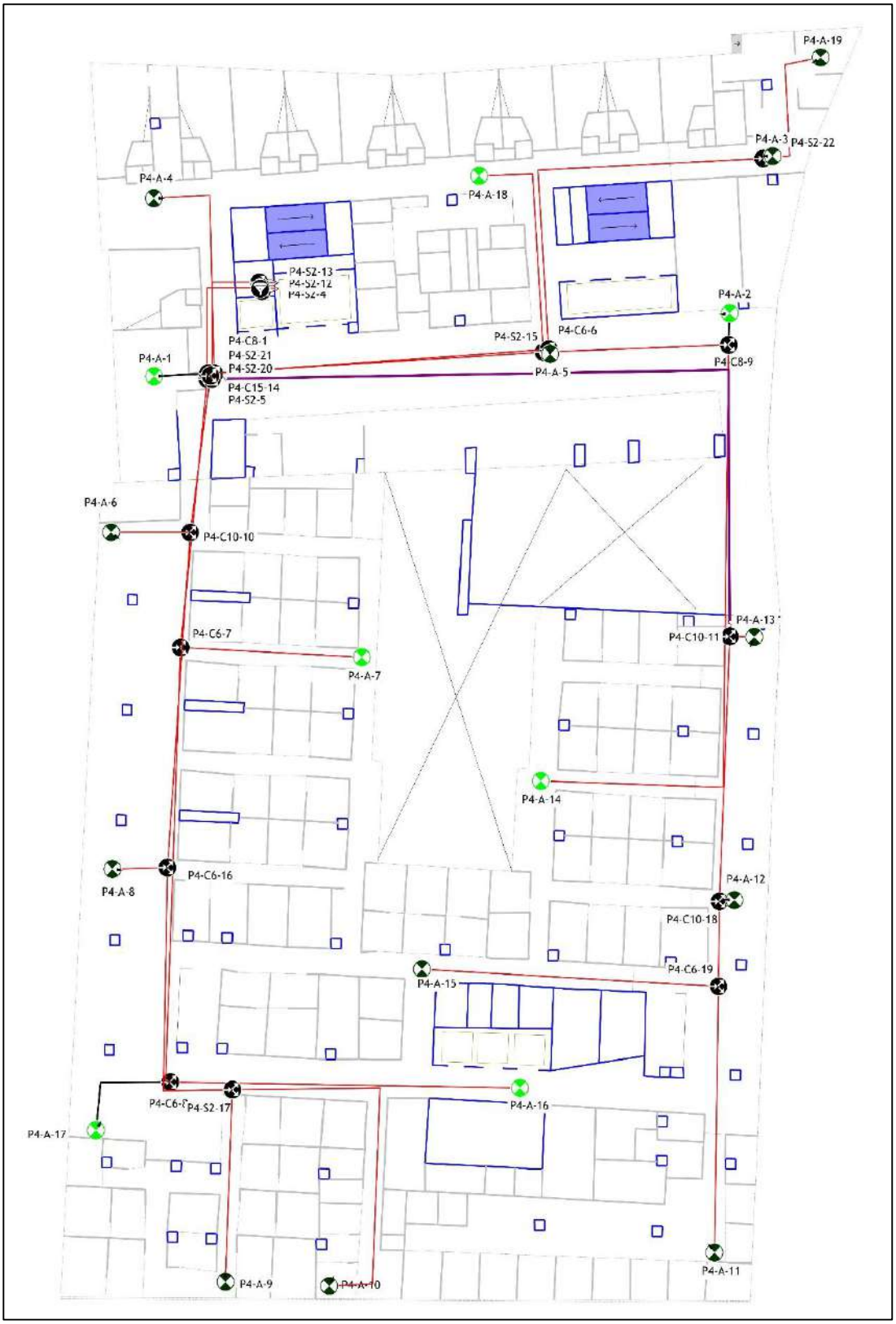



*Fig. 135:* Planimetría del Piso 4. Fuente: Elaboración propia

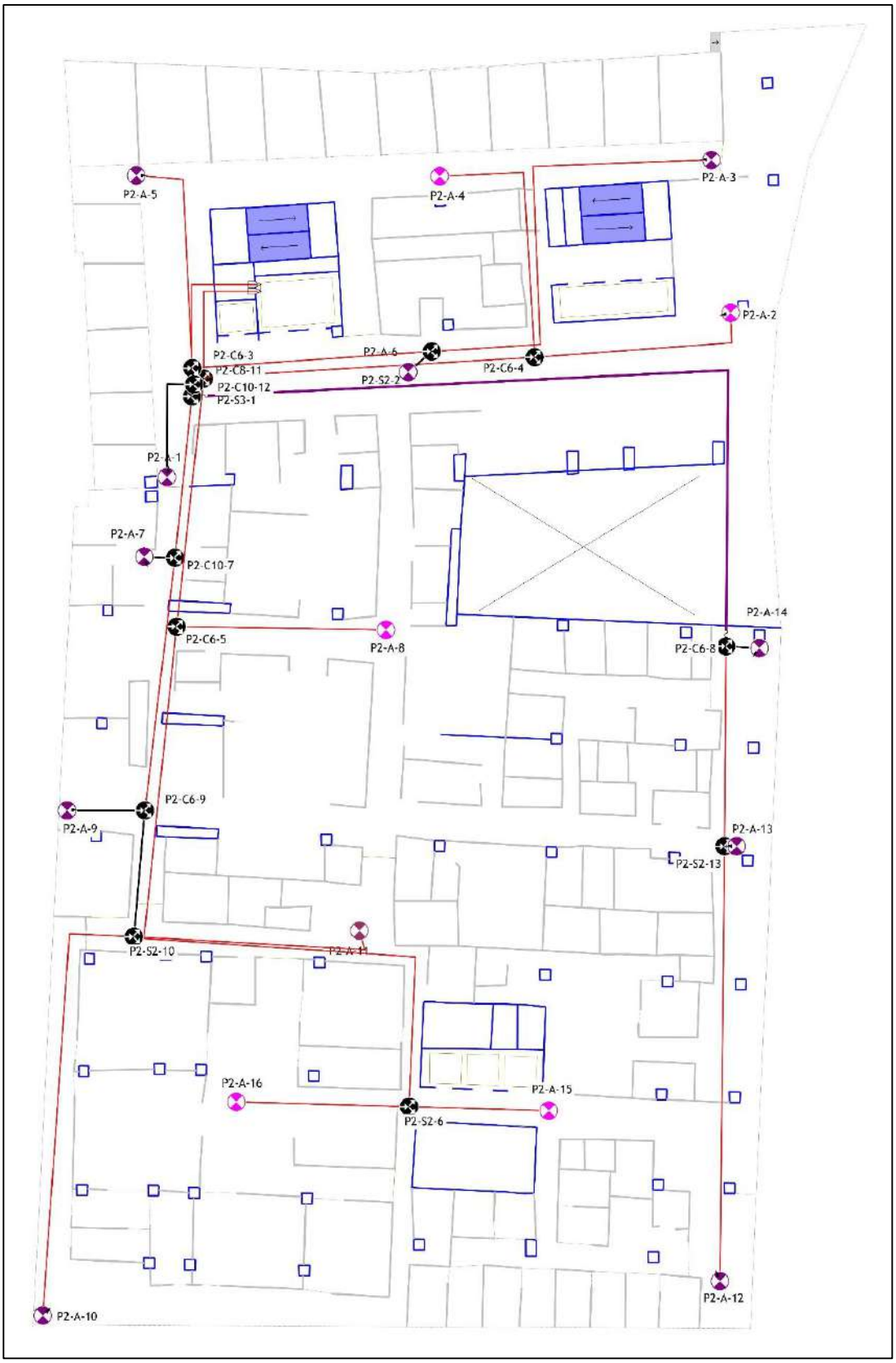



*Fig. 136:* Planimetría del Piso 3. Fuente: Elaboración propia

### 7.5.4. Sector 4

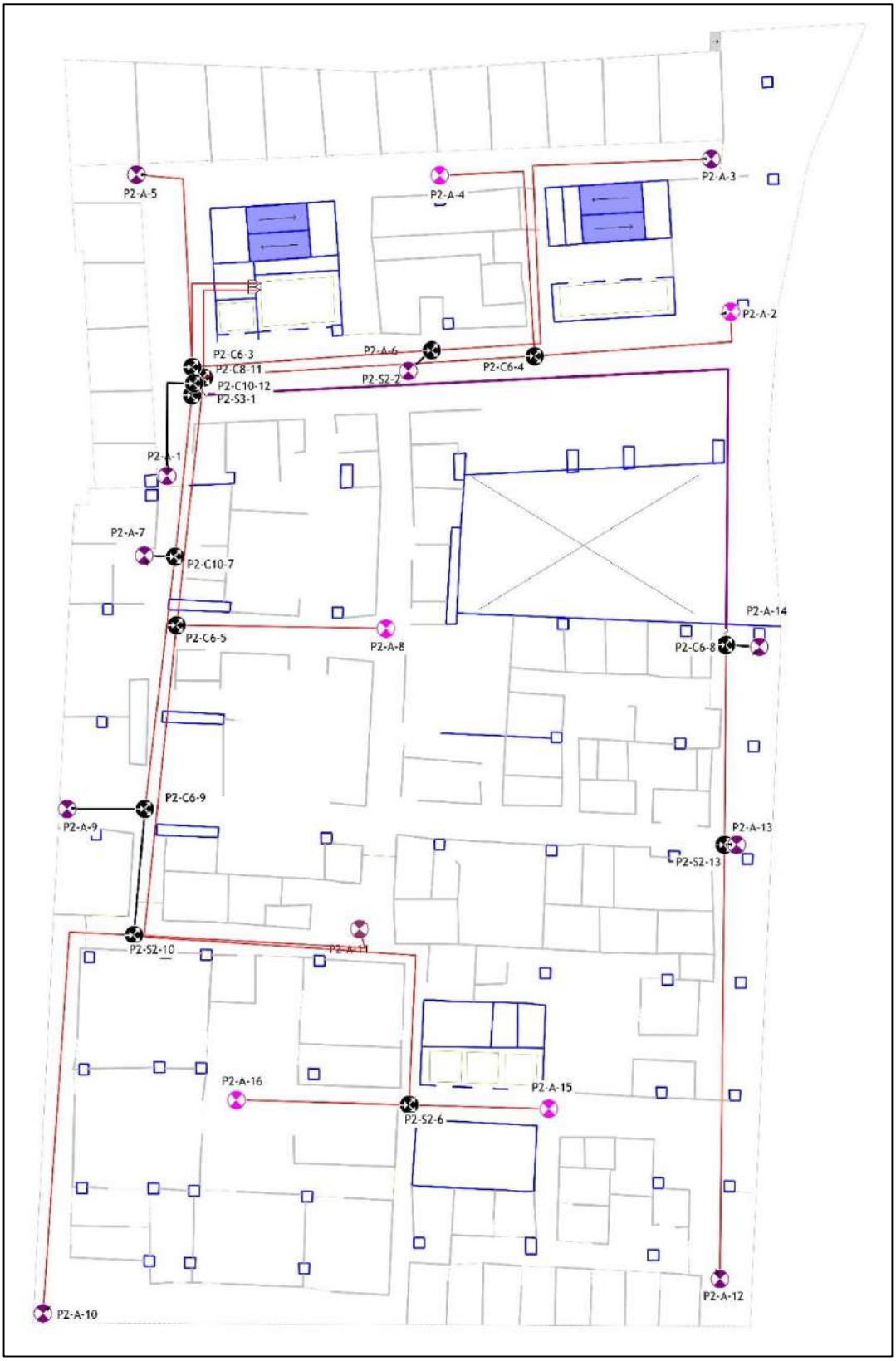



*Fig. 137:* Planimetría del Piso 2. Fuente: Elaboración propia

### 7.5.5. Sector 5

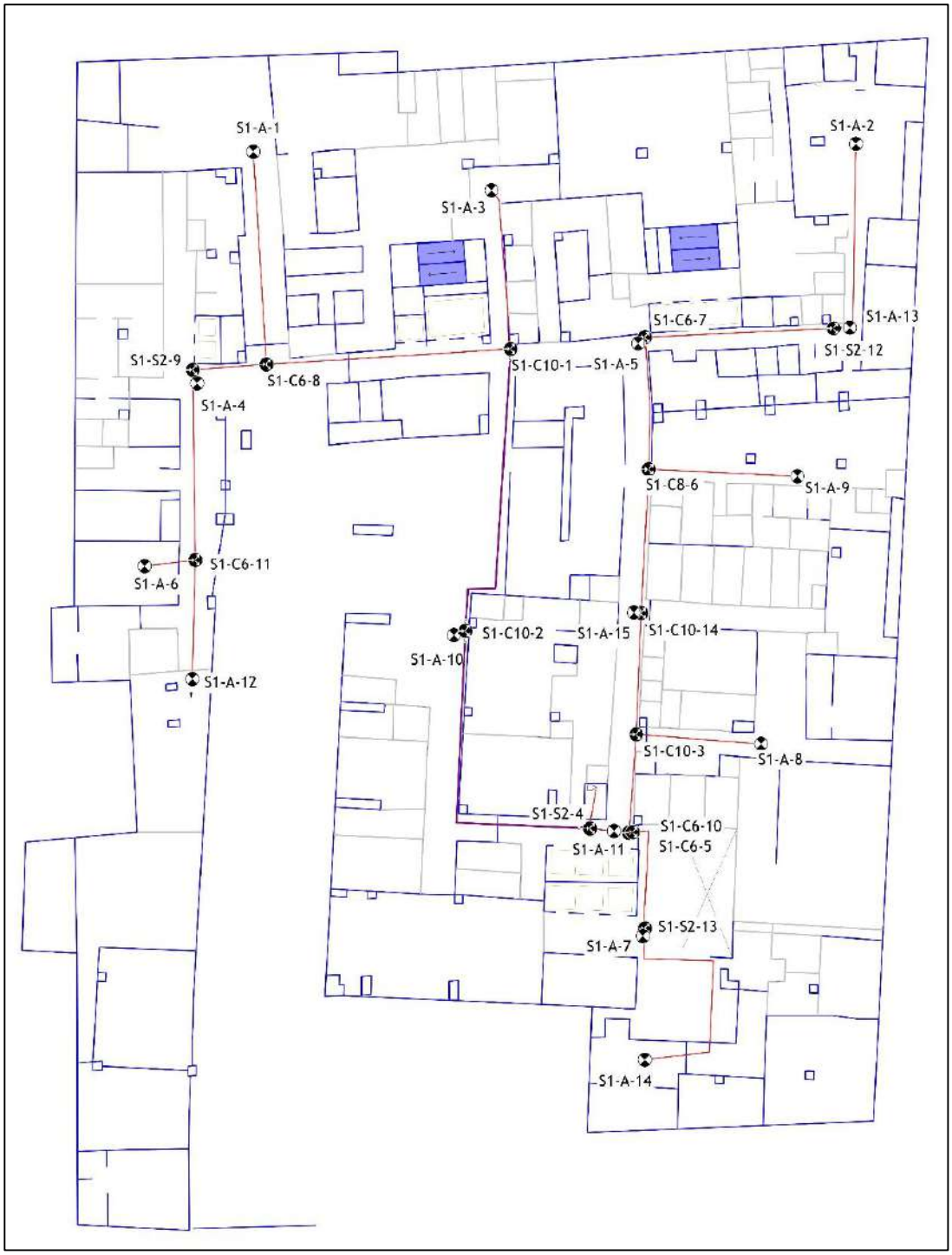



*Fig. 138:* Planimetría del Sótano 1. Fuente: Elaboración propia

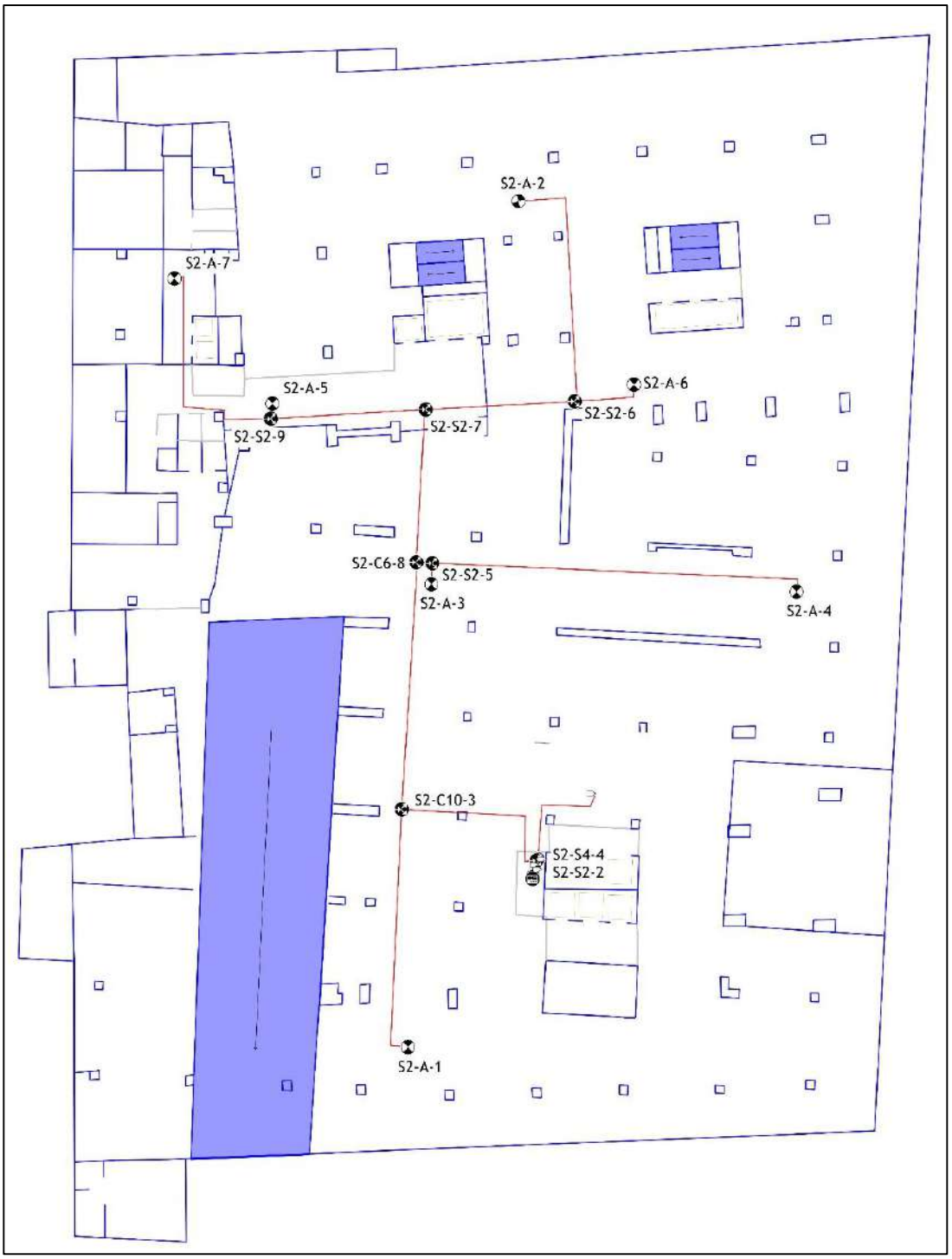



*Fig. 139:* Planimetría del Sótano 2. Fuente: Elaboración propia

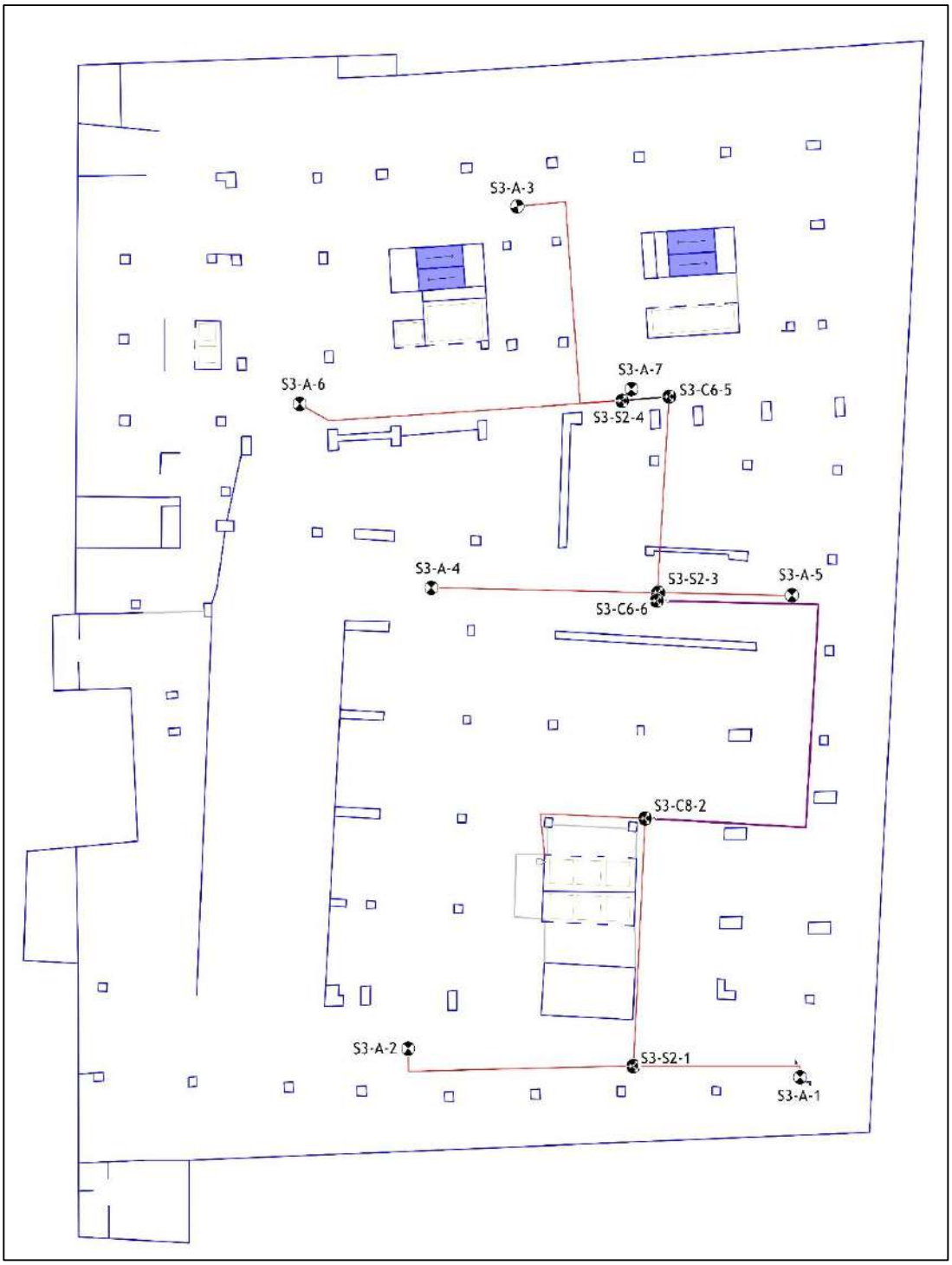



*Fig. 140:* Planimetría del Sótano 3. Fuente: Elaboración propia

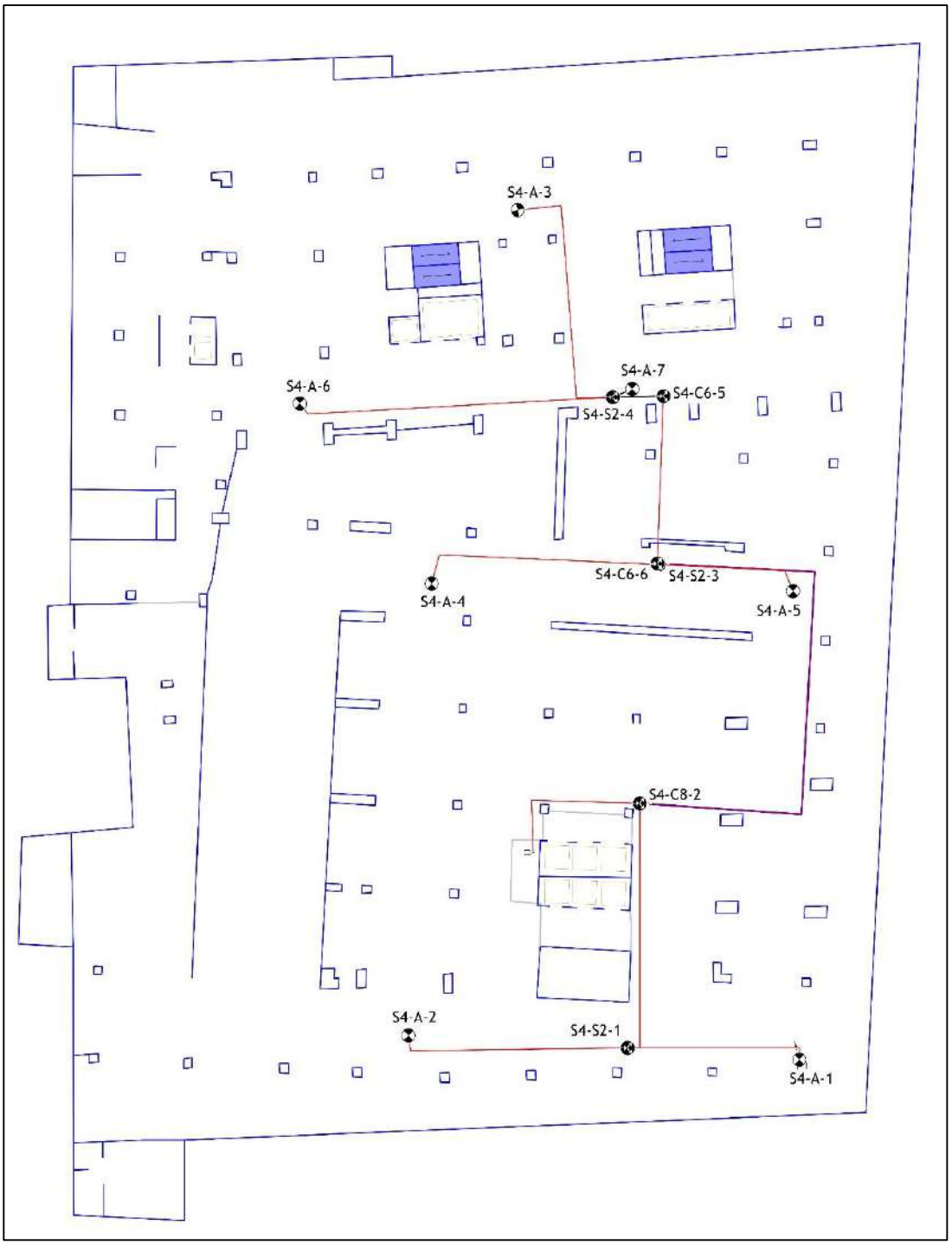



*Fig. 141:* Planimetría del Sótano 4. Fuente: Elaboración propia

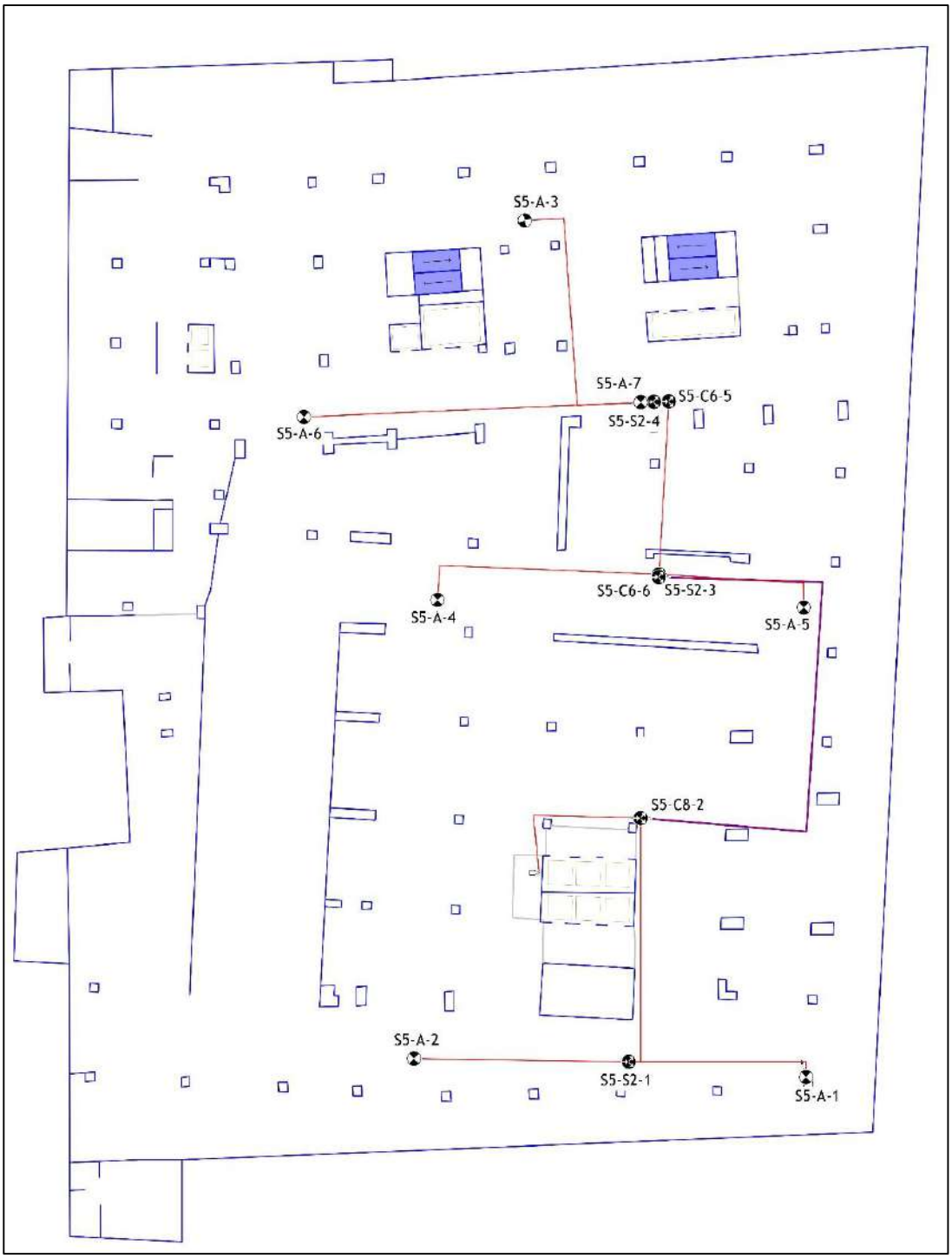



*Fig. 142:* Planimetría del Sótano 5. Fuente: Elaboración propia

## 7.6. PREDICCIONES DEL DISEÑO PLANTEADO

### 7.6.1. Predicciones 3G

#### 7.6.1.1. *Piso 10, RSCP*

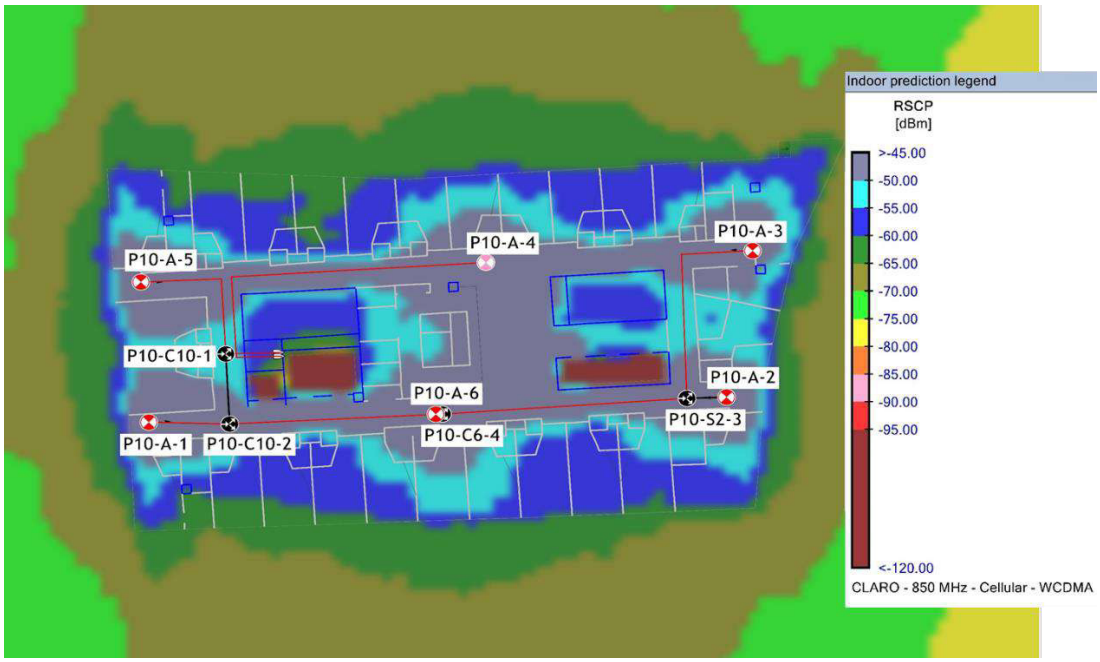



*Fig. 143:* Predicción de RSCP en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.2. *Piso 9, RSCP*

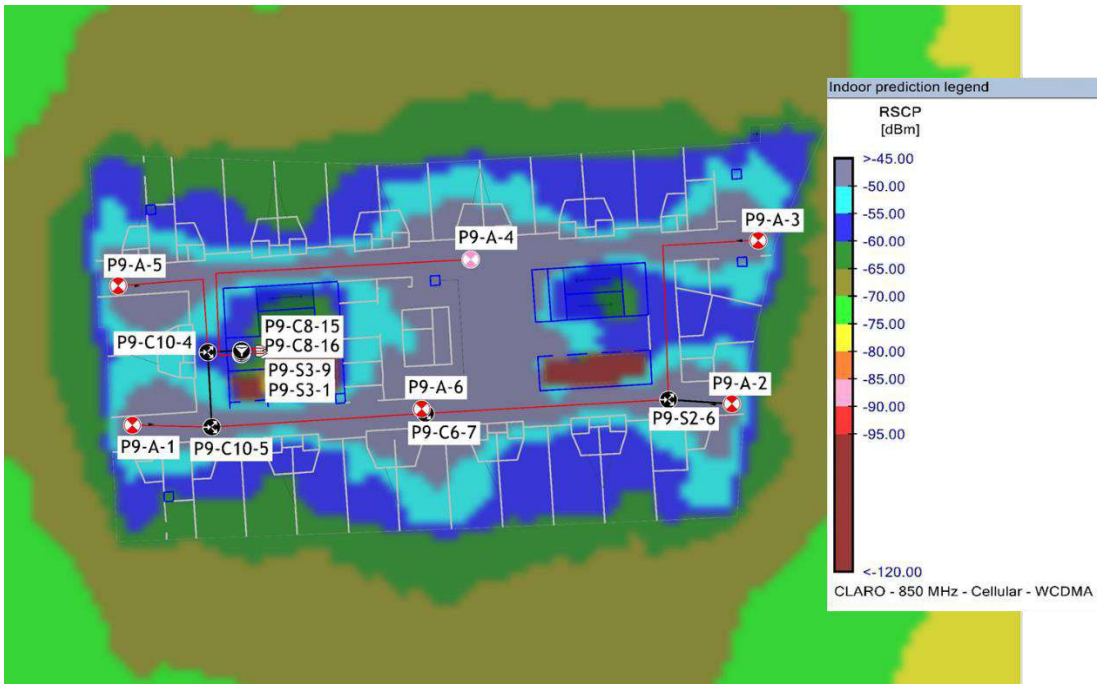



*Fig. 144:* Predicción de RSCP en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.3. *Piso 8, RSCP*

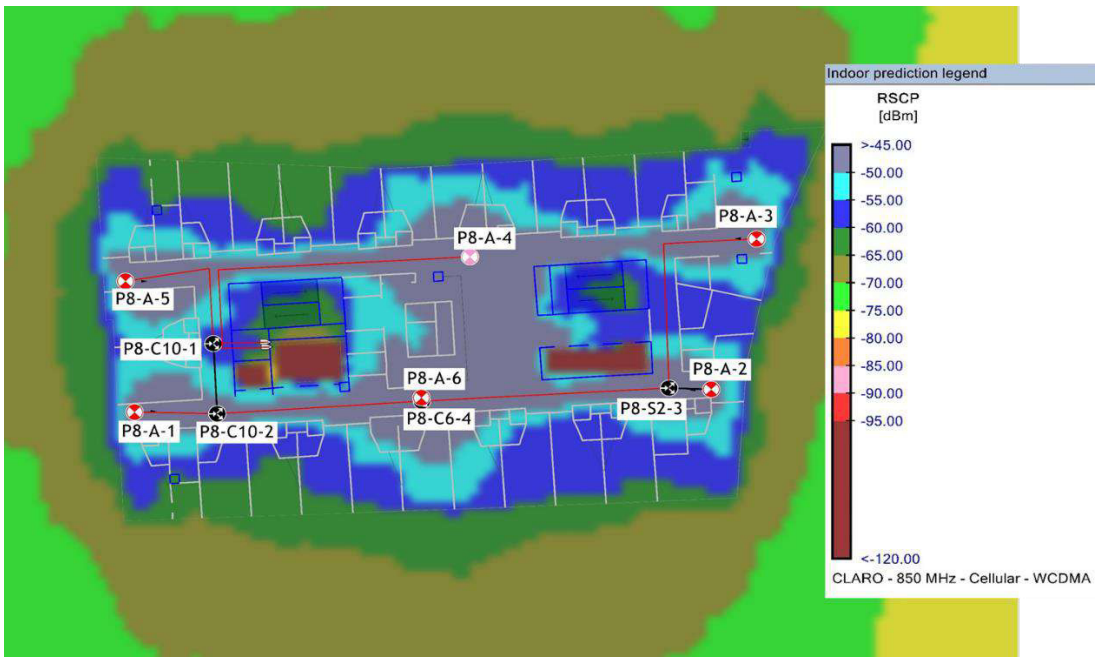



*Fig. 145:* Predicción de RSCP en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.4. *Piso 7, RSCP*

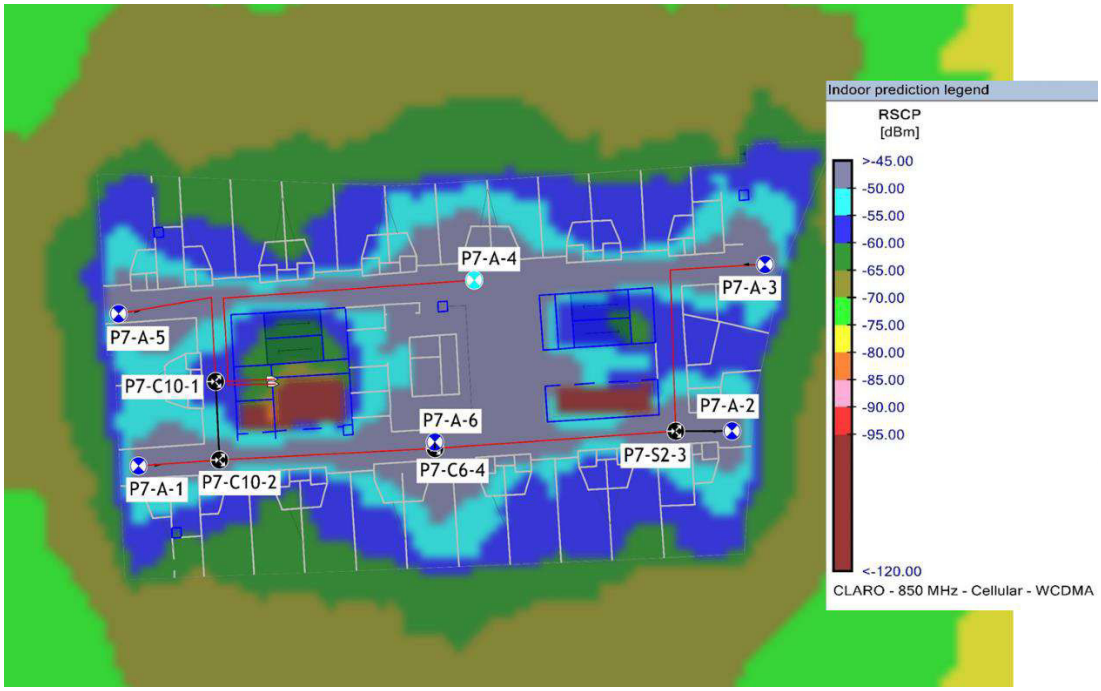



*Fig. 146:* Predicción de RSCP en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.5. *Piso 6, RSCP*

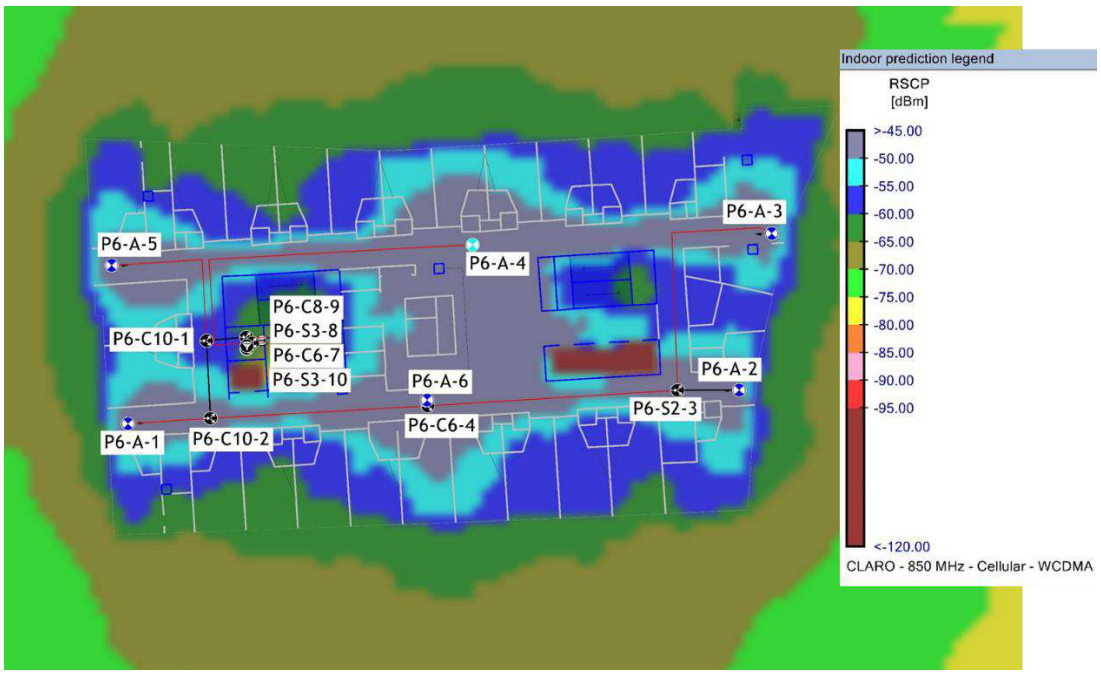



*Fig. 147:* Predicción de RSCP en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.6. *Piso 5, RSCP*

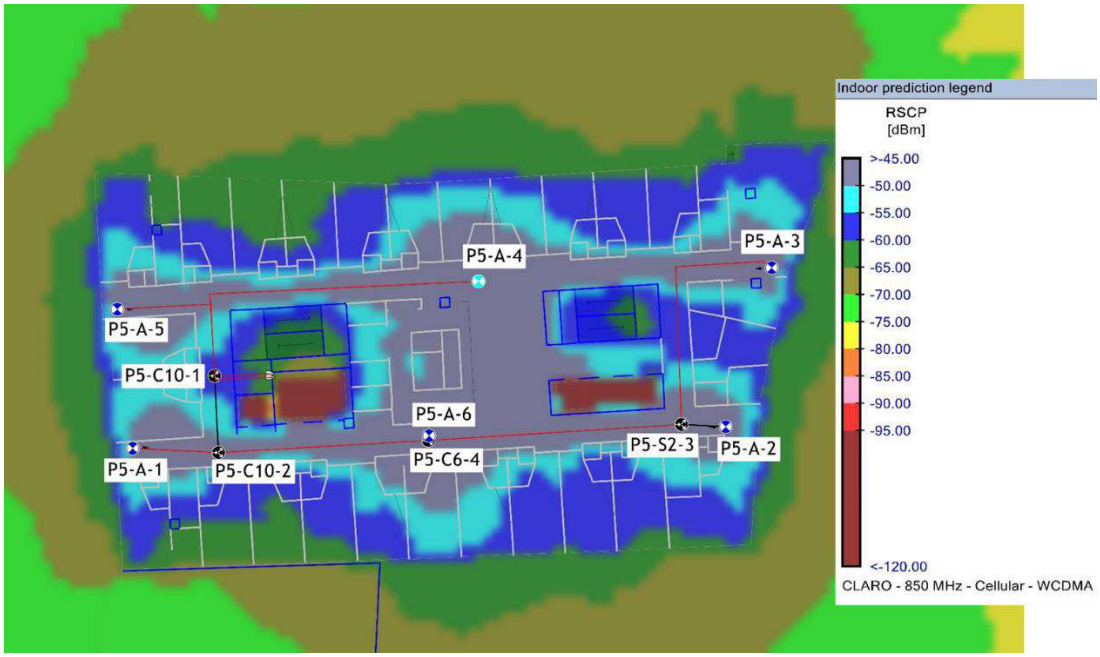



*Fig. 148:* Predicción de RSCP en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.7. *Piso 4, RSCP*

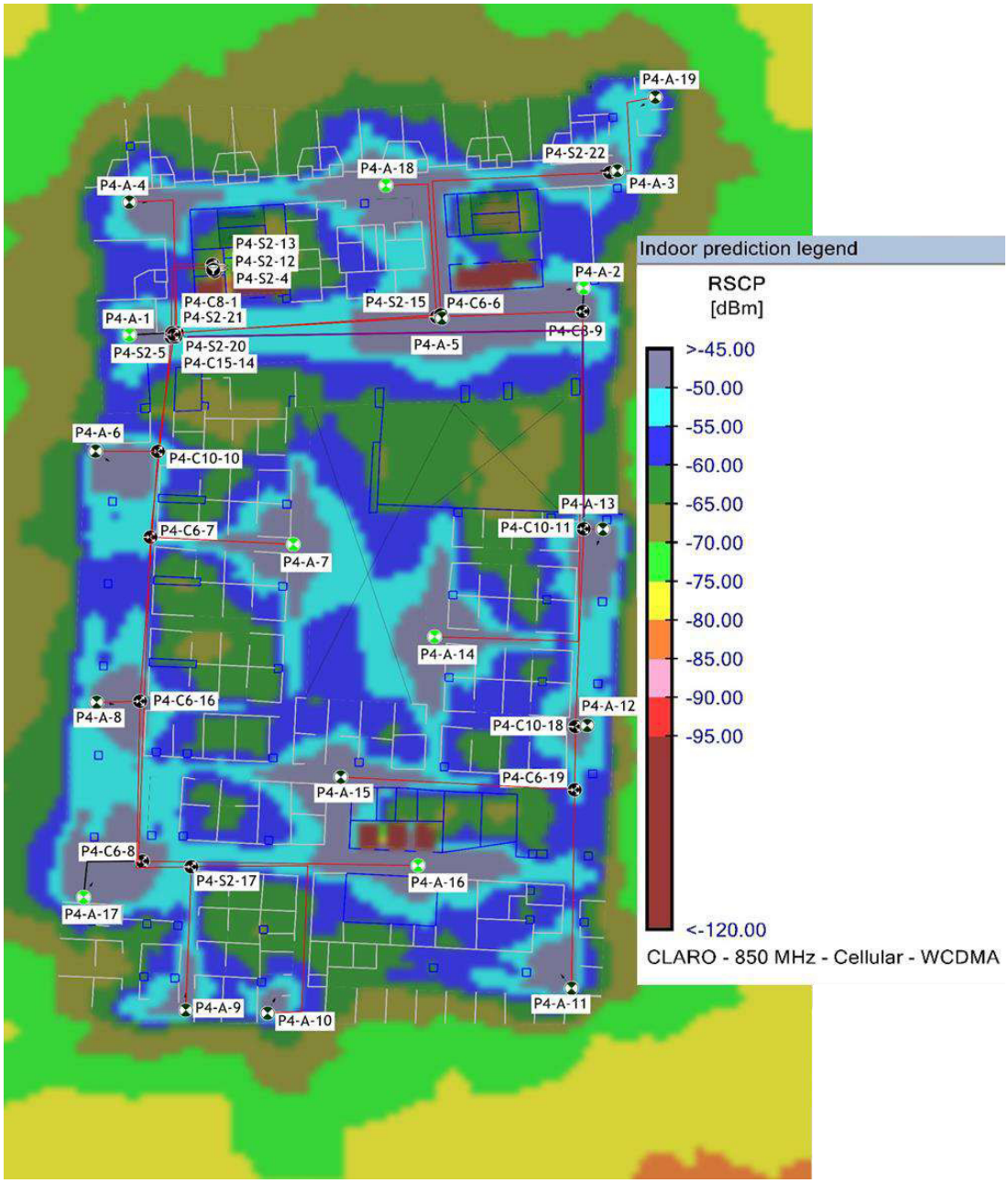



*Fig. 149:* Predicción de RSCP en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.8. *Piso 3, RSCP*

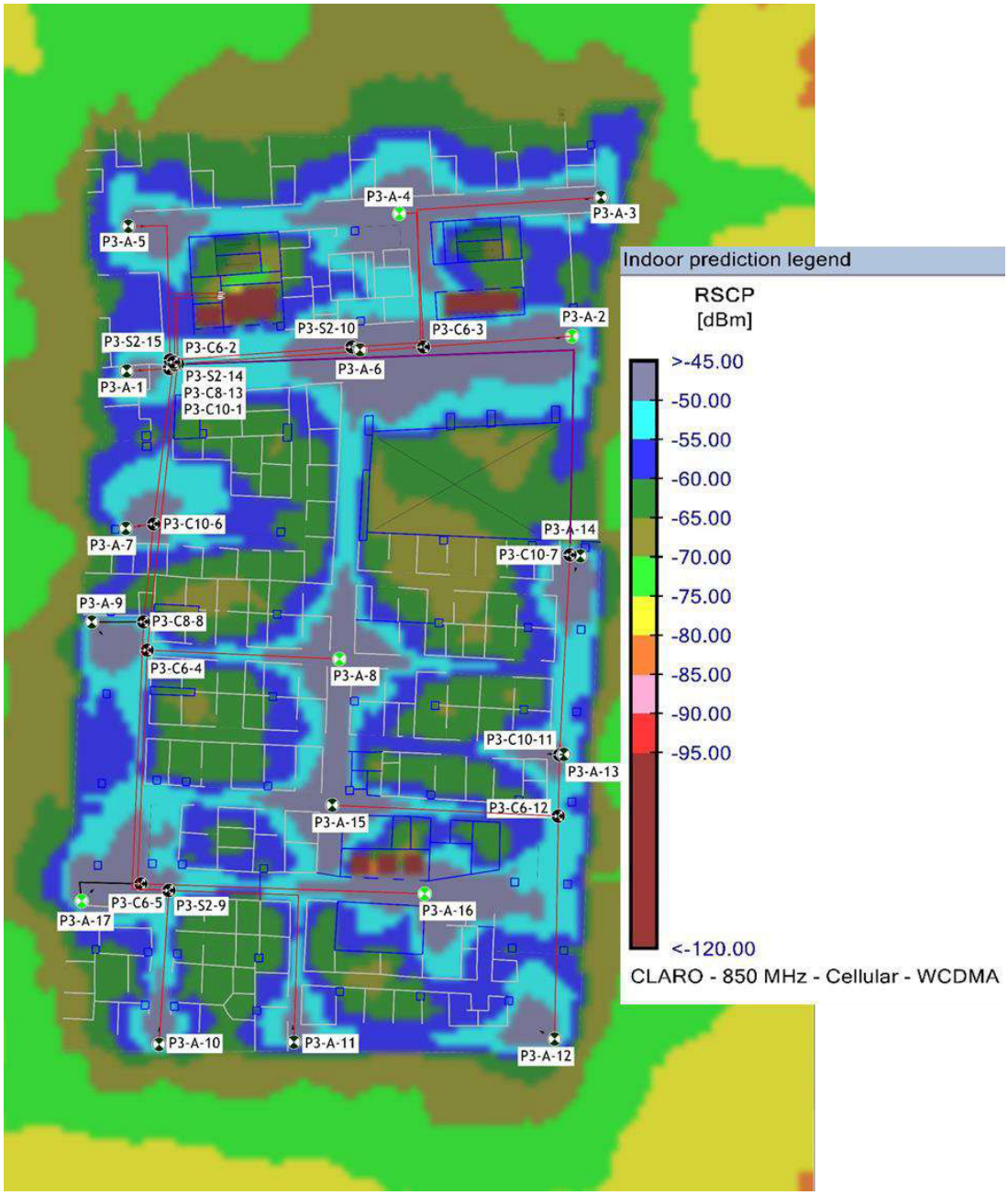



*Fig. 150:* Predicción de RSCP en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.9. *Piso 2, RSCP*

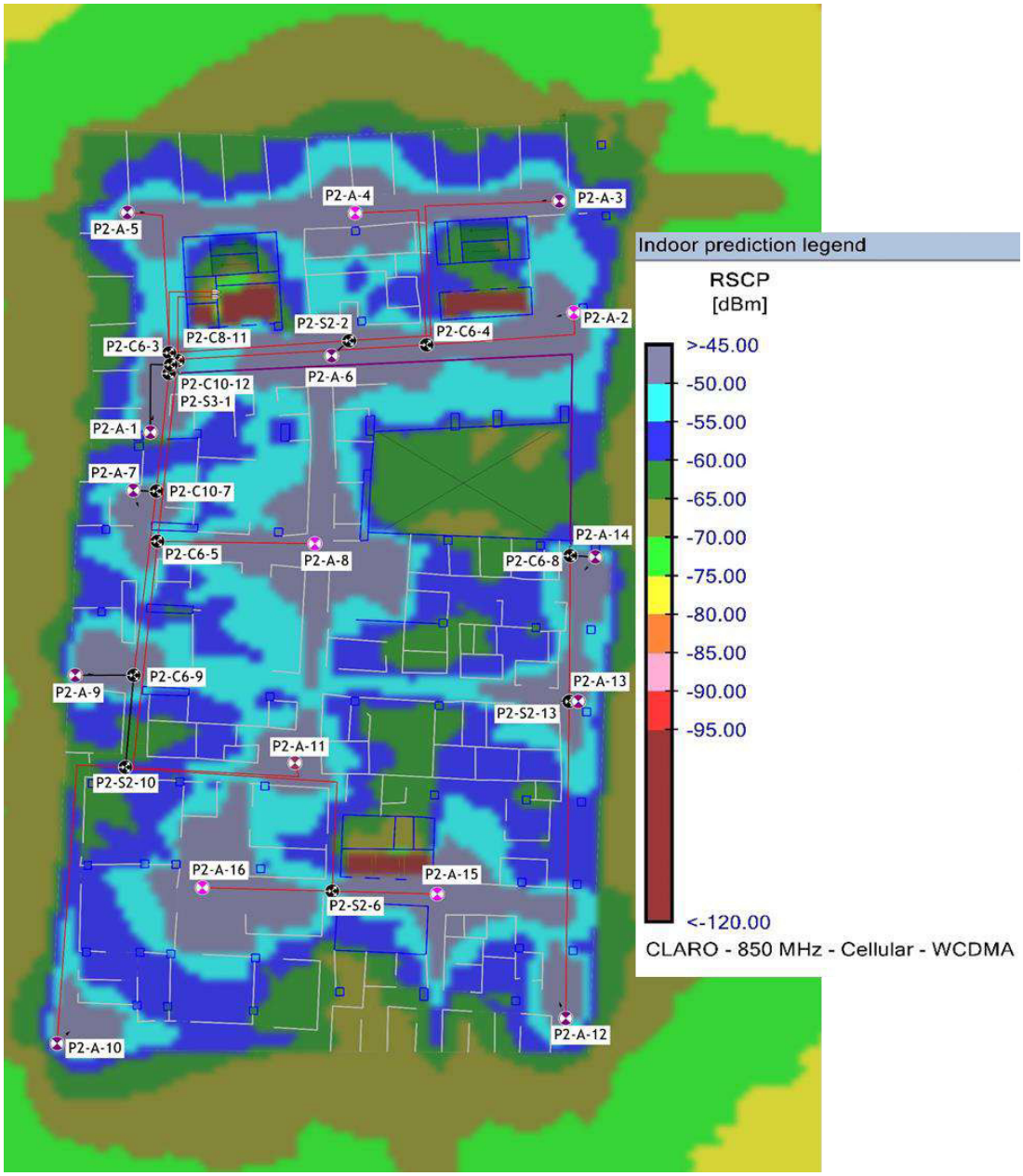



*Fig. 151:* Predicción de RSCP en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.10. *Sótano 1, RSCP*

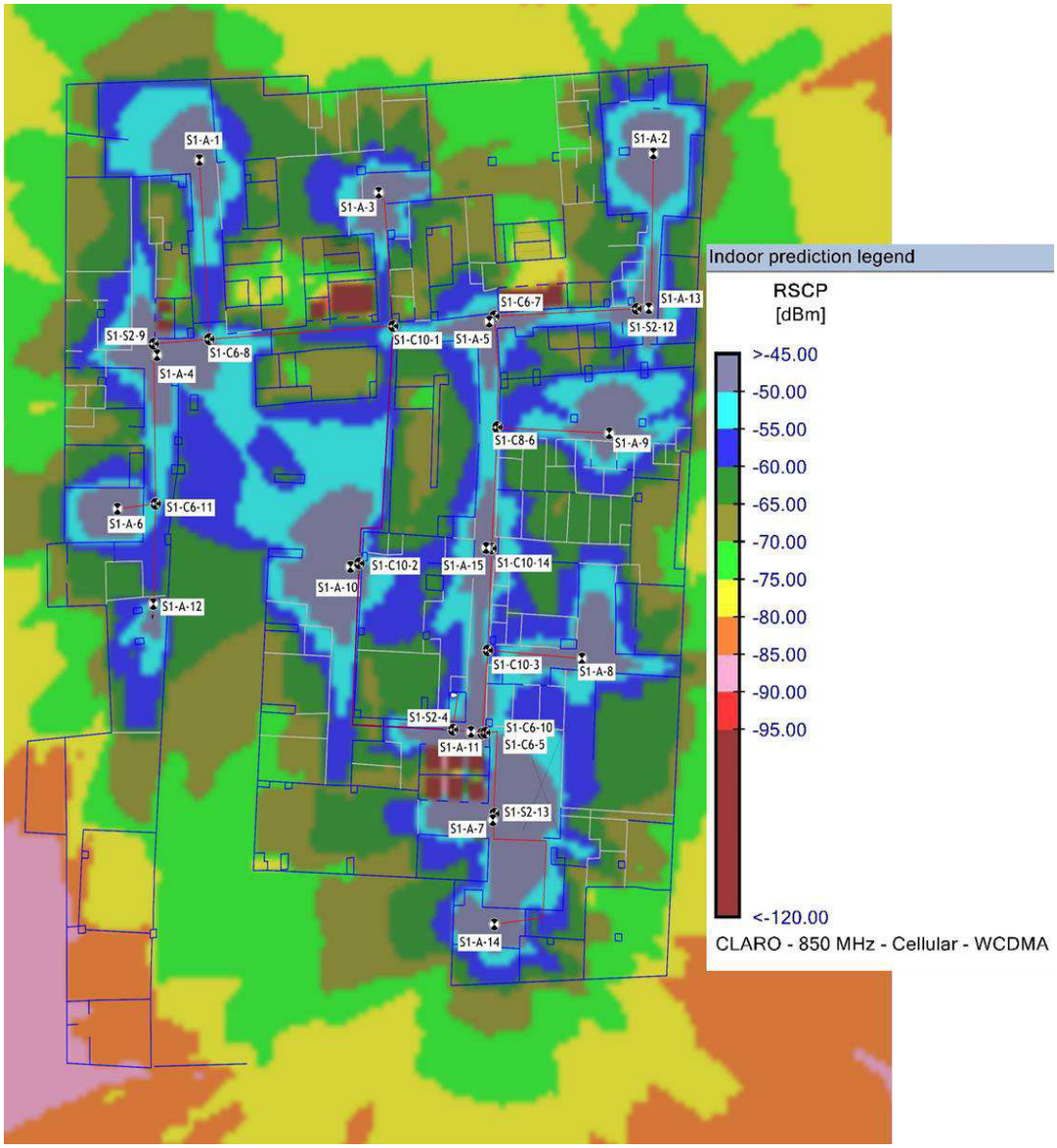



*Fig. 152:* Predicción de RSCP en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.11. *Sótano 2, RSCP*

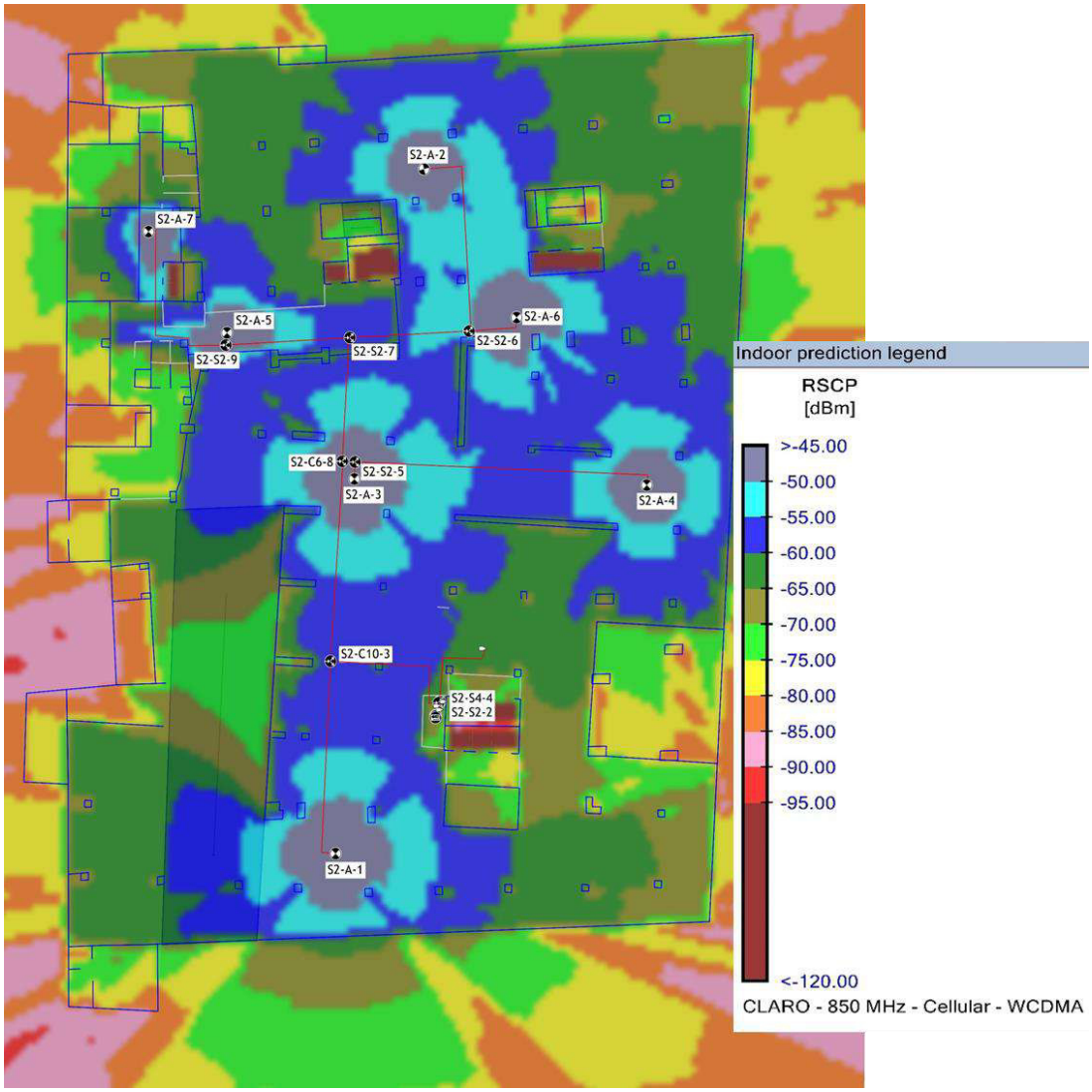



*Fig. 153:* Predicción de RSCP en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.12. *Sótano 3, RSCP*

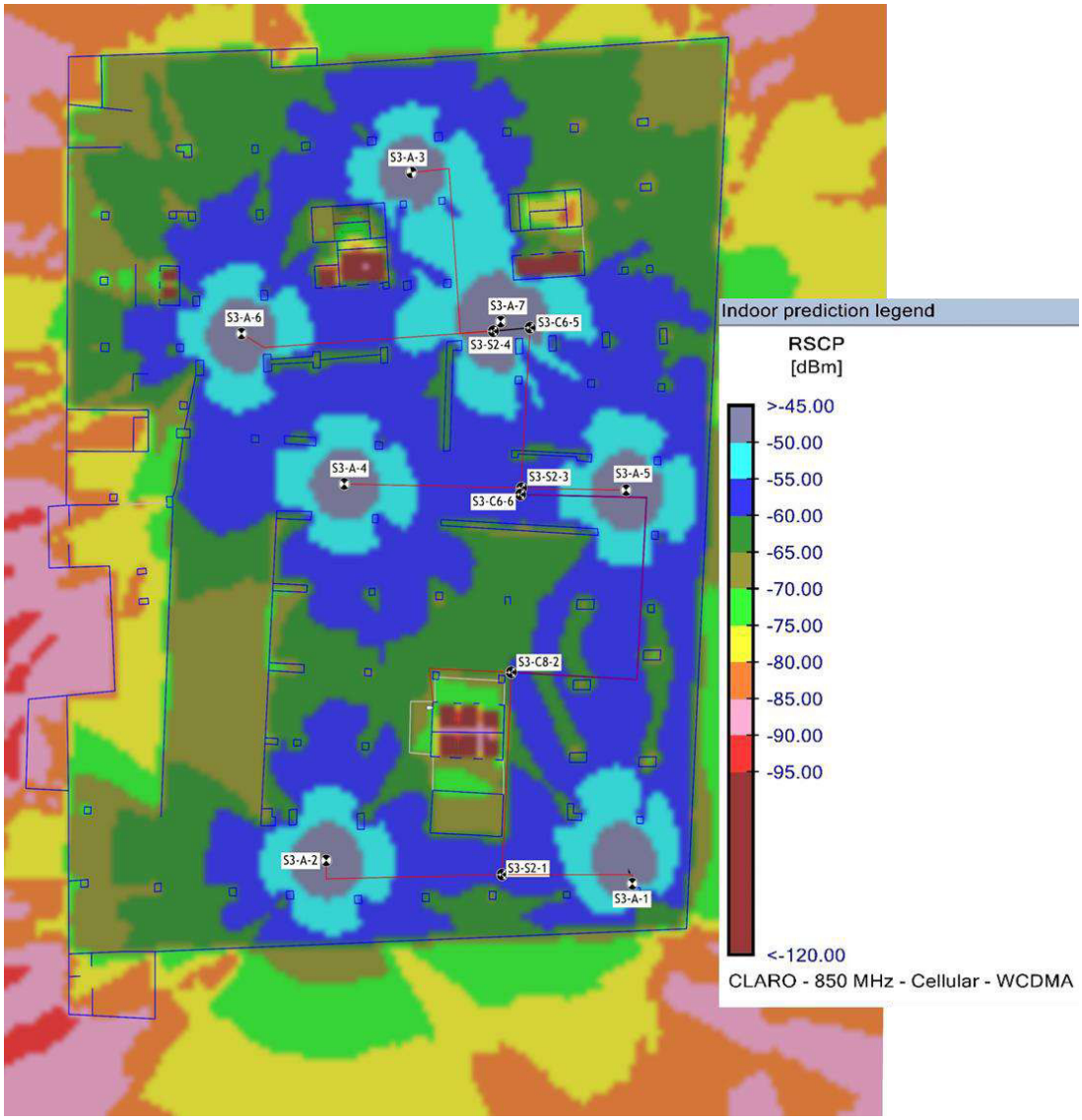



*Fig. 154:* Predicción de RSCP en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.13. *Sótano 4, RSCP*

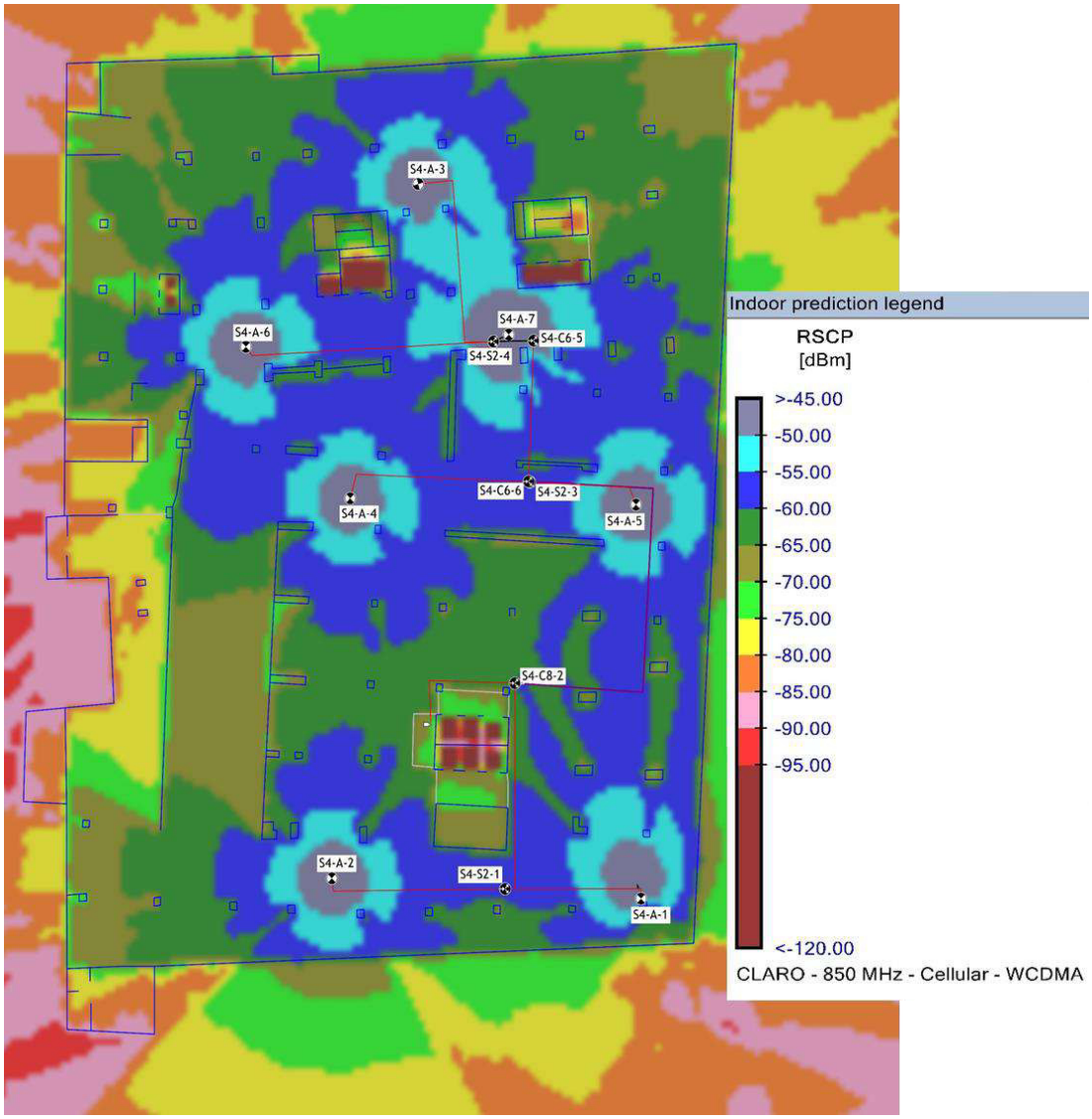



*Fig. 155:* Predicción de RSCP en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.1.14. *Sótano 5, RSCP*

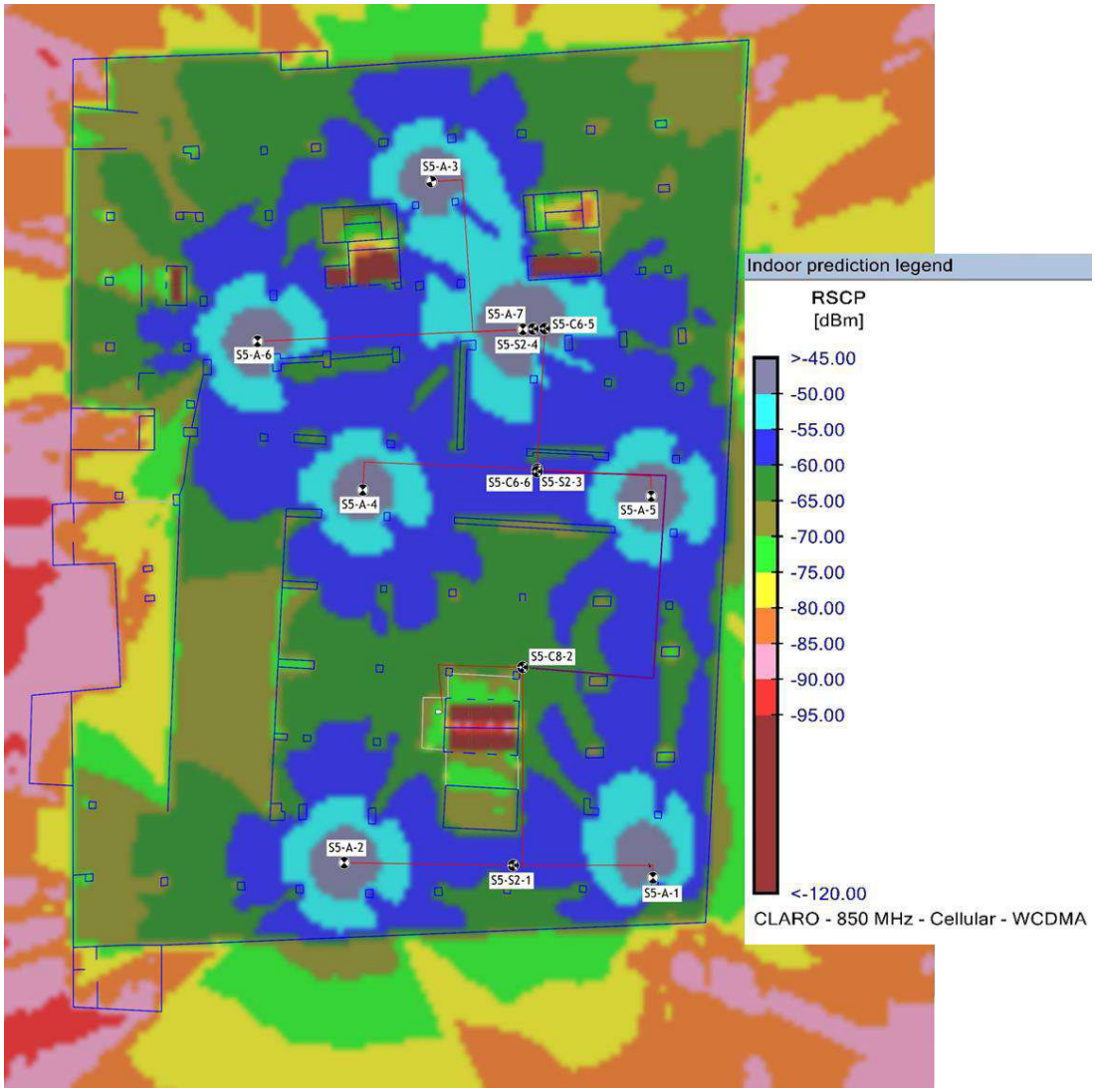



*Fig. 156:* Predicción de RSCP en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2. Predicciones 4G

#### 7.6.2.1. *Piso 10, RSRP*

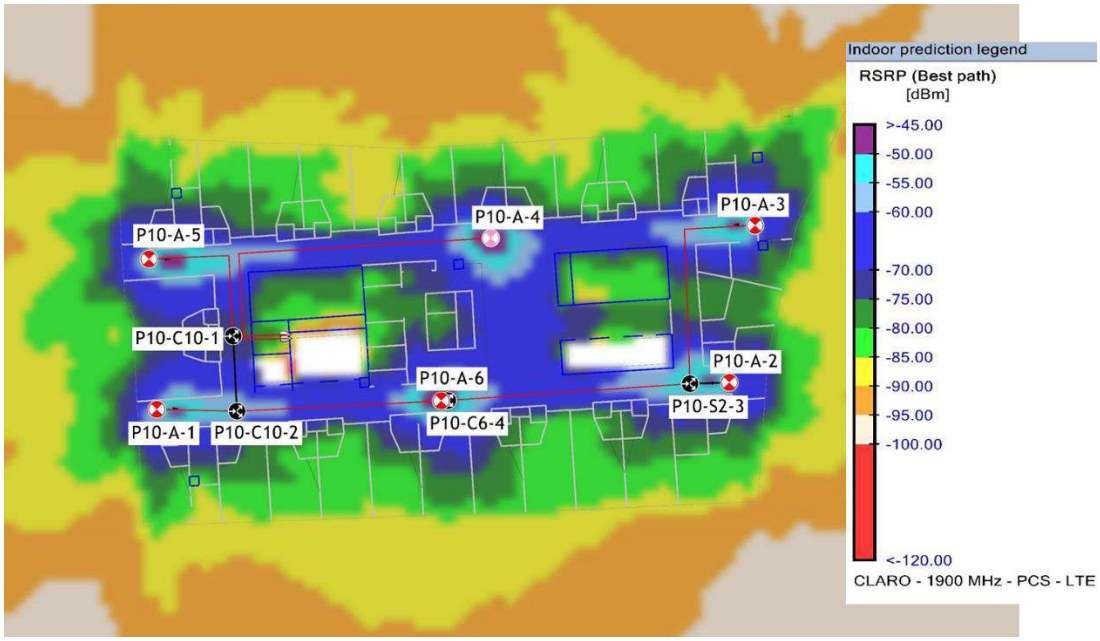



*Fig. 157:* Predicción de RSRP en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

#### 7.6.2.2 *Piso 9, RSRP*

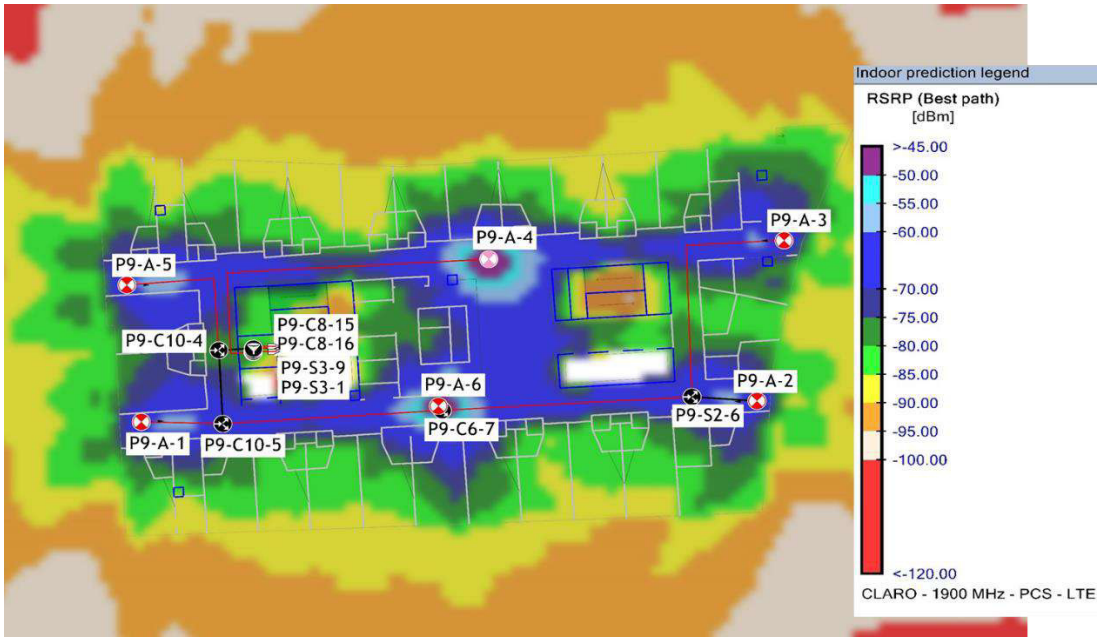



*Fig. 158:* Predicción de RSRP en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2.3. *Piso 8, RSRP*

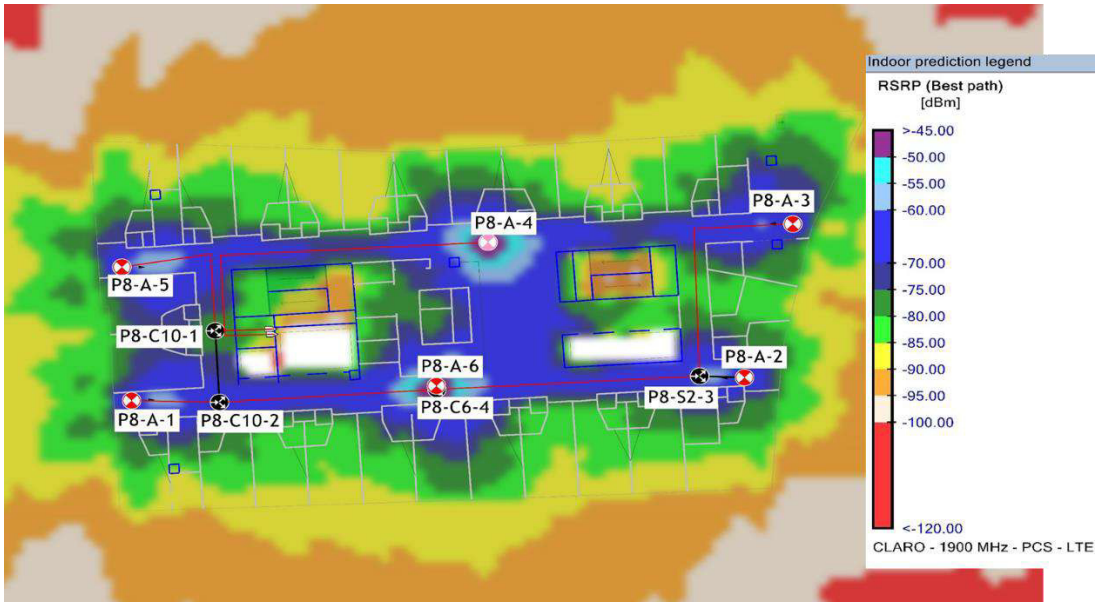



*Fig. 159:* Predicción de RSRP en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2.4. *Piso 7, RSRP*

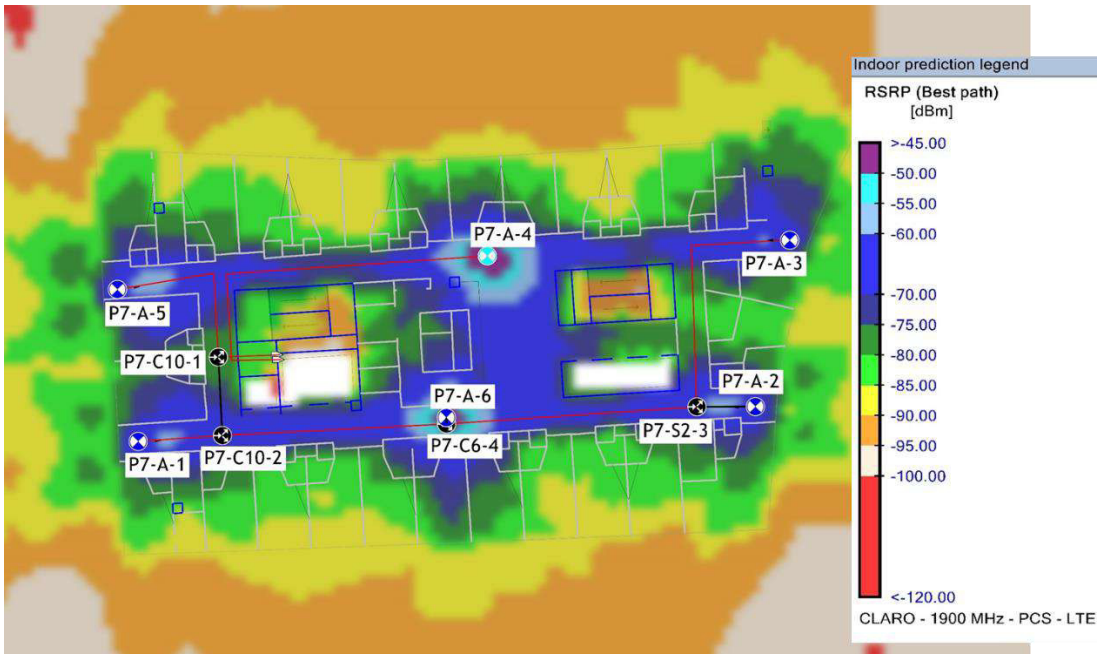



*Fig. 160:* Predicción de RSRP en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2.5. *Piso 6, RSRP*

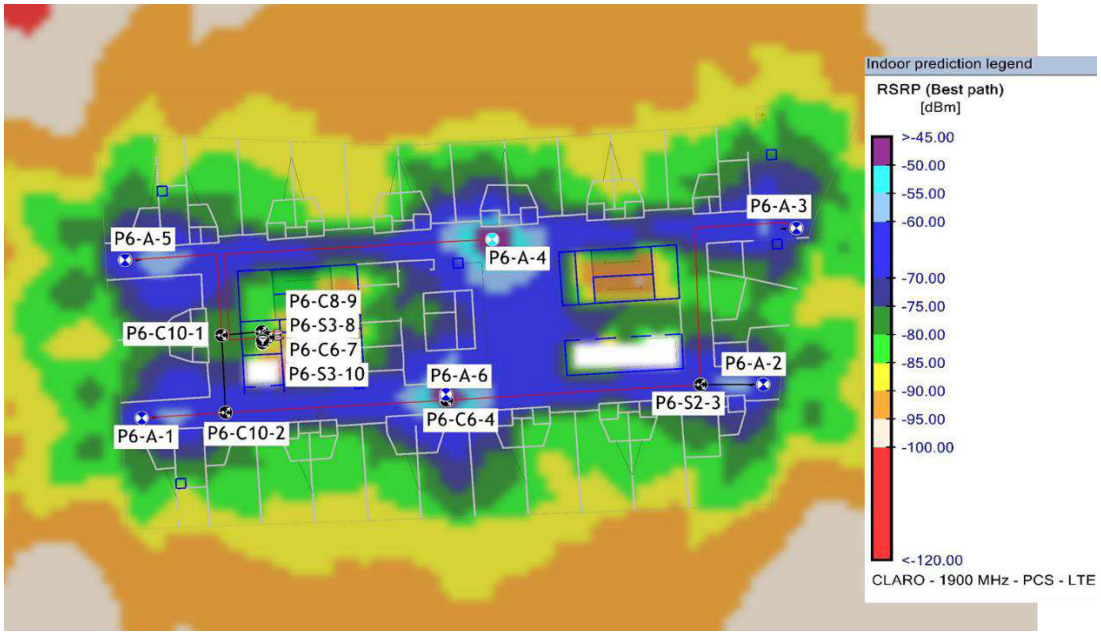



*Fig. 161:* Predicción de RSRP en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2.6. *Piso 5, RSRP*

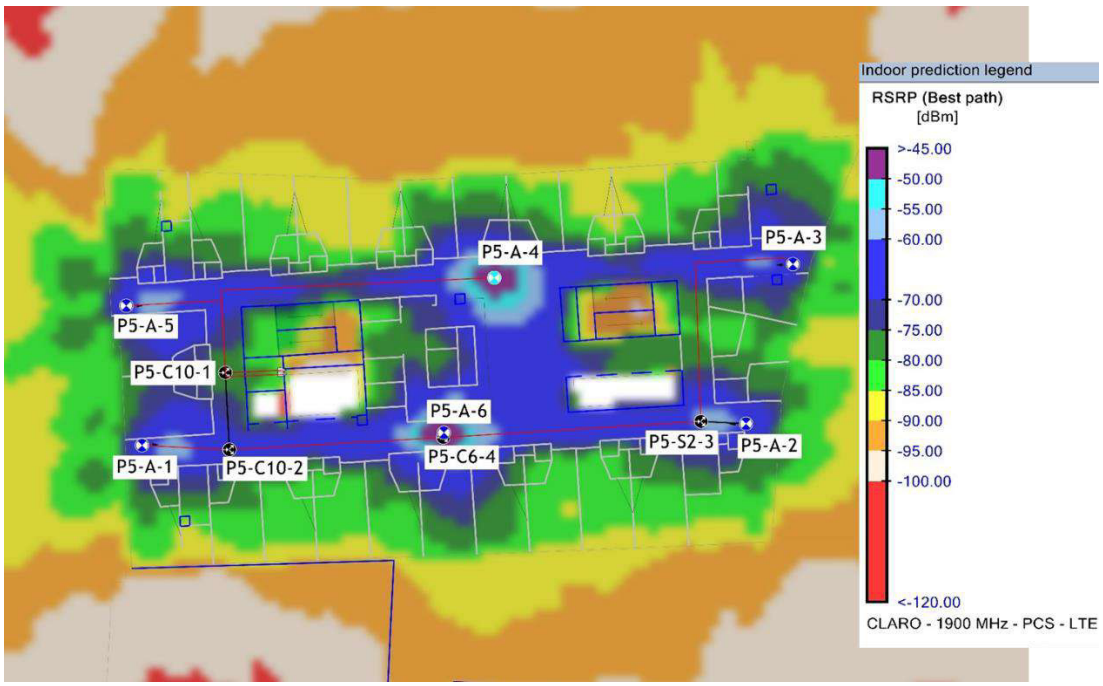



*Fig. 162:* Predicción de RSRP en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2.7. *Piso 4, RSRP*

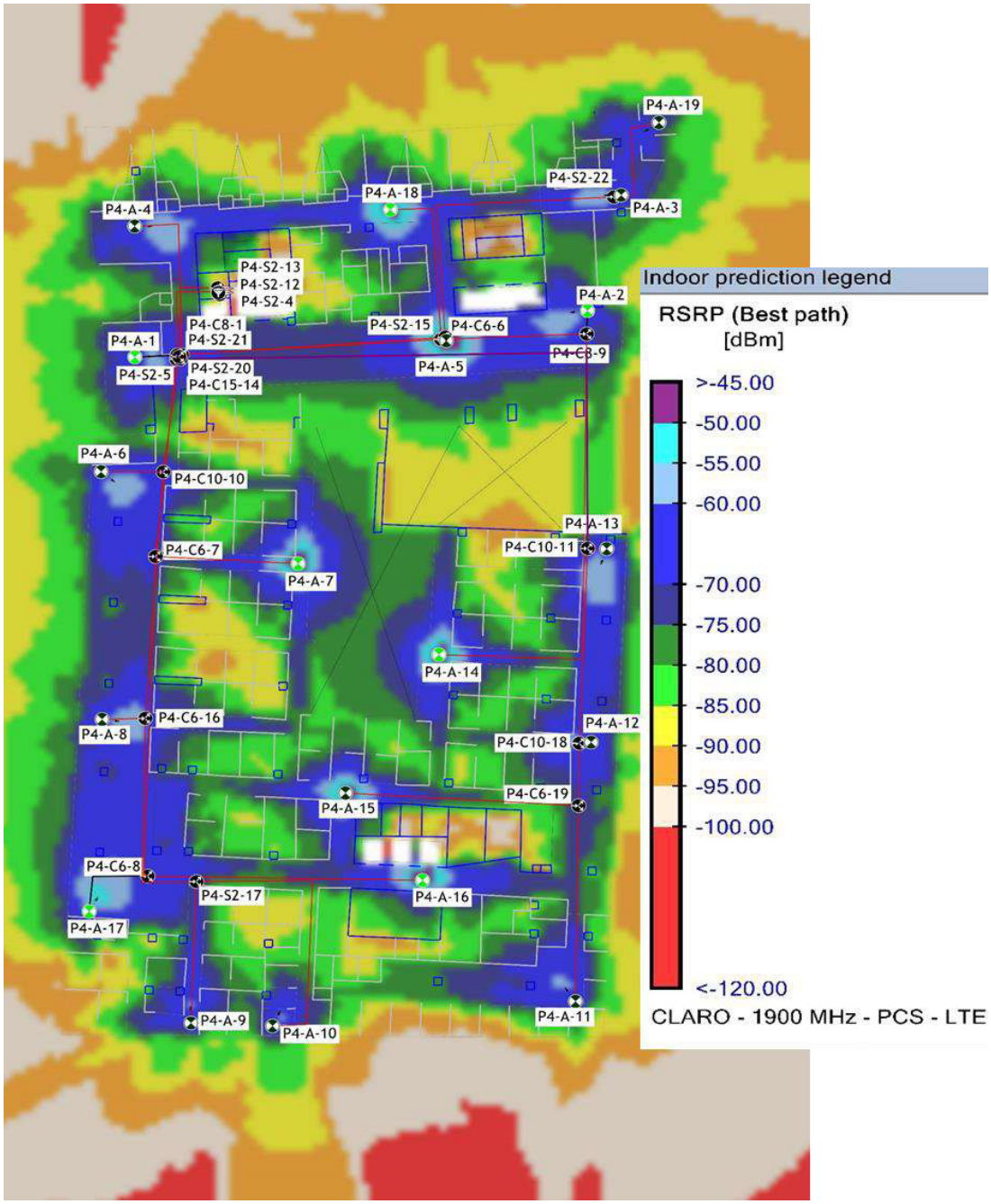



*Fig. 163:* Predicción de RSRP en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2.8. *Piso 3, RSRP*

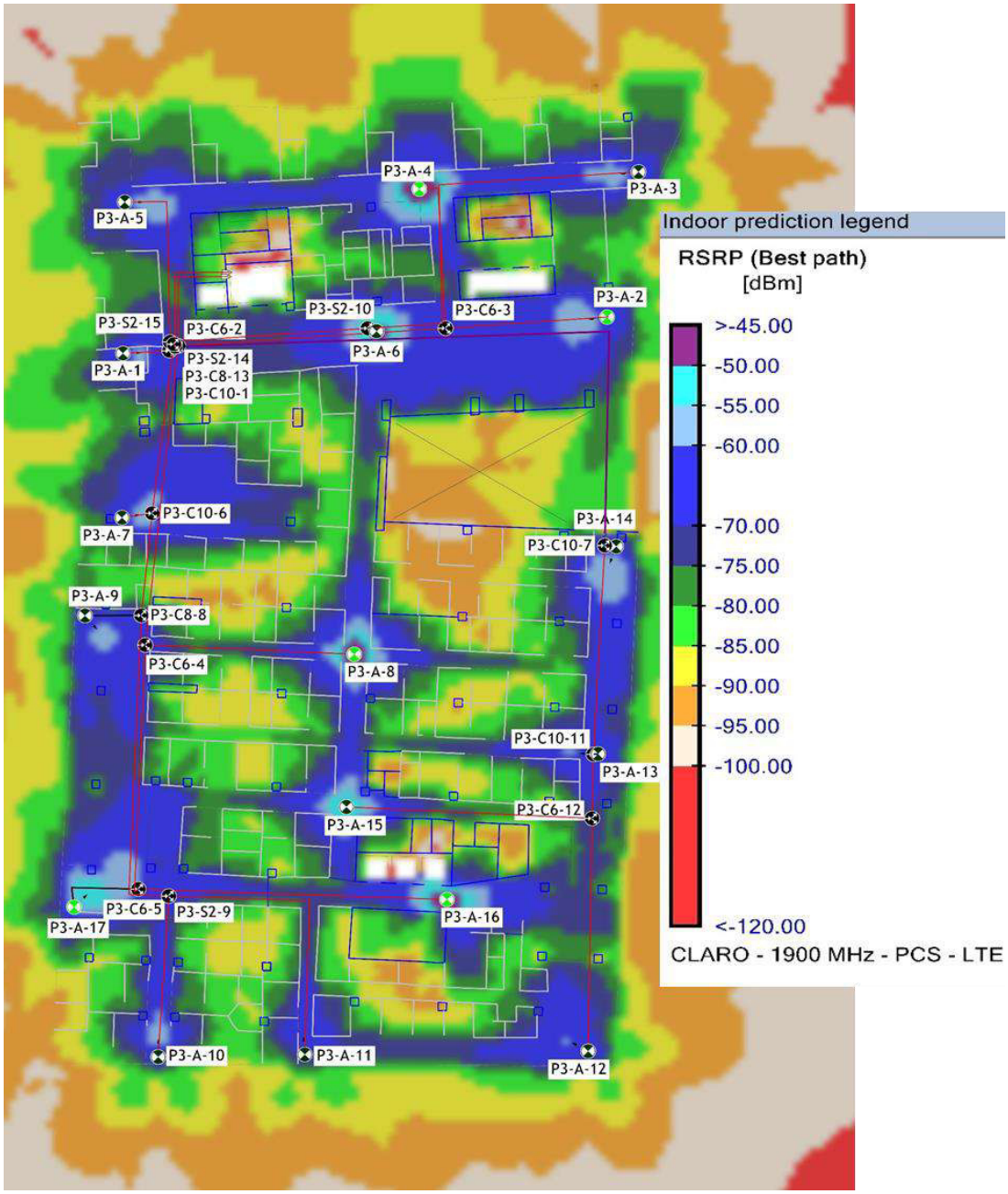



*Fig. 164:* Predicción de RSRP en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2.9. *Piso 2, RSRP*

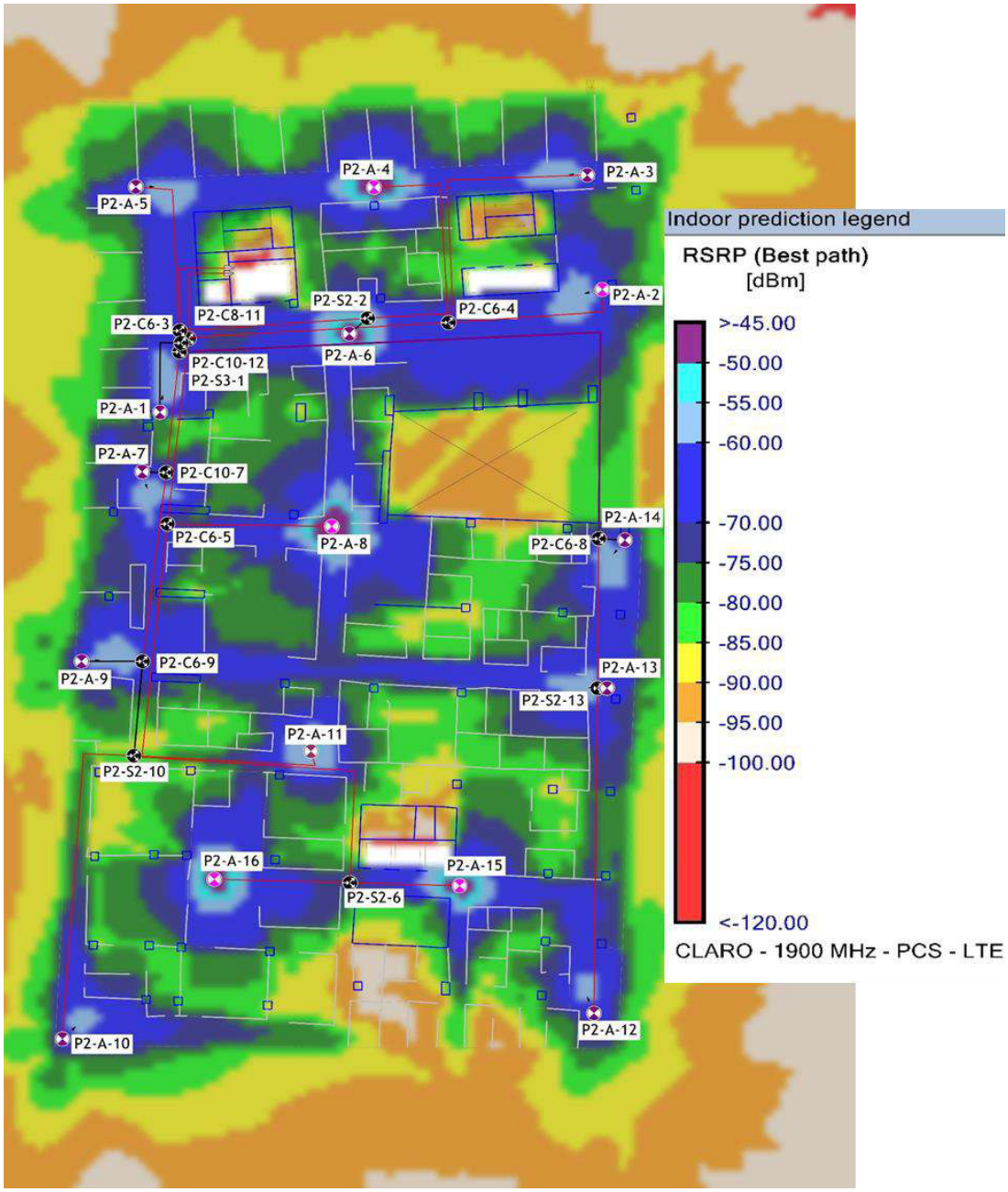



*Fig. 165:* Predicción de RSRP en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2.10. *Sótano 1, RSRP*

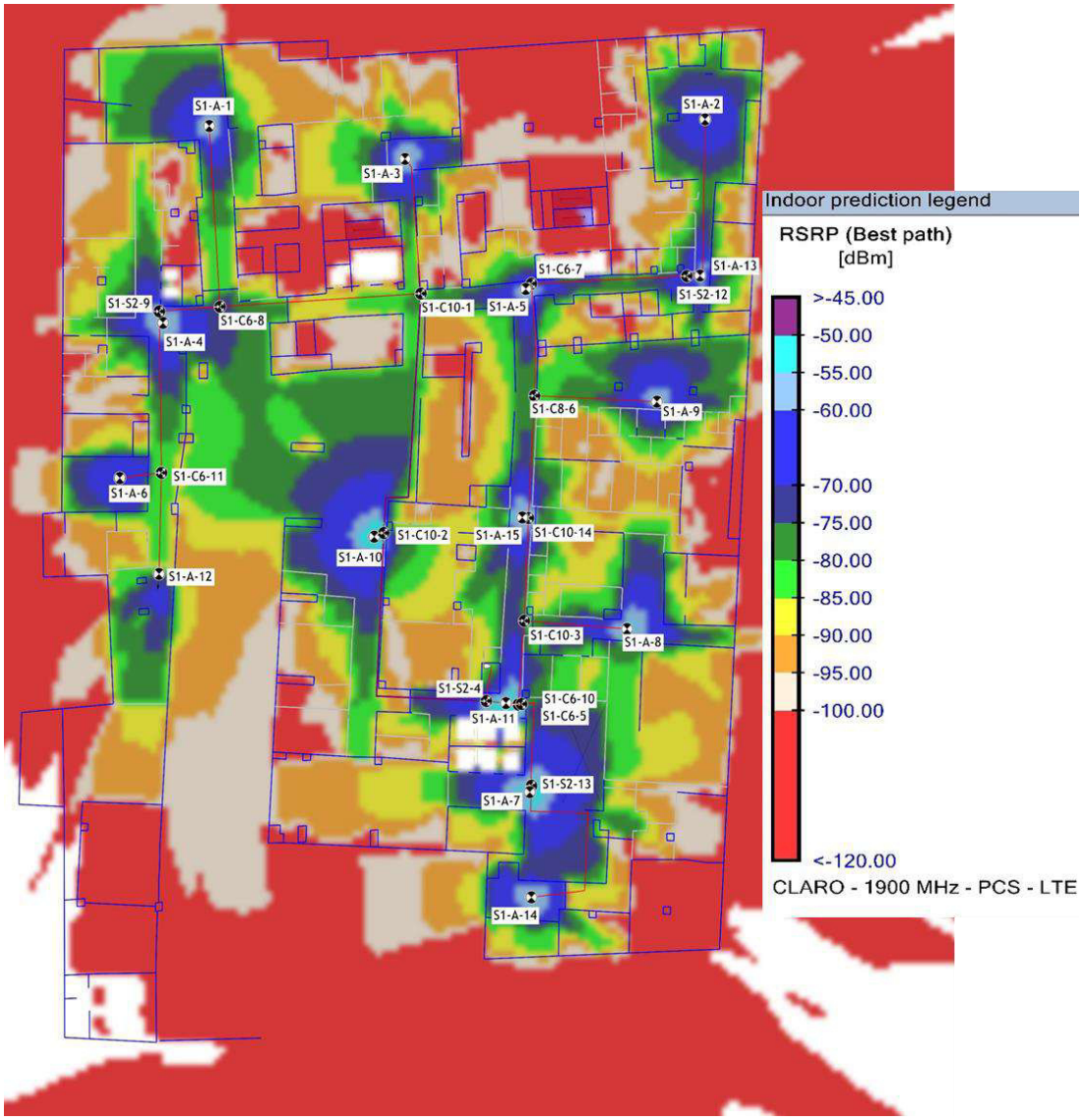



*Fig. 166:* Predicción de RSRP en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2.11. *Sótano 2, RSRP*

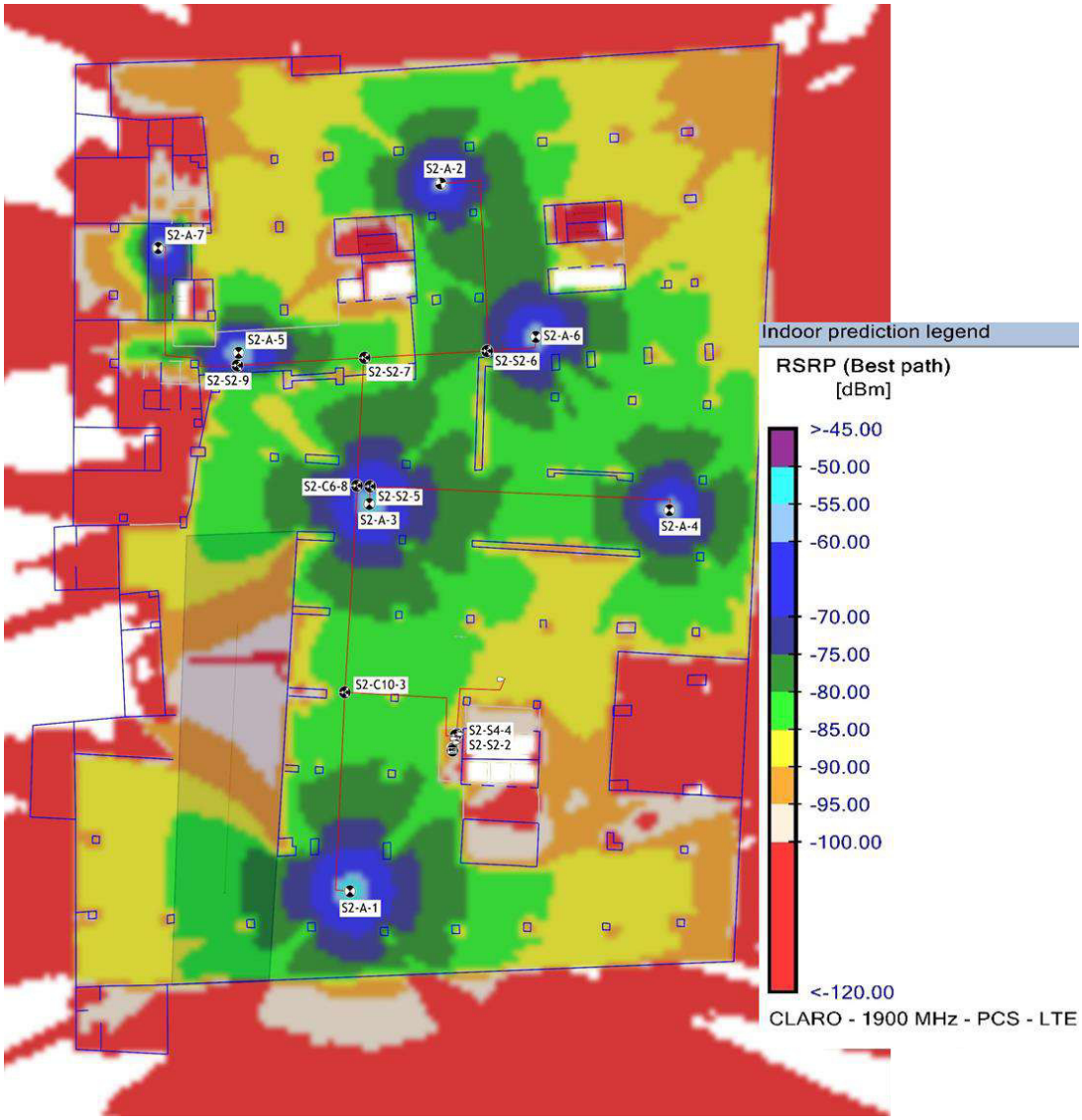



*Fig. 167:* Predicción de RSRP en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2.12. *Sótano 3, RSRP*

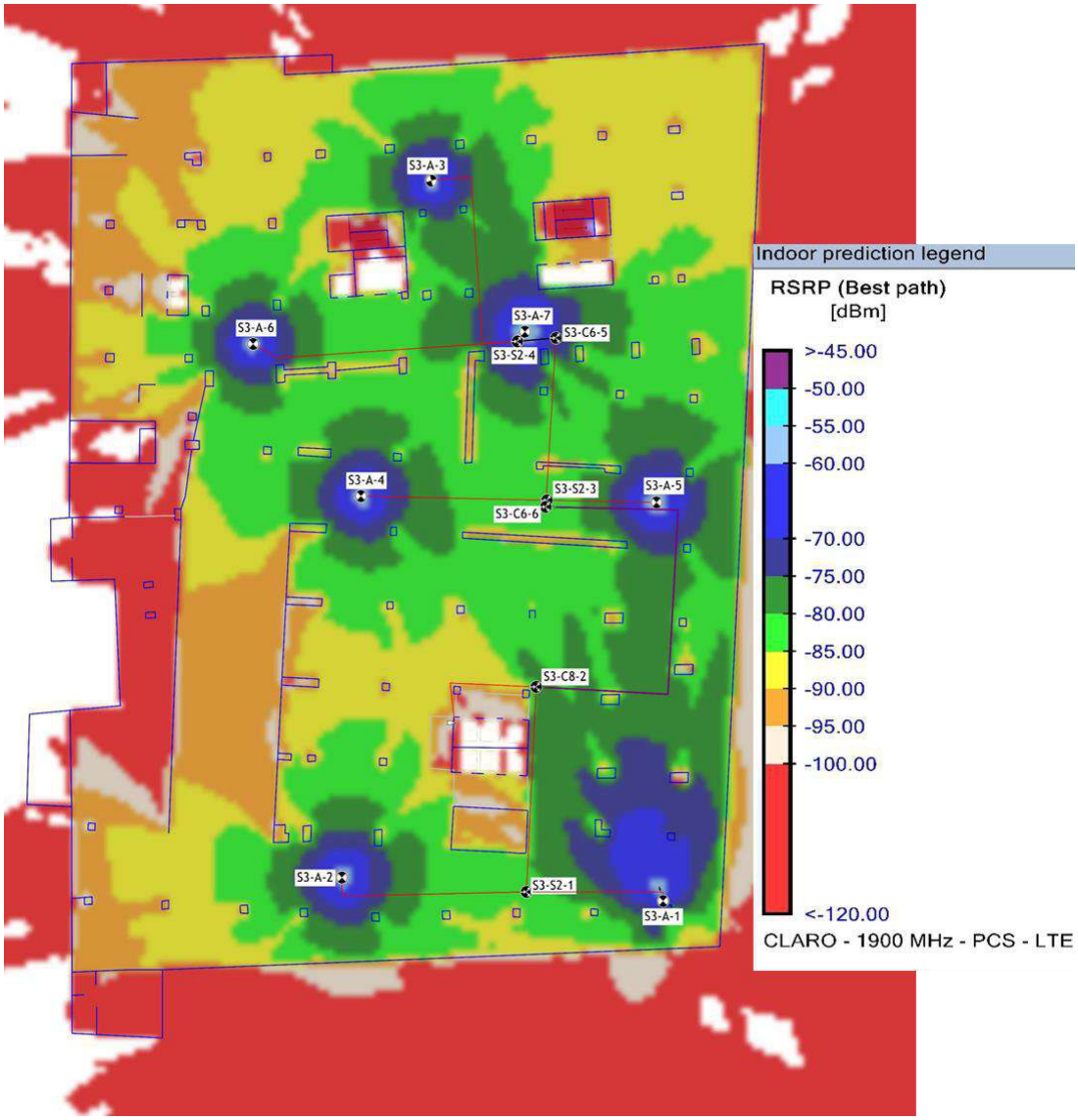



*Fig. 168:* Predicción de RSRP en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2.13. *Sótano 4, RSRP*

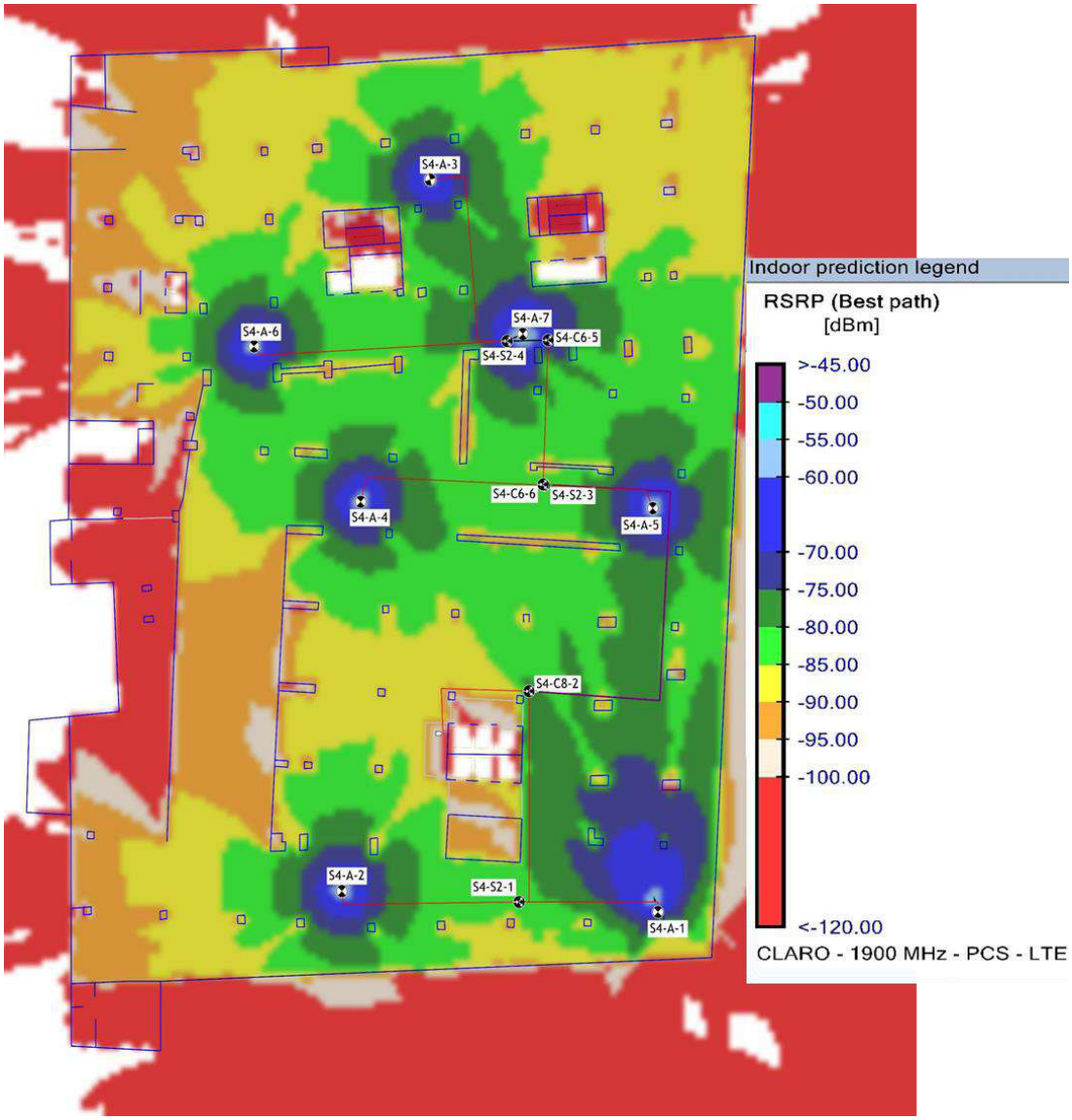



*Fig. 169:* Predicción de RSRP en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.6.2.14. *Sótano 5, RSRP*

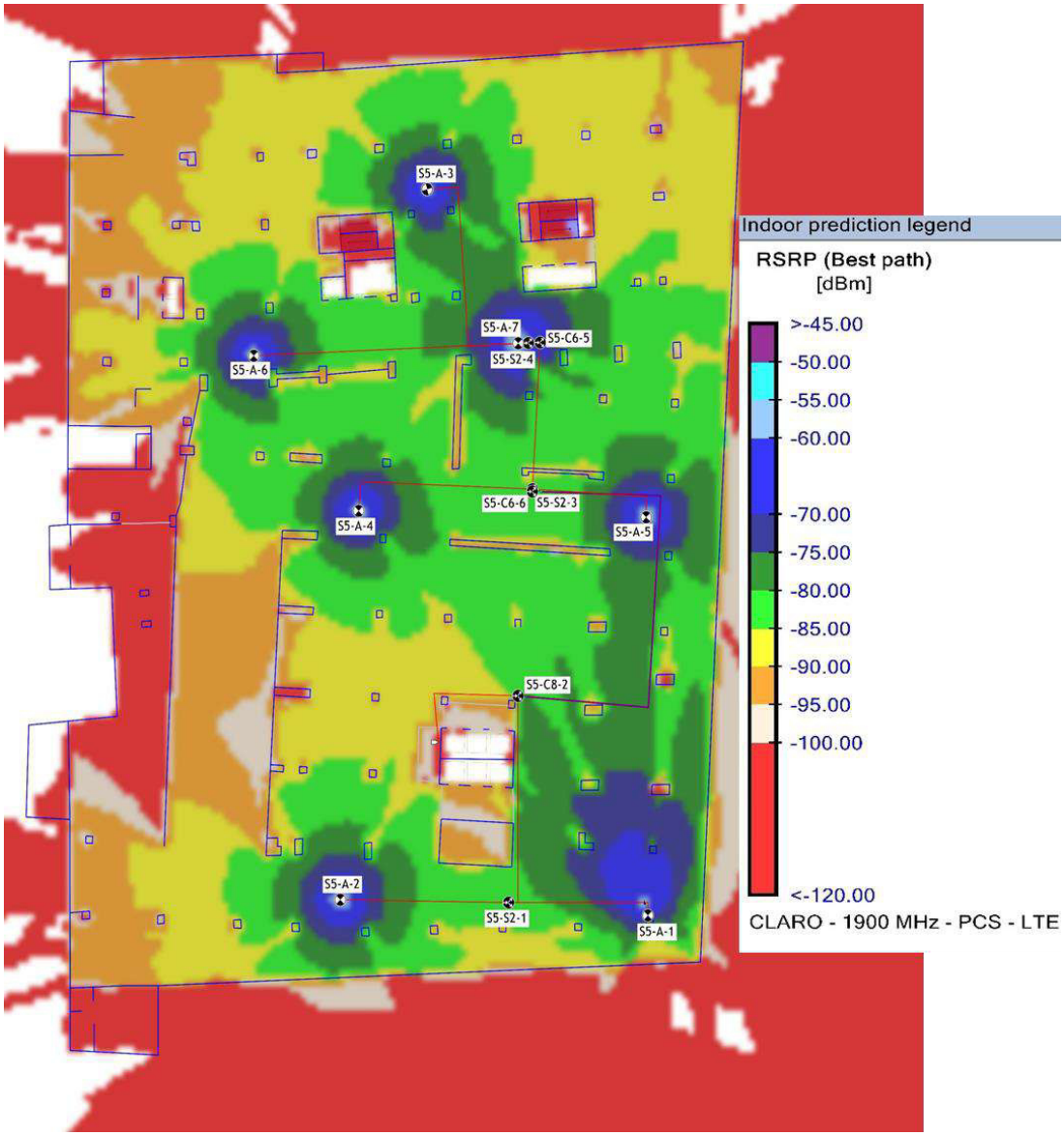



*Fig. 170:* Predicción de RSRP en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

## 7.7. LINK BUDGET

### 7.7.1. 3G – 850 MHz

*Tabla 14:* Link Budget 3G – 850 MHz

**Link Budget Report**

**Project name:** CLÍNICA DELGADO **Design company:**
**Project creation date:** **Designer:**

| Antenna ID | Operator | System ID | Summary | | | | Summary | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sys Out Pwr | | Total DAS Gain/Loss | Antenna Gain | Antenna ERP | |
| | | | Pilot | Total | | | Pilot | Pwr per Ch. |
| | | | (dBm) | (dBm) | (dB) | (dBd) | (dBm) | (dBm) |
| P1-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -23.06 | 2.85 | 4.78 | 14.78 |
| P1-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -22.8 | 2.85 | 5.04 | 15.04 |
| P1-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -24.24 | 2.85 | 3.6 | 13.6 |
| P1-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -22.33 | -0.65 | 2.01 | 12.01 |
| P1-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -23.12 | 2.85 | 4.72 | 14.72 |
| P1-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -23.78 | 2.85 | 4.06 | 14.06 |
| P1-A-7 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -18.33 | -0.65 | 6.01 | 16.01 |
| P1-A-8 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -22.7 | 2.85 | 5.14 | 15.14 |
| P1-A-9 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -22.82 | 2.85 | 5.02 | 15.02 |
| P1-A-10 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -25.87 | 2.85 | 1.97 | 11.97 |
| P1-A-11 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -20.13 | -0.65 | 4.21 | 14.21 |
| P2-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -26.54 | 2.85 | 1.3 | 11.3 |
| P2-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -25.46 | 2.85 | 2.38 | 12.38 |
| P2-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -24.8 | 2.85 | 3.04 | 13.04 |
| P2-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -19.96 | -0.65 | 4.38 | 14.38 |
| P2-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -26.62 | 2.85 | 1.22 | 11.22 |
| P2-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -22.76 | -0.65 | 1.58 | 11.58 |
| P2-A-7 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -26.62 | 2.85 | 1.22 | 11.22 |
| P2-A-8 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -19.27 | -0.65 | 5.07 | 15.07 |
| P2-A-9 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -26.39 | 2.85 | 1.45 | 11.45 |
| P2-A-10 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -26.76 | 2.85 | 1.08 | 11.08 |
| P2-A-11 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -25.75 | -0.65 | -1.41 | 8.59 |
| P2-A-12 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -26.96 | 2.85 | 0.87 | 10.87 |
| P2-A-13 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -24.86 | 2.85 | 2.98 | 12.98 |
| P2-A-14 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -26.24 | 2.85 | 1.6 | 11.6 |
| P2-A-15 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -20.36 | -0.65 | 3.98 | 13.98 |
| P2-A-16 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 4 | 24.99 | 34.99 | -20.53 | -0.65 | 3.81 | 13.81 |
| P3-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -27.58 | 2.85 | 0.26 | 10.26 |
| P3-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -26.85 | 2.85 | 0.99 | 10.99 |
| P3-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -26.34 | 2.85 | 1.5 | 11.5 |

| Antenna ID | Operator | System ID | Summary | | | | Summary | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sys Out Pwr | | Total DAS Gain/Loss | Antenna Gain | Antenna ERP | |
| | | | Pilot | Total | | | Pilot | Pwr per Ch. |
| | | | (dBm) | (dBm) | (dB) | (dBd) | (dBm) | (dBm) |
| P3-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -21.15 | -0.65 | 3.19 | 13.19 |
| P3-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -27.77 | 2.85 | 0.07 | 10.07 |
| P3-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -23.77 | -0.65 | 0.57 | 10.57 |
| P3-A-7 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -28.11 | 2.85 | -0.27 | 9.73 |
| P3-A-8 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -21.72 | -0.65 | 2.62 | 12.62 |
| P3-A-9 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -28.75 | 2.85 | -0.91 | 9.09 |
| P3-A-10 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -27.27 | 2.85 | 0.57 | 10.57 |
| P3-A-11 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -28.11 | 2.85 | -0.27 | 9.73 |
| P3-A-12 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -28.71 | 2.85 | -0.87 | 9.13 |
| P3-A-13 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -29.13 | 2.85 | -1.29 | 8.71 |
| P3-A-14 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -26.37 | 2.85 | 1.47 | 11.47 |
| P3-A-15 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -23 | -0.65 | 1.34 | 11.34 |
| P3-A-16 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -19.97 | -0.65 | 4.37 | 14.37 |
| P3-A-17 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -23.33 | 2.85 | 4.51 | 14.51 |
| P4-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -28.27 | 2.85 | -0.43 | 9.57 |
| P4-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -26.69 | 2.85 | 1.15 | 11.15 |
| P4-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -26.47 | 2.85 | 1.37 | 11.37 |
| P4-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -26.48 | 2.85 | 1.36 | 11.36 |
| P4-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -22.96 | -0.65 | 1.38 | 11.38 |
| P4-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -28.18 | 2.85 | -0.34 | 9.66 |
| P4-A-7 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -22.25 | -0.65 | 2.09 | 12.09 |
| P4-A-8 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -27.49 | 2.85 | 0.34 | 10.34 |
| P4-A-9 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -27.47 | 2.85 | 0.37 | 10.37 |
| P4-A-10 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -28.47 | 2.85 | -0.63 | 9.37 |
| P4-A-11 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -28.2 | 2.85 | -0.36 | 9.64 |
| P4-A-12 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -28.3 | 2.85 | -0.46 | 9.54 |
| P4-A-13 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -26.08 | 2.85 | 1.76 | 11.76 |
| P4-A-14 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -22.08 | -0.65 | 2.26 | 12.26 |
| P4-A-15 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -22.63 | -0.65 | 1.71 | 11.71 |
| P4-A-16 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -21.36 | -0.65 | 2.98 | 12.98 |
| P4-A-17 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -24.93 | 2.85 | 2.91 | 12.91 |
| P4-A-18 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -23.54 | -0.65 | 0.8 | 10.8 |
| P4-A-19 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 3 | 24.99 | 34.99 | -34.12 | 2.85 | -6.28 | 3.72 |
| P5-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -21.29 | 2.85 | 6.55 | 16.55 |
| P5-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -19.53 | 2.85 | 8.31 | 18.31 |

| Antenna ID | Operator | System ID | Summary | | | | Summary | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sys Out Pwr | | Total DAS Gain/Loss | Antenna Gain | Antenna ERP | |
| | | | Pilot | Total | | | Pilot | Pwr per Ch. |
| | | | (dBm) | (dBm) | (dB) | (dBd) | (dBm) | (dBm) |
| P5-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -20.58 | 2.85 | 7.26 | 17.26 |
| P5-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -16.72 | -0.65 | 7.62 | 17.62 |
| P5-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -20.21 | 2.85 | 7.63 | 17.63 |
| P5-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -20.19 | -0.65 | 4.15 | 14.15 |
| P6-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -21.46 | 2.85 | 6.38 | 16.38 |
| P6-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -20.22 | 2.85 | 7.62 | 17.62 |
| P6-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -21.11 | 2.85 | 6.73 | 16.73 |
| P6-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -16.36 | -0.65 | 7.98 | 17.98 |
| P6-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -20.2 | 2.85 | 7.64 | 17.64 |
| P6-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -20.62 | -0.65 | 3.72 | 13.72 |
| P7-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -21.6 | 2.85 | 6.24 | 16.24 |
| P7-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -20.32 | 2.85 | 7.52 | 17.52 |
| P7-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -21.23 | 2.85 | 6.61 | 16.61 |
| P7-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -16.59 | -0.65 | 7.75 | 17.75 |
| P7-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -20.38 | 2.85 | 7.46 | 17.46 |
| P7-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 2 | 24.99 | 34.99 | -20.78 | -0.65 | 3.56 | 13.56 |
| P8-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -21.15 | 2.85 | 6.69 | 16.69 |
| P8-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -19.76 | 2.85 | 8.08 | 18.08 |
| P8-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -20.76 | 2.85 | 7.08 | 17.08 |
| P8-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -18.18 | -0.65 | 6.16 | 16.16 |
| P8-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -19.87 | 2.85 | 7.97 | 17.97 |
| P8-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -20.25 | -0.65 | 4.09 | 14.09 |
| P9-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -20.93 | 2.85 | 6.9 | 16.9 |
| P9-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -19.72 | 2.85 | 8.12 | 18.12 |
| P9-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -20.57 | 2.85 | 7.27 | 17.27 |
| P9-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -17.72 | -0.65 | 6.62 | 16.62 |
| P9-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -19.63 | 2.85 | 8.21 | 18.21 |
| P9-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -20.11 | -0.65 | 4.23 | 14.23 |
| P10-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -20.98 | 2.85 | 6.86 | 16.86 |
| P10-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -19.44 | 2.85 | 8.4 | 18.4 |
| P10-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -20.36 | 2.85 | 7.48 | 17.48 |
| P10-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -18.1 | -0.65 | 6.24 | 16.24 |
| P10-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -19.77 | 2.85 | 8.07 | 18.07 |
| P10-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 1 | 24.99 | 34.99 | -20.03 | -0.65 | 4.31 | 14.31 |
| S1-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -24.83 | -0.65 | -0.49 | 9.51 |

| Antenna ID | Operator | System ID | Sys Out Pwr | | Total DAS Gain/Loss | Antenna Gain | Antenna ERP | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Pilot | Total | | | Pilot | Pwr per Ch. |
| | | | (dBm) | (dBm) | (dB) | (dBd) | (dBm) | (dBm) |
| S1-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -26.28 | -0.65 | -1.94 | 8.06 |
| S1-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -25.83 | -0.65 | -1.49 | 8.51 |
| S1-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -23.18 | -0.65 | 1.16 | 11.16 |
| S1-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -24.7 | -0.65 | -0.36 | 9.64 |
| S1-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -26.52 | -0.65 | -2.18 | 7.82 |
| S1-A-7 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -22.24 | -0.65 | 2.1 | 12.1 |
| S1-A-8 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -23.22 | -0.65 | 1.12 | 11.12 |
| S1-A-9 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -25.23 | -0.65 | -0.89 | 9.11 |
| S1-A-10 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -21.86 | -0.65 | 2.48 | 12.48 |
| S1-A-11 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -22.41 | -0.65 | 1.93 | 11.93 |
| S1-A-12 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -31.46 | 2.85 | -3.62 | 6.38 |
| S1-A-13 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -25.09 | -0.65 | -0.75 | 9.25 |
| S1-A-14 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -23.86 | -0.65 | 0.48 | 10.48 |
| S1-A-15 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -24.36 | -0.65 | -0.02 | 9.98 |
| S2-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -24.34 | -0.65 | 0 | 10 |
| S2-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.37 | -0.65 | -3.03 | 6.97 |
| S2-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -25.08 | -0.65 | -0.74 | 9.26 |
| S2-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.41 | -0.65 | -3.07 | 6.93 |
| S2-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -25.81 | -0.65 | -1.47 | 8.53 |
| S2-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -26.21 | -0.65 | -1.87 | 8.13 |
| S2-A-7 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.24 | -0.65 | -2.9 | 7.1 |
| S3-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.16 | 2.85 | 0.68 | 10.68 |
| S3-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.61 | -0.65 | -3.27 | 6.73 |
| S3-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -28.26 | -0.65 | -3.92 | 6.08 |
| S3-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -28.17 | -0.65 | -3.83 | 6.17 |
| S3-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.55 | -0.65 | -3.21 | 6.79 |
| S3-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.72 | -0.65 | -3.38 | 6.62 |
| S3-A-7 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -25.67 | -0.65 | -1.33 | 8.67 |
| S4-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.54 | 2.85 | 0.3 | 10.3 |
| S4-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.86 | -0.65 | -3.52 | 6.48 |
| S4-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -28.28 | -0.65 | -3.94 | 6.06 |
| S4-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -28.61 | -0.65 | -4.27 | 5.73 |
| S4-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.95 | -0.65 | -3.61 | 6.39 |
| S4-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.8 | -0.65 | -3.46 | 6.54 |
| S4-A-7 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -25.92 | -0.65 | -1.59 | 8.41 |
| S5-A-1 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.84 | 2.85 | 0 | 10 |
| S5-A-2 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -27.98 | -0.65 | -3.64 | 6.36 |
| S5-A-3 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -28.58 | -0.65 | -4.24 | 5.76 |
| S5-A-4 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -28.95 | -0.65 | -4.61 | 5.39 |
| S5-A-5 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -28.4 | -0.65 | -4.06 | 5.94 |
| S5-A-6 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -28.01 | -0.65 | -3.67 | 6.33 |
| S5-A-7 | CLARO | 850 MHz - Cellular - WCDMA - Sector 5 | 24.99 | 34.99 | -25.87 | -0.65 | -1.53 | 8.47 |

**Total number of antennas:** 142

**Total number of radiating cables** 0

Fuente: Elaboración Propia

### 7.7.2. 4G – 1900 MHz

*Tabla 15:* Link Budget 4G – 1900 MHz

**Link Budget Report**

**Project name:** CLÍNICA DELGADO **Design company:**
**Project creation date:** **Designer:**

| Antenna ID | Operator | System ID | Summary | | | | Summary |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Res Blck Pwr | Sys Out Pwr Total | Total DAS Gain/Loss | Antenna Gain | Antenna ERP Pwr per Ch. |
| | | | (dBm) | (dBm) | (dB) | (dBd) | (dBm) |
| P1-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.14 | 5.85 | 23.71 |
| P1-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path2 | 21.01 | 38 | -21.19 | 5.85 | 22.66 |
| P1-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -23.16 | 5.85 | 20.69 |
| P1-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path2 | 21.01 | 38 | -20.48 | 2.85 | 20.37 |
| P1-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -21.44 | 5.85 | 22.41 |
| P1-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -21.51 | 5.85 | 22.34 |
| P1-A-7 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -15.99 | 2.85 | 24.86 |
| P1-A-8 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -22.22 | 5.85 | 21.63 |
| P1-A-9 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -22.41 | 5.85 | 21.44 |
| P1-A-10 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -24.69 | 5.85 | 19.16 |
| P1-A-11 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path2 | 21.01 | 38 | -18.49 | 2.85 | 22.36 |
| P2-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -24.35 | 5.85 | 19.5 |
| P2-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path2 | 21.01 | 38 | -24.12 | 5.85 | 19.73 |
| P2-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -24.06 | 5.85 | 19.79 |
| P2-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path2 | 21.01 | 38 | -18.76 | 2.85 | 22.09 |
| P2-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -24.66 | 5.85 | 19.19 |
| P2-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.94 | 2.85 | 19.91 |
| P2-A-7 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -24.47 | 5.85 | 19.38 |
| P2-A-8 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path2 | 21.01 | 38 | -17.7 | 2.85 | 23.15 |
| P2-A-9 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -25.09 | 5.85 | 18.76 |
| P2-A-10 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -26.82 | 5.85 | 17.03 |
| P2-A-11 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -25.29 | 2.85 | 15.56 |
| P2-A-12 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -27.13 | 5.85 | 16.72 |
| P2-A-13 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -23.93 | 5.85 | 19.92 |
| P2-A-14 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path1 | 21.01 | 38 | -24.85 | 5.85 | 19 |
| P2-A-15 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path2 | 21.01 | 38 | -20.55 | 2.85 | 20.3 |
| P2-A-16 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 4 - Path2 | 21.01 | 38 | -20.8 | 2.85 | 20.05 |
| P3-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -24.95 | 5.85 | 18.9 |
| P3-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path2 | 21.01 | 38 | -25.28 | 5.85 | 18.57 |
| P3-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -25.65 | 5.85 | 18.2 |

| Antenna ID | Operator | System ID | Summary | | | | Summary |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Res Blck Pwr | Sys Out Pwr Total | Total DAS Gain/Loss | Antenna Gain | Antenna ERP Pwr per Ch. |
| | | | (dBm) | (dBm) | (dB) | (dBd) | (dBm) |
| P3-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path2 | 21.01 | 38 | -19.61 | 2.85 | 21.24 |
| P3-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -25.66 | 5.85 | 18.19 |
| P3-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -21.75 | 2.85 | 19.1 |
| P3-A-7 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -25.99 | 5.85 | 17.86 |
| P3-A-8 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path2 | 21.01 | 38 | -20.48 | 2.85 | 20.37 |
| P3-A-9 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -27.15 | 5.85 | 16.7 |
| P3-A-10 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -27.08 | 5.85 | 16.77 |
| P3-A-11 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -28.36 | 5.85 | 15.49 |
| P3-A-12 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -28.76 | 5.85 | 15.09 |
| P3-A-13 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -28.2 | 5.85 | 15.65 |
| P3-A-14 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -24.7 | 5.85 | 19.15 |
| P3-A-15 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -23.07 | 2.85 | 17.78 |
| P3-A-16 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path2 | 21.01 | 38 | -19.94 | 2.85 | 20.91 |
| P3-A-17 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path2 | 21.01 | 38 | -22.69 | 5.85 | 21.16 |
| P4-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path2 | 21.01 | 38 | -25.37 | 5.85 | 18.48 |
| P4-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path2 | 21.01 | 38 | -25.12 | 5.85 | 18.73 |
| P4-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -25.64 | 5.85 | 18.21 |
| P4-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -24.18 | 5.85 | 19.67 |
| P4-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.98 | 2.85 | 19.87 |
| P4-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -25.87 | 5.85 | 17.98 |
| P4-A-7 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path2 | 21.01 | 38 | -20.34 | 2.85 | 20.51 |
| P4-A-8 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -26.03 | 5.85 | 17.82 |
| P4-A-9 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -27.17 | 5.85 | 16.68 |
| P4-A-10 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -28.7 | 5.85 | 15.15 |
| P4-A-11 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -27.98 | 5.85 | 15.87 |
| P4-A-12 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -27.17 | 5.85 | 16.68 |
| P4-A-13 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -24.25 | 5.85 | 19.6 |
| P4-A-14 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path2 | 21.01 | 38 | -22.1 | 2.85 | 18.75 |
| P4-A-15 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -22.51 | 2.85 | 18.34 |
| P4-A-16 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path2 | 21.01 | 38 | -21.1 | 2.85 | 19.75 |
| P4-A-17 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path2 | 21.01 | 38 | -24.18 | 5.85 | 19.67 |
| P4-A-18 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path2 | 21.01 | 38 | -22 | 2.85 | 18.85 |
| P4-A-19 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 3 - Path1 | 21.01 | 38 | -33.68 | 5.85 | 10.17 |
| P5-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.43 | 5.85 | 23.42 |
| P5-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -19.9 | 5.85 | 23.95 |

| Antenna ID | Operator | System ID | Summary | | | | Summary |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Res Blck Pwr | Sys Out Pwr Total | Total DAS Gain/Loss | Antenna Gain | Antenna ERP Pwr per Ch. |
| | | | (dBm) | (dBm) | (dB) | (dBd) | (dBm) |
| P5-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -21.49 | 5.85 | 22.36 |
| P5-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path2 | 21.01 | 38 | -19.15 | 2.85 | 21.7 |
| P5-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -19.28 | 5.85 | 24.57 |
| P5-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -19.73 | 2.85 | 21.12 |
| P6-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.69 | 5.85 | 23.16 |
| P6-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.93 | 5.85 | 22.92 |
| P6-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -22.3 | 5.85 | 21.55 |
| P6-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path2 | 21.01 | 38 | -18.61 | 2.85 | 22.24 |
| P6-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -19.25 | 5.85 | 24.6 |
| P6-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.37 | 2.85 | 20.48 |
| P7-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.91 | 5.85 | 22.94 |
| P7-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -21.1 | 5.85 | 22.75 |
| P7-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -22.48 | 5.85 | 21.37 |
| P7-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path2 | 21.01 | 38 | -18.96 | 2.85 | 21.89 |
| P7-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -19.53 | 5.85 | 24.32 |
| P7-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 2 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.62 | 2.85 | 20.23 |
| P8-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.84 | 5.85 | 23.01 |
| P8-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.85 | 5.85 | 23 |
| P8-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -22.39 | 5.85 | 21.46 |
| P8-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path2 | 21.01 | 38 | -19.83 | 2.85 | 21.02 |
| P8-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -19.37 | 5.85 | 24.48 |
| P8-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.43 | 2.85 | 20.42 |
| P9-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.5 | 5.85 | 23.35 |
| P9-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.79 | 5.85 | 23.06 |
| P9-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -22.09 | 5.85 | 21.76 |
| P9-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path2 | 21.01 | 38 | -19.13 | 2.85 | 21.72 |
| P9-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -19 | 5.85 | 24.85 |
| P9-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.2 | 2.85 | 20.65 |
| P10-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.57 | 5.85 | 23.28 |
| P10-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.37 | 5.85 | 23.48 |
| P10-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -21.77 | 5.85 | 22.08 |
| P10-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path2 | 21.01 | 38 | -19.71 | 2.85 | 21.14 |
| P10-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -19.21 | 5.85 | 24.64 |
| P10-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 1 - Path1 | 21.01 | 38 | -20.1 | 2.85 | 20.75 |
| S1-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -28.72 | 2.85 | 12.13 |

| Antenna ID | Operator | System ID | | Total | Gain/Loss | Gain | Pwr per Ch. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (dBm) | (dBm) | (dB) | (dBd) | (dBm) |
| S1-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -30.9 | 2.85 | 9.95 |
| S1-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -28.63 | 2.85 | 12.22 |
| S1-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -26.73 | 2.85 | 14.12 |
| S1-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -27.97 | 2.85 | 12.88 |
| S1-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -30.94 | 2.85 | 9.91 |
| S1-A-7 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -24.01 | 2.85 | 16.84 |
| S1-A-8 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -25.24 | 2.85 | 15.61 |
| S1-A-9 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -28.41 | 2.85 | 12.44 |
| S1-A-10 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -23.55 | 2.85 | 17.3 |
| S1-A-11 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -23.74 | 2.85 | 17.11 |
| S1-A-12 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -36.11 | 5.85 | 7.74 |
| S1-A-13 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -29.08 | 2.85 | 11.77 |
| S1-A-14 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -26.48 | 2.85 | 14.37 |
| S1-A-15 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -26.5 | 2.85 | 14.35 |
| S2-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -26.11 | 2.85 | 14.74 |
| S2-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -31.04 | 2.85 | 9.81 |
| S2-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -27.03 | 2.85 | 13.82 |
| S2-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -30.57 | 2.85 | 10.28 |
| S2-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -28.66 | 2.85 | 12.19 |
| S2-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -29.26 | 2.85 | 11.59 |
| S2-A-7 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -30.84 | 2.85 | 10.01 |
| S3-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -29.61 | 5.85 | 14.24 |
| S3-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -30.31 | 2.85 | 10.54 |
| S3-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -32.1 | 2.85 | 8.75 |
| S3-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -31.03 | 2.85 | 9.82 |
| S3-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -30.09 | 2.85 | 10.76 |
| S3-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -31.81 | 2.85 | 9.04 |
| S3-A-7 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -28.68 | 2.85 | 12.17 |
| S4-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -30.19 | 5.85 | 13.66 |
| S4-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -30.68 | 2.85 | 10.17 |
| S4-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -32.14 | 2.85 | 8.71 |
| S4-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -31.71 | 2.85 | 9.14 |
| S4-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -30.69 | 2.85 | 10.16 |
| S4-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -31.93 | 2.85 | 8.92 |
| S4-A-7 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -29.07 | 2.85 | 11.78 |
| S5-A-1 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -30.65 | 5.85 | 13.2 |
| S5-A-2 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -30.87 | 2.85 | 9.98 |
| S5-A-3 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -32.6 | 2.85 | 8.25 |
| S5-A-4 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -32.21 | 2.85 | 8.64 |
| S5-A-5 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -31.38 | 2.85 | 9.47 |
| S5-A-6 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -32.25 | 2.85 | 8.6 |
| S5-A-7 | CLARO | 1900 MHz - PCS - LTE - Sector 5 - Path1 | 21.01 | 38 | -28.99 | 2.85 | 11.86 |

**Total number of antennas:** 142

**Total number of radiating cables** 0

Fuente: Elaboración Propia

## 7.8. MEDICIONES FINALES INTERNAS

### 7.8.1. Mediciones 3G

#### 7.8.1.1. *Piso 10, RSCP*

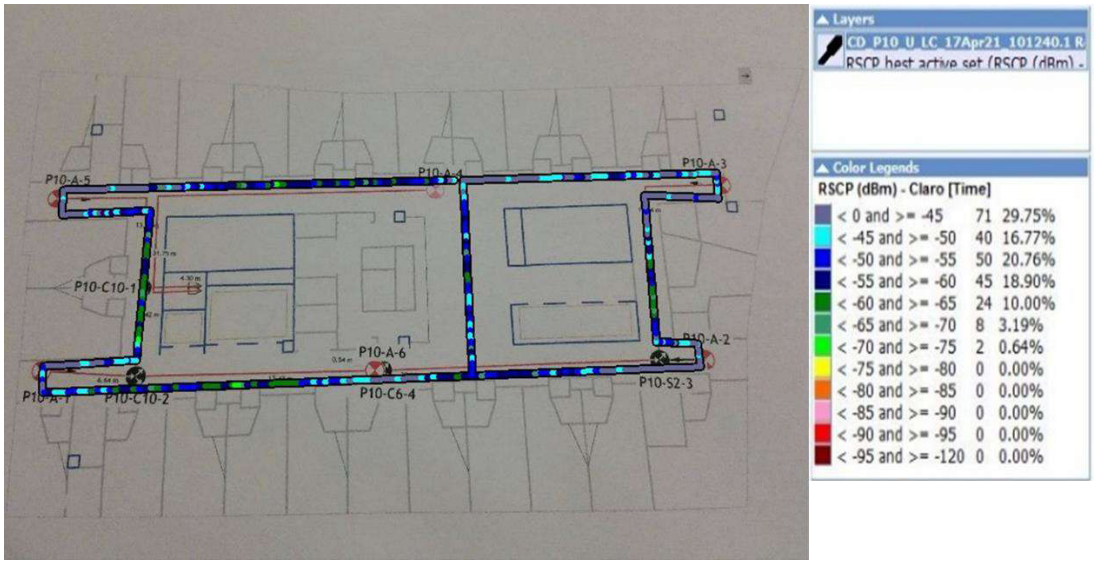



*Fig. 171:* Plot de RSCP en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

#### 7.8.1.2. *Piso 10, Ec/No*

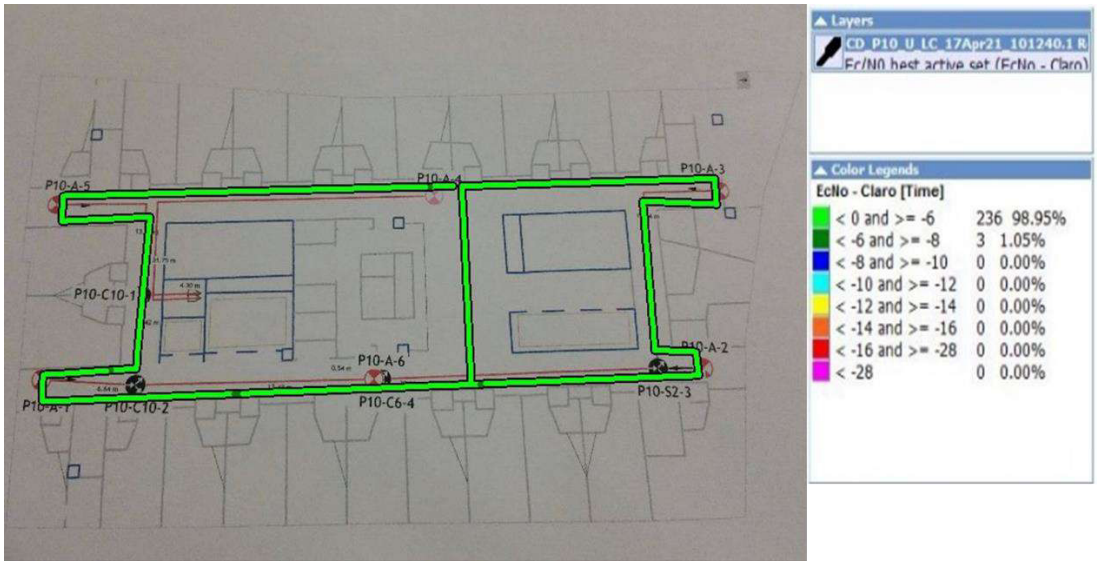



*Fig. 172:* Plot de Ec/No en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.3. *Piso 10, Scrambling Code*

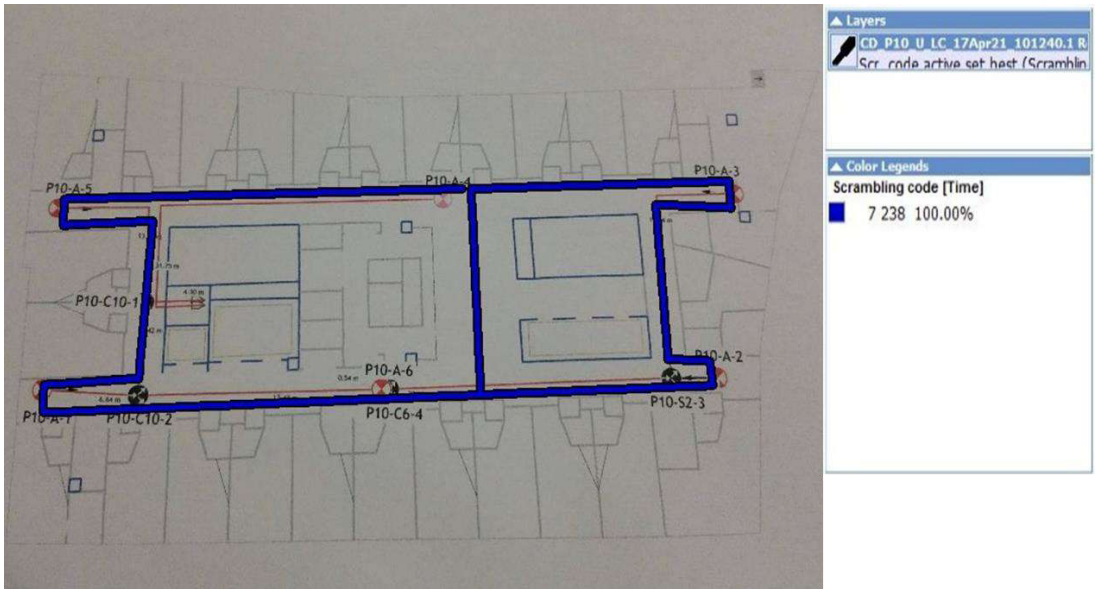



*Fig. 173:* Plot de Scrambling Code en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.4. *Piso 10, Tx Power*

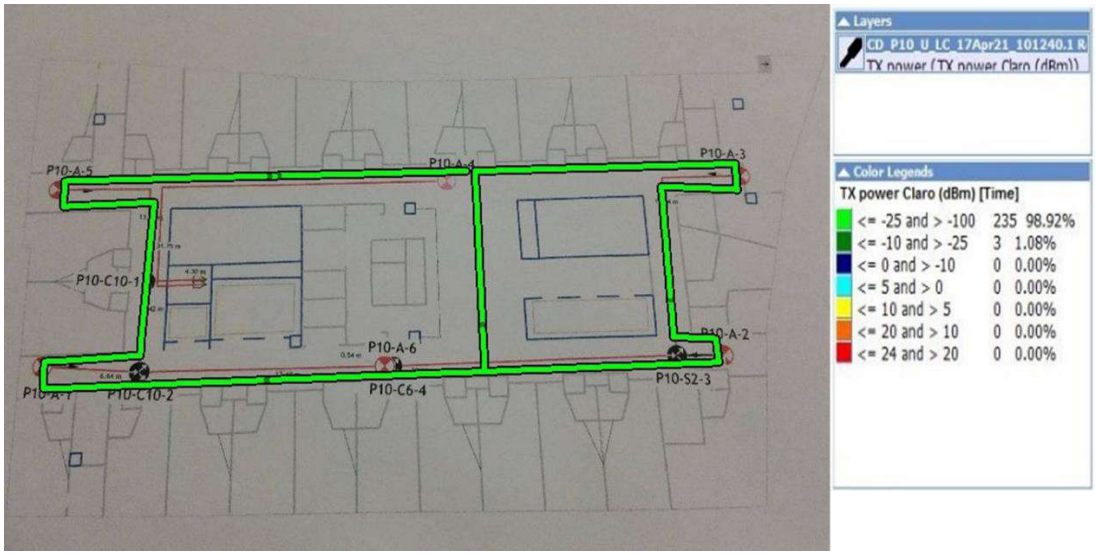



*Fig. 174:* Plot de Tx Power en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.5. *Piso 10, CQI*

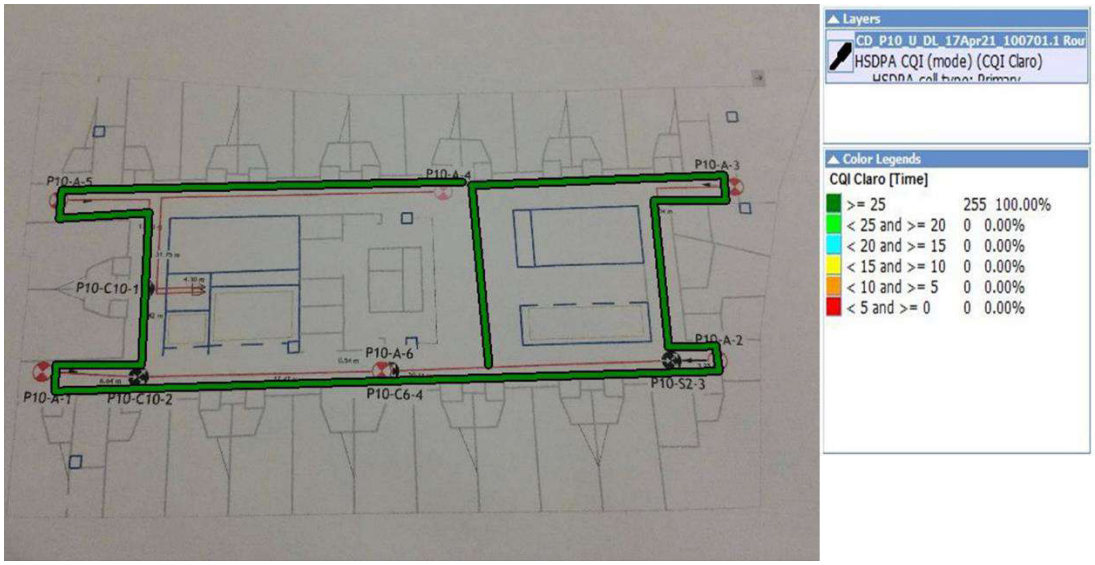



*Fig. 175:* Plot de CQI en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.6. *Piso 10, Throughput DL*

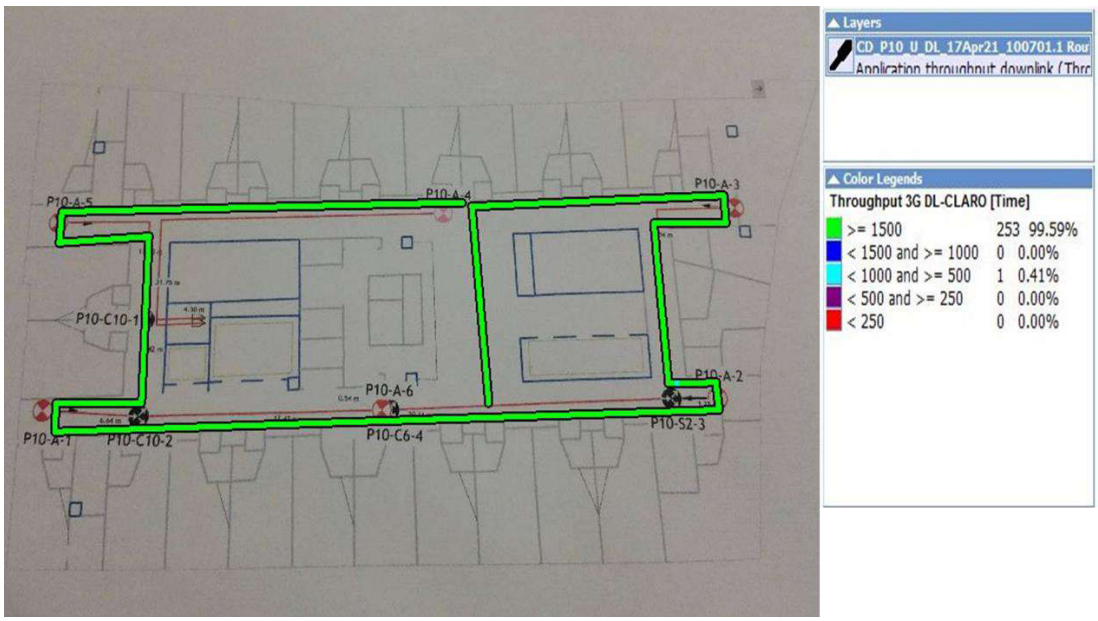



*Fig. 176:* Plot de Throughput DL en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.7. *Piso 10, Throughput UL*

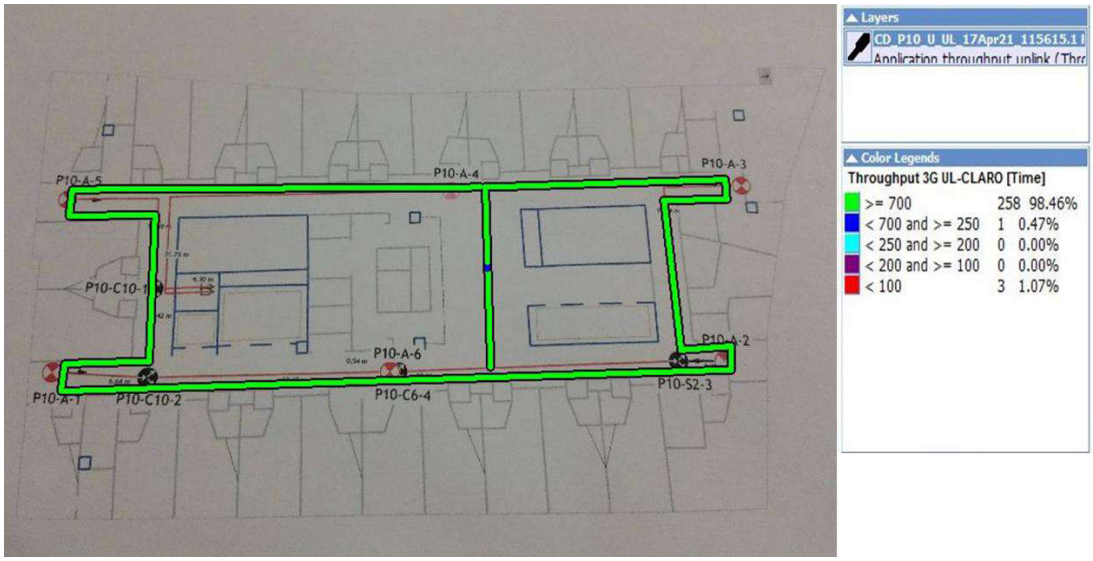



*Fig. 177:* Plot de Throughput UL en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.8. *Piso 9, RSCP*

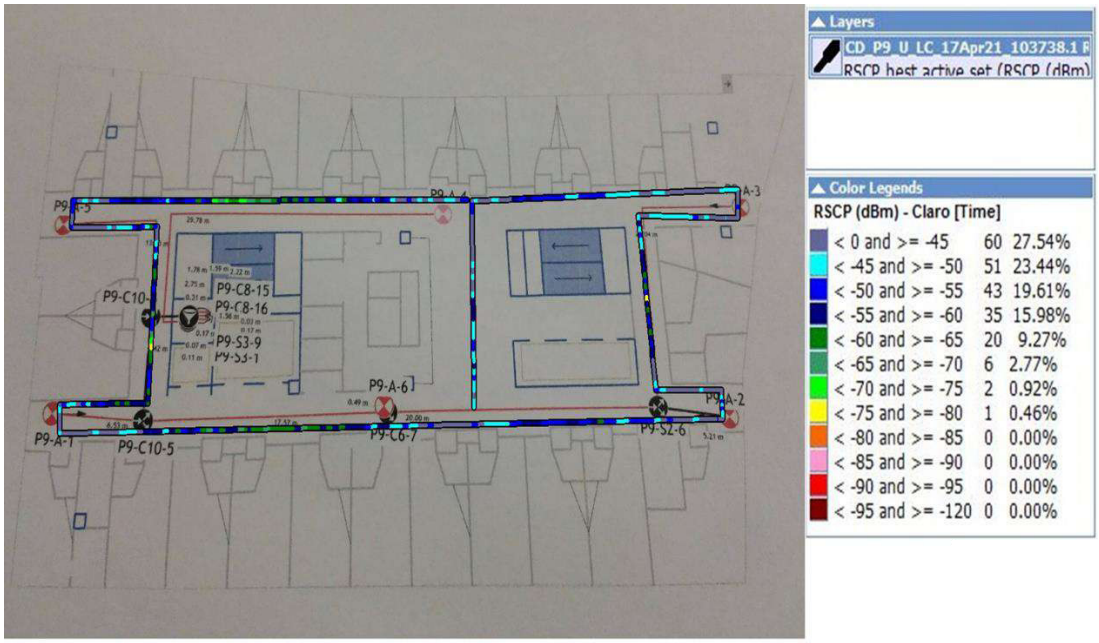



*Fig. 178:* Plot de RSCP en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.9. *Piso 9, Ec/No*

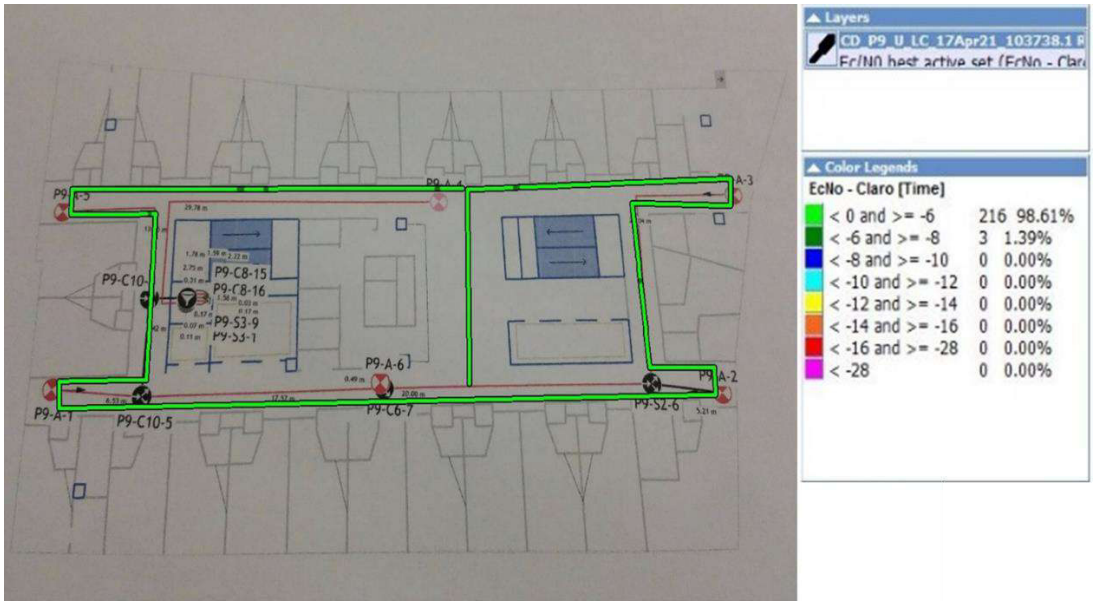



*Fig. 179:* Plot de Ec/No en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.10. *Piso 9, Scrambling Code*

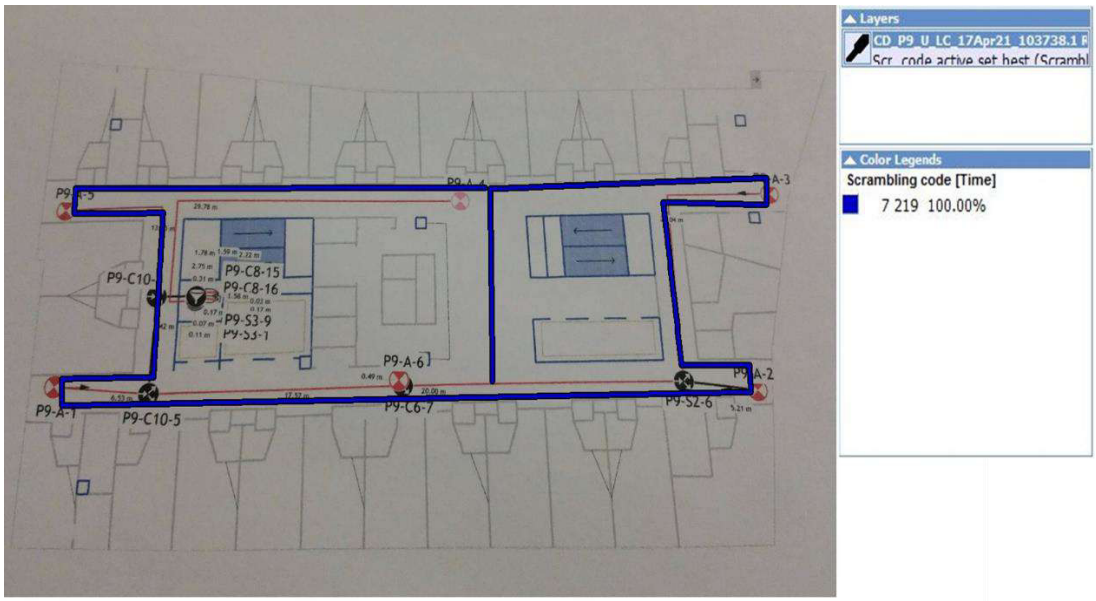



*Fig. 180:* Plot de Scrambling Code en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.11. *Piso 9, Tx Power*

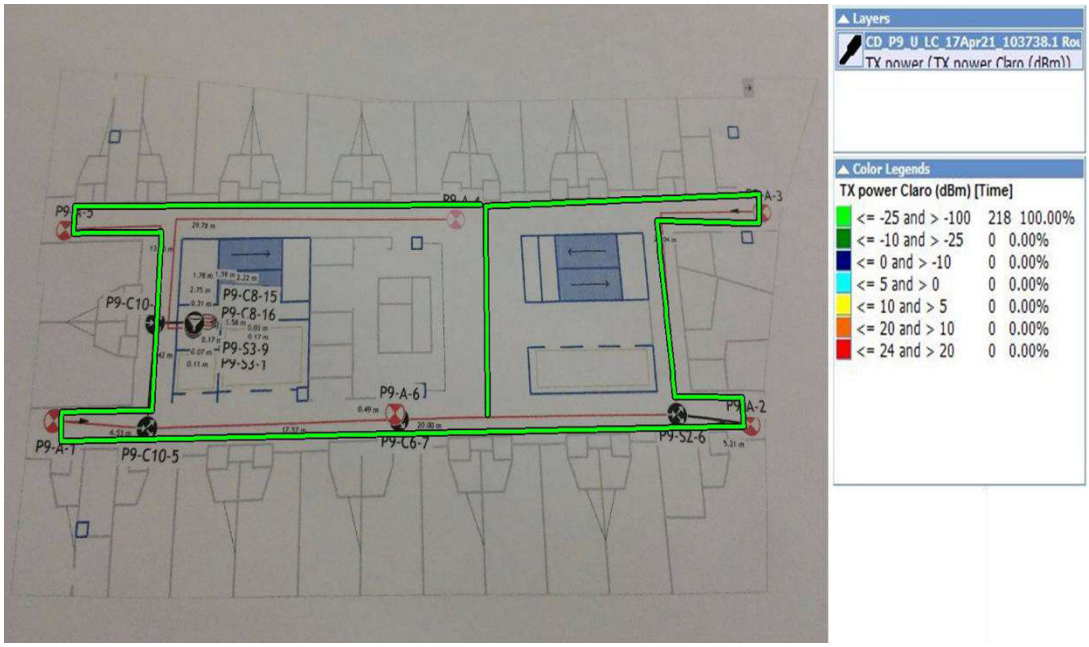



*Fig. 181:* Plot de Tx Power en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.12. *Piso 9, CQI*

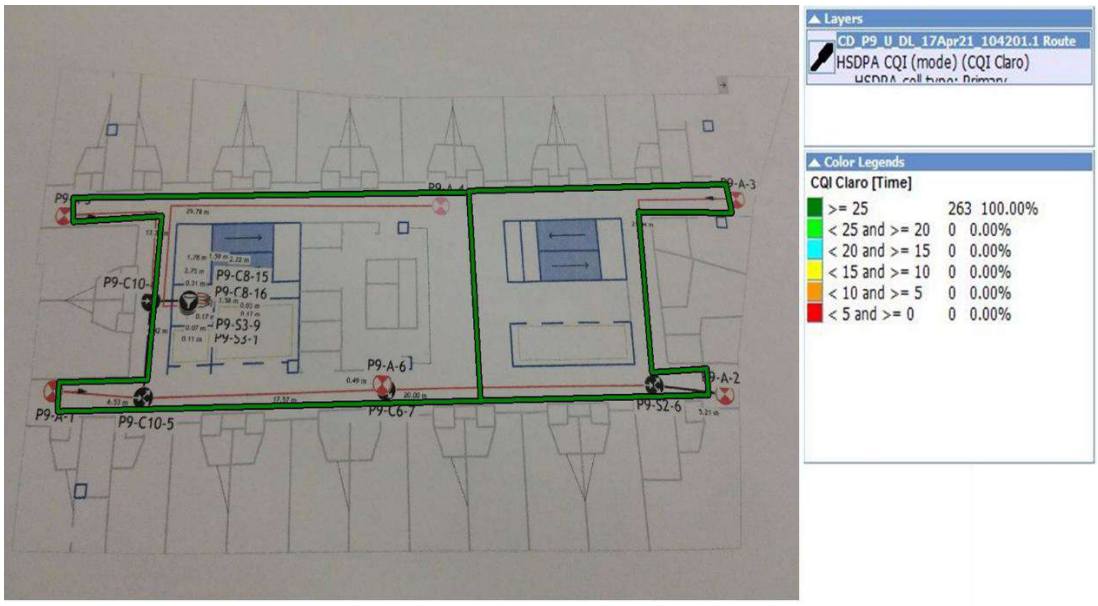



*Fig. 182:* Plot de CQI en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.13. *Piso 9, Throughput DL*

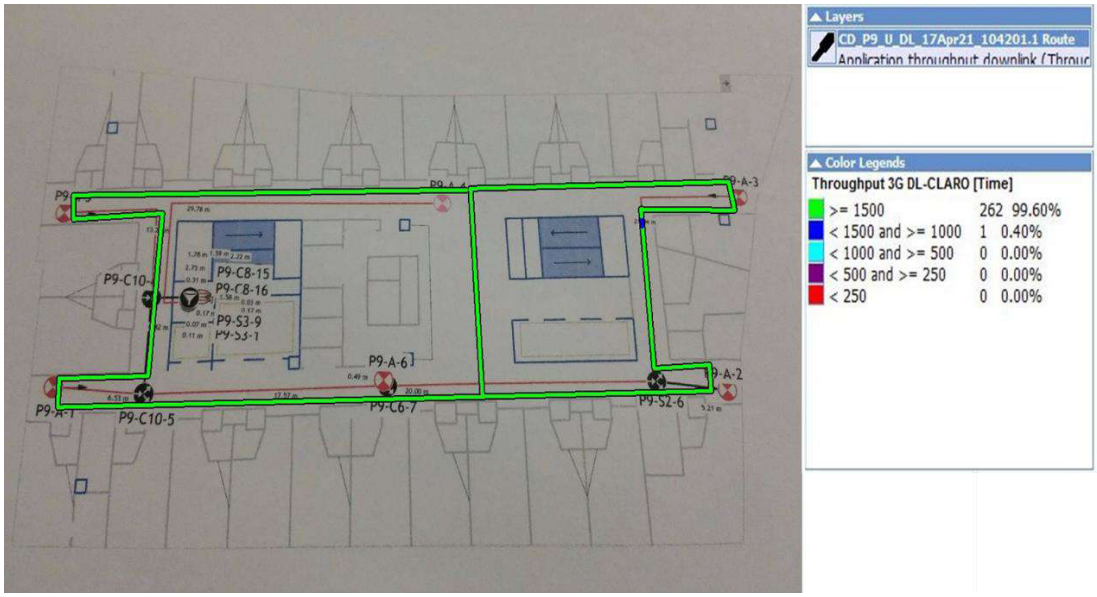



*Fig. 183:* Plot de Throughput DL en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.14. *Piso 9, Throughput UL*

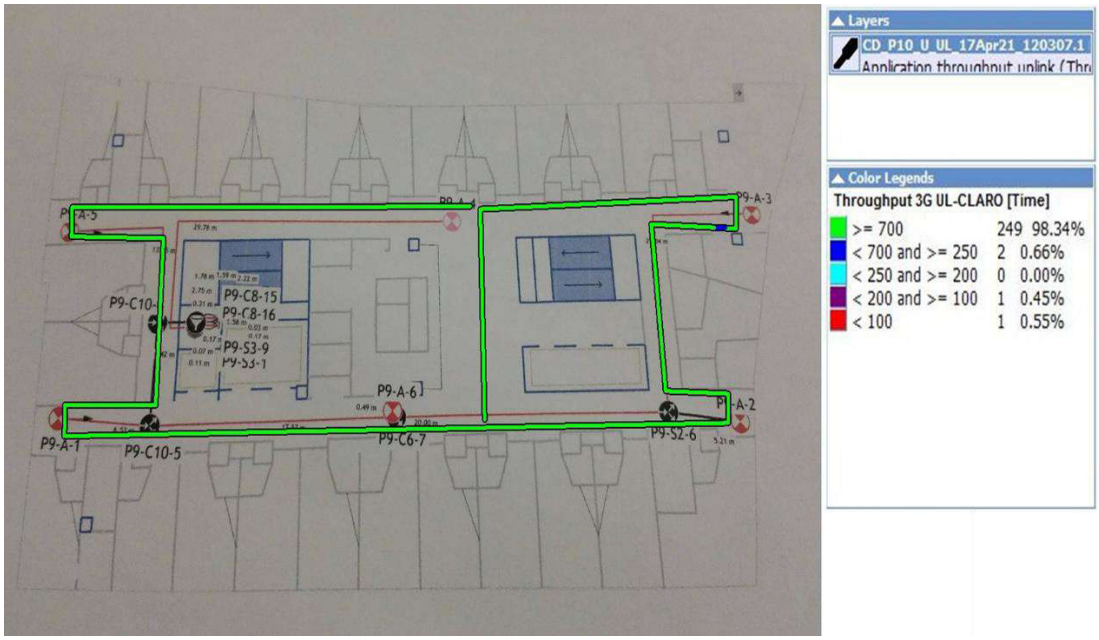



*Fig. 184:* Plot de Throughput UL en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.15. *Piso 8, RSCP*

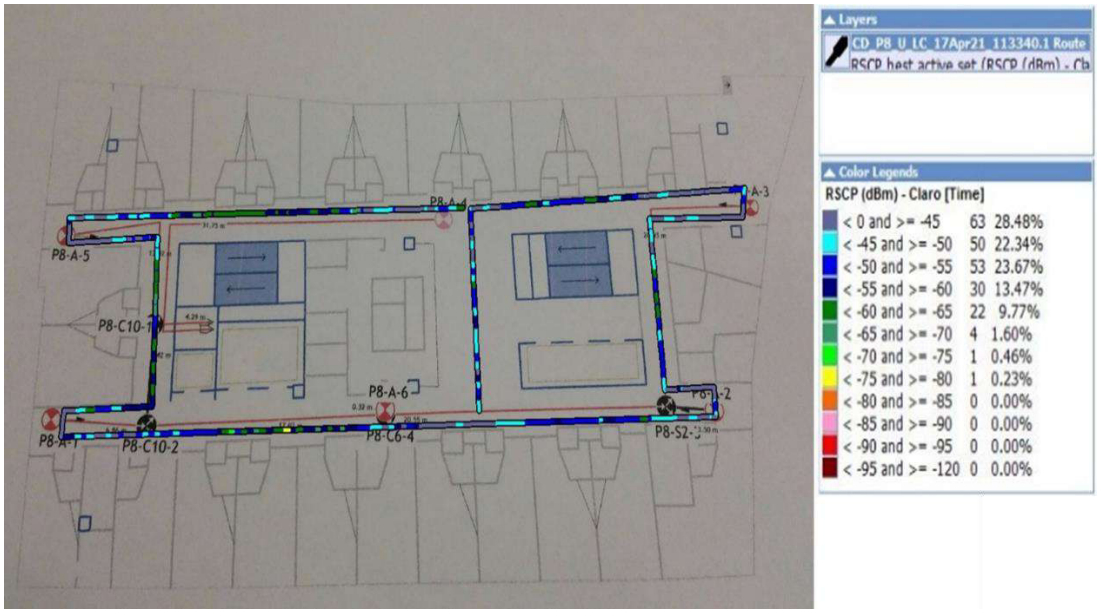



*Fig. 185:* Plot de RSCP en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.16. *Piso 8, Ec/No*

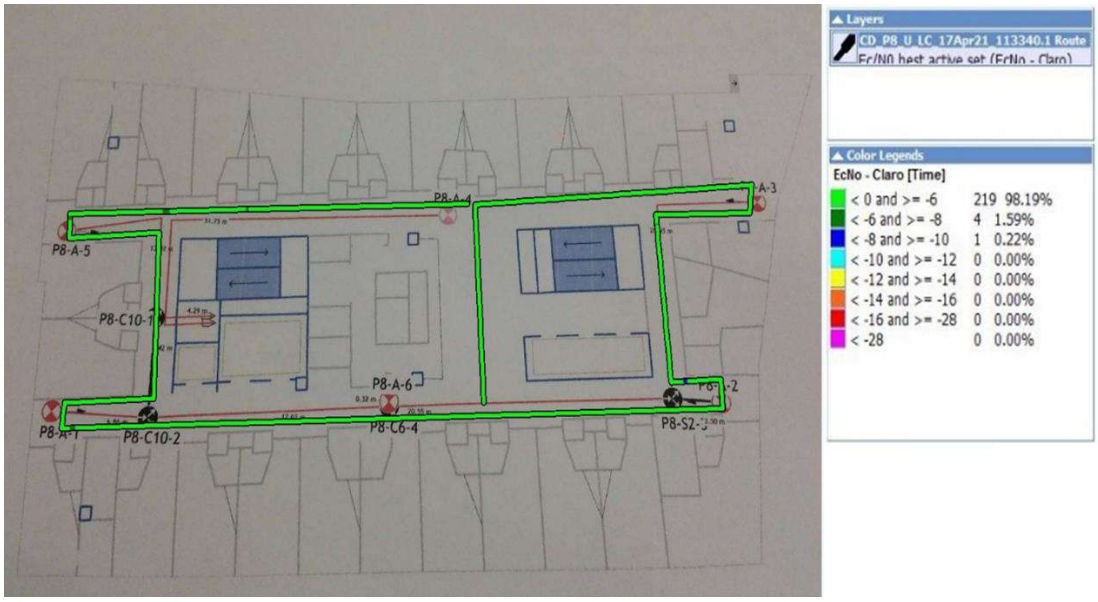



*Fig. 186:* Plot de Ec/No en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.17. *Piso 8, Scrambling Code*

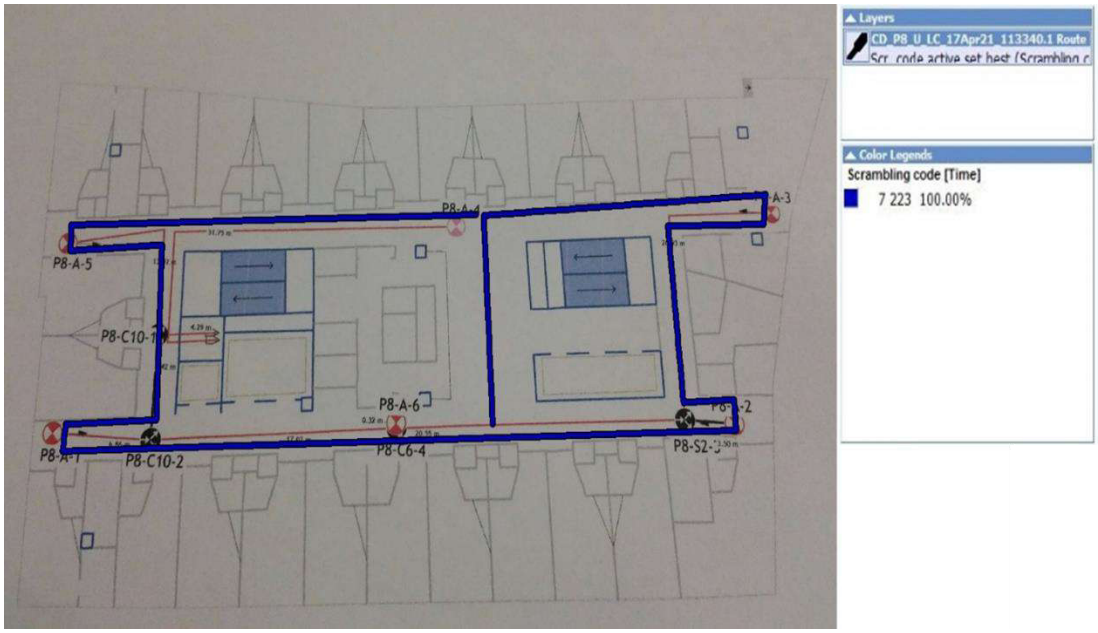



*Fig. 187:* Plot de Scrambling Code en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.18. *Piso 8, Tx Power*

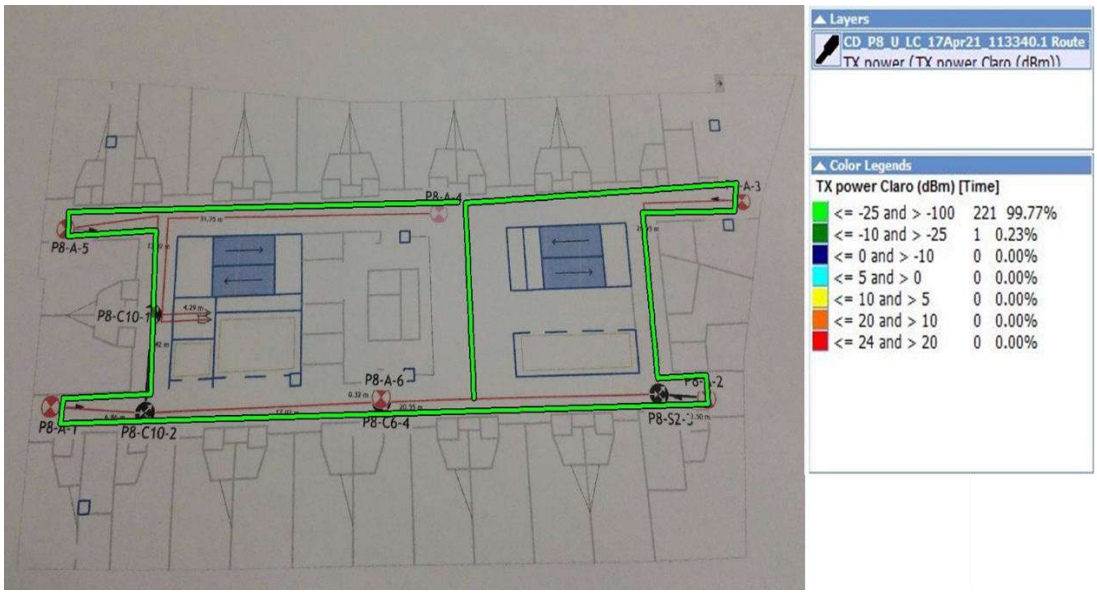



*Fig. 188:* Plot de Tx Power en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.19. *Piso 8, CQI*

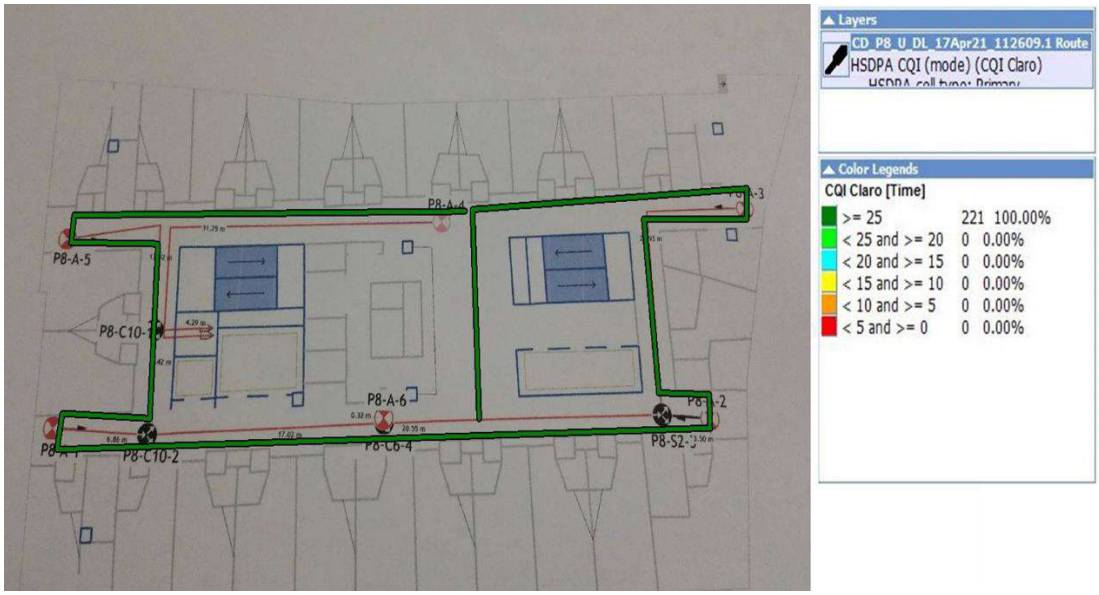



*Fig. 189:* Plot de CQI en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.20. *Piso 8, Throughput DL*

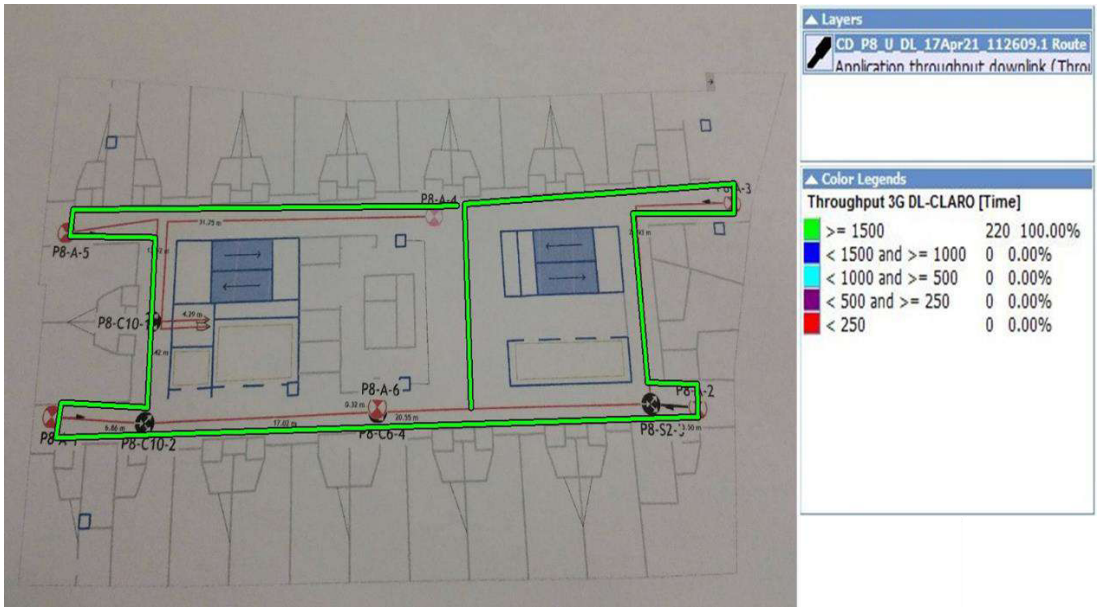



*Fig. 190:* Plot de Throughput DL en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.21. *Piso 8, Throughput UL*

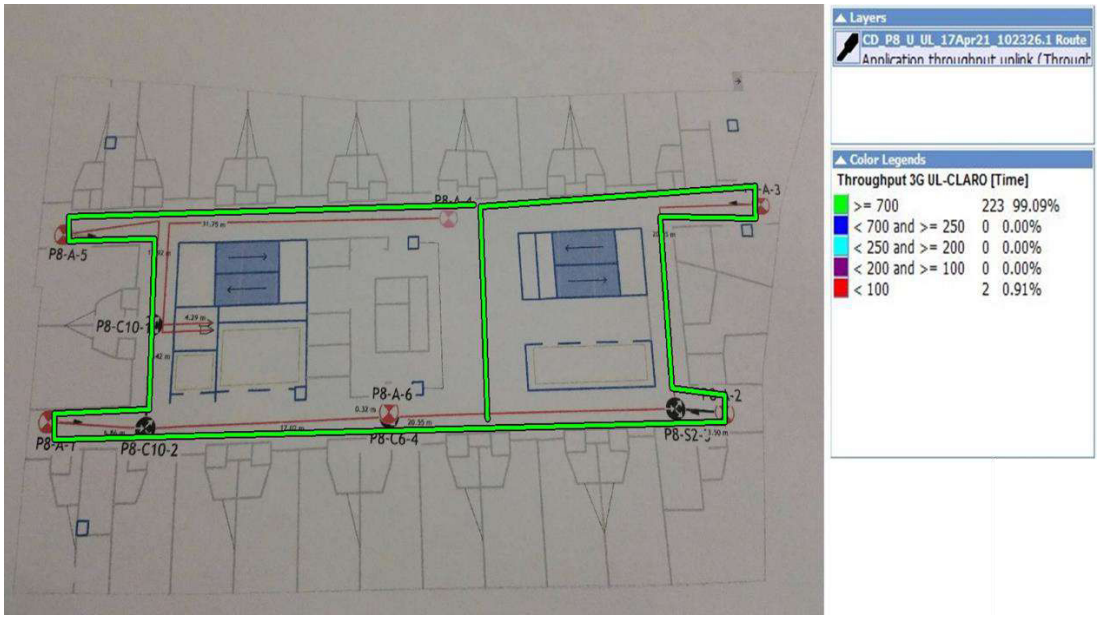



*Fig. 191:* Plot de Throughput UL en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.22. *Piso 7, RSCP*

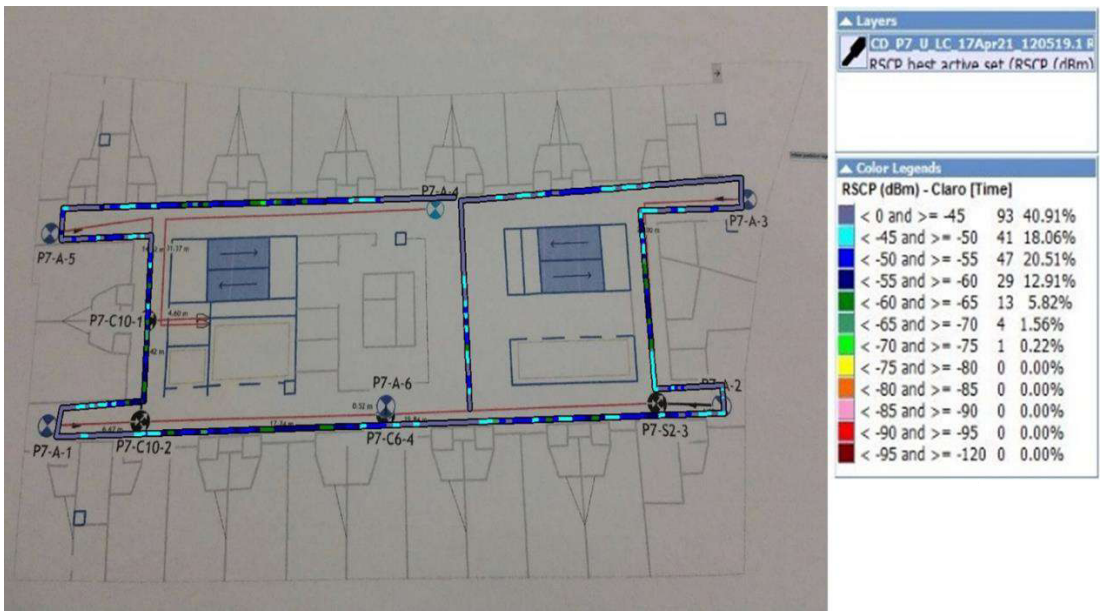



*Fig. 192:* Plot de RSCP en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.23. *Piso 7, Ec/No*

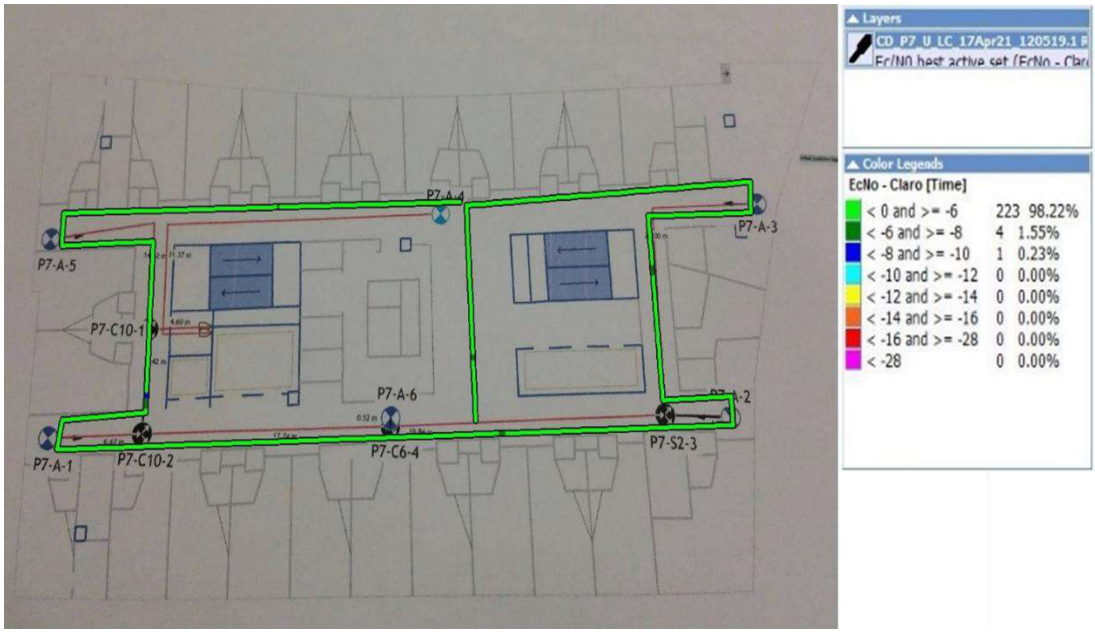



*Fig. 193:* Plot de Ec/No en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.24. *Piso 7, Scrambling Code*

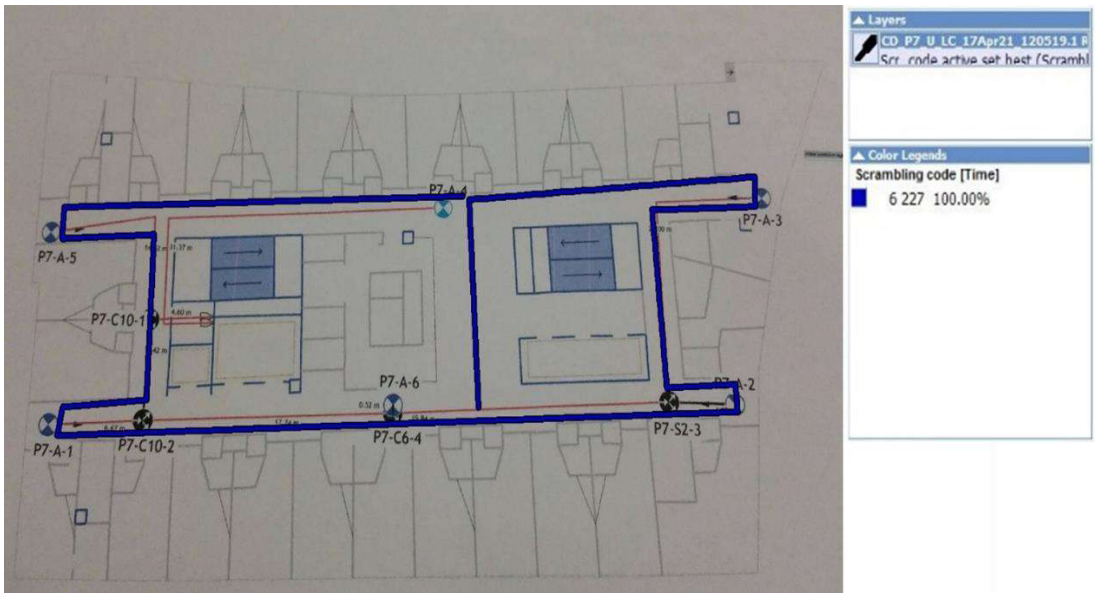



*Fig. 194:* Plot de Scrambling Code en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.25. *Piso 7, Tx Power*

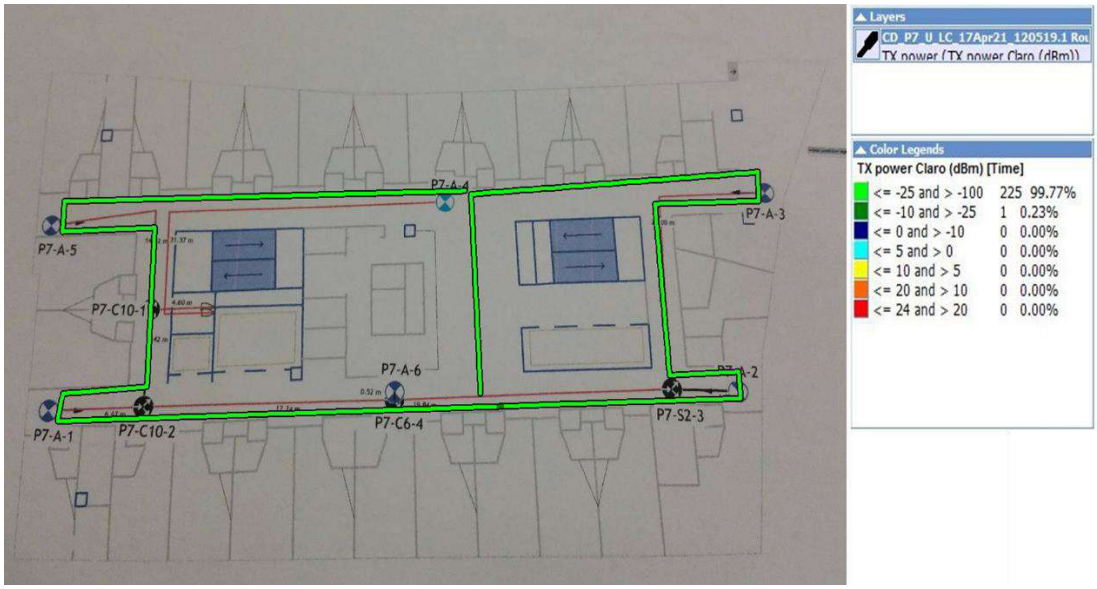



*Fig. 195:* Plot de Tx Power en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.26. *Piso 7, CQI*

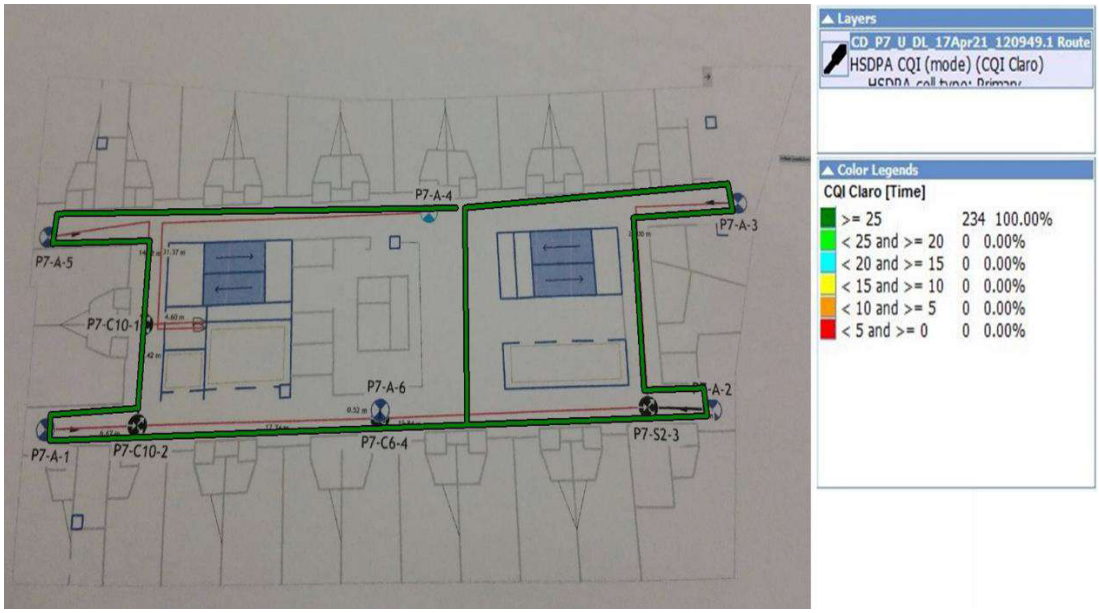



*Fig. 196:* Plot de CQI en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.27. *Piso 7, Throughput DL*

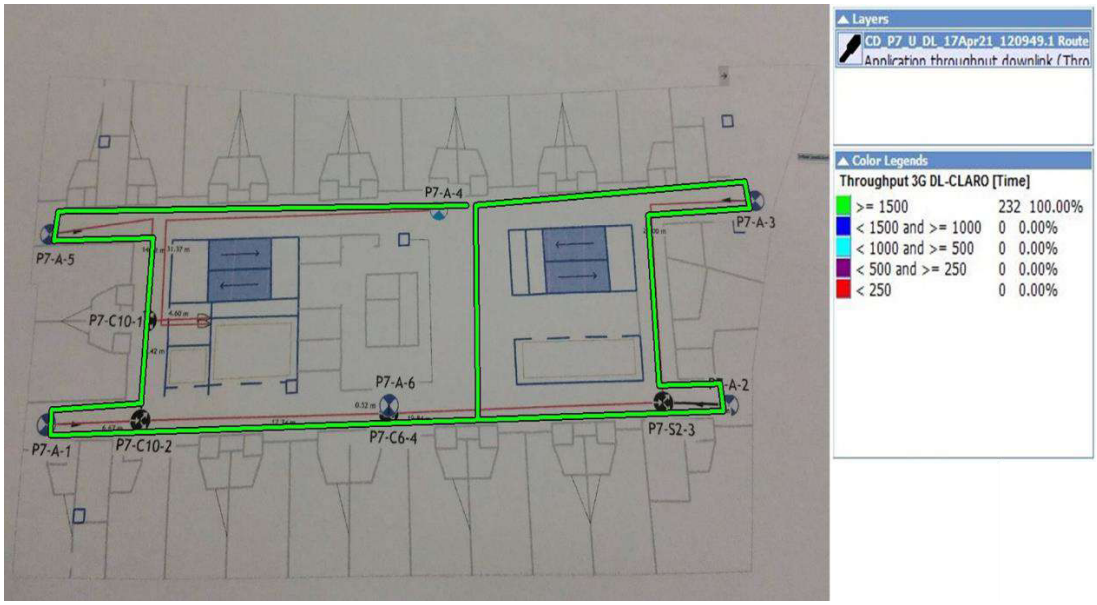



*Fig. 197:* Plot de Throughput DL en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.28. *Piso 7, Throughput UL*

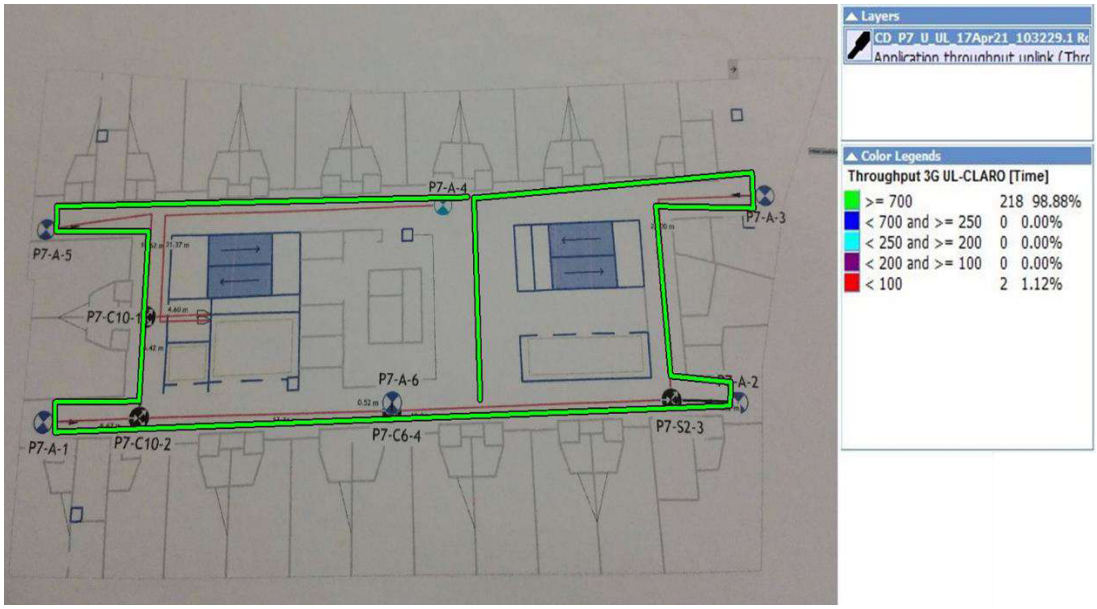



*Fig. 198:* Plot de Throughput UL en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.29. *Piso 6, RSCP*

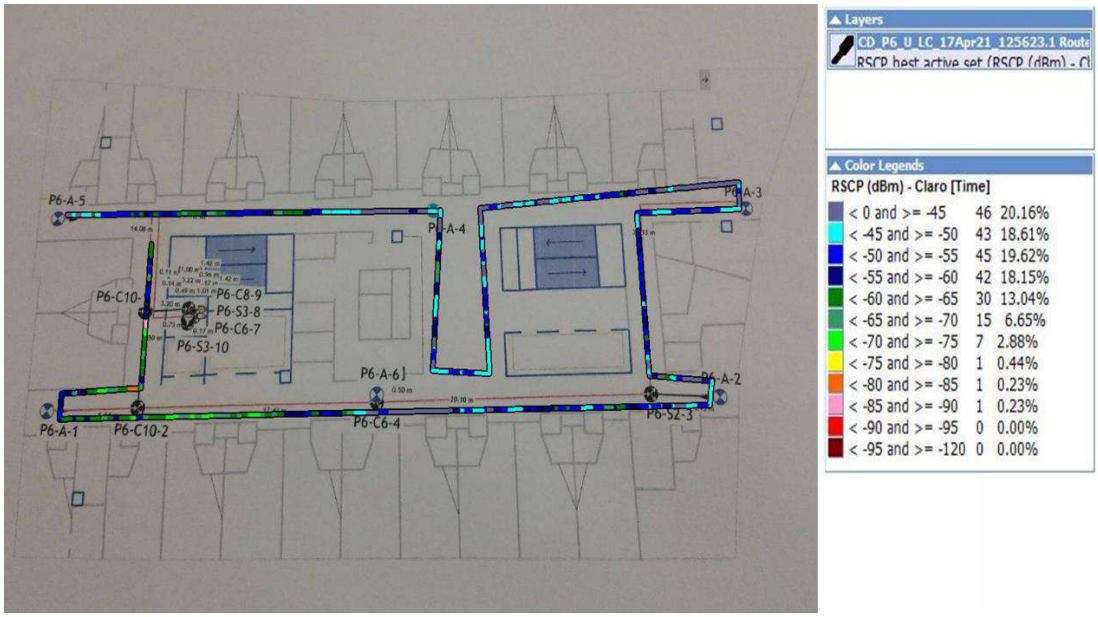



*Fig. 199:* Plot de RSCP en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.30. *Piso 6, Ec/No*

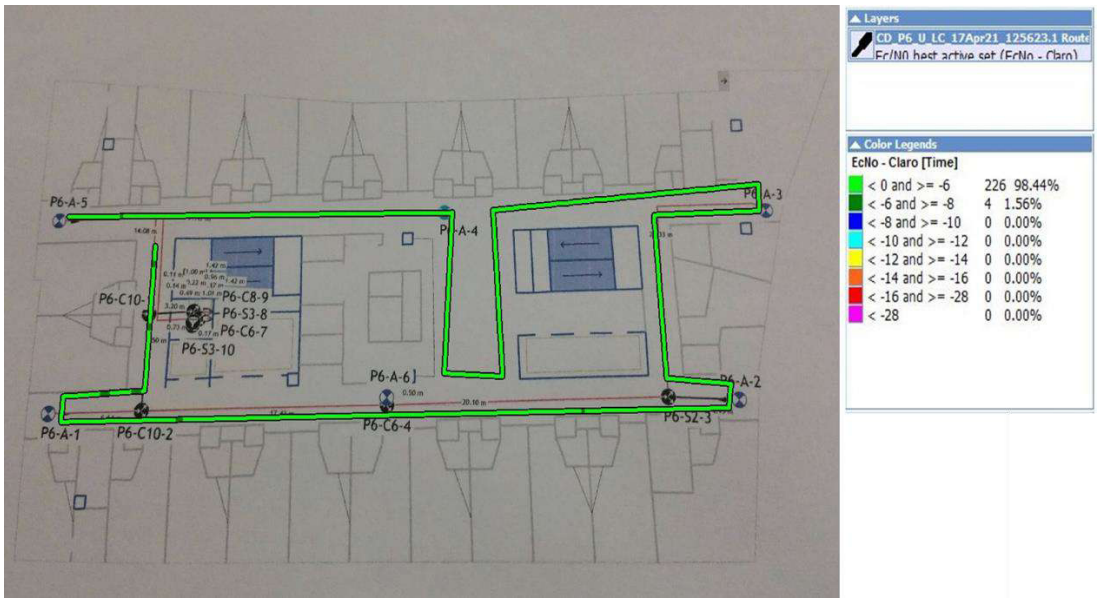



*Fig. 200:* Plot de Ec/No en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.31. *Piso 6, Scrambling Code*

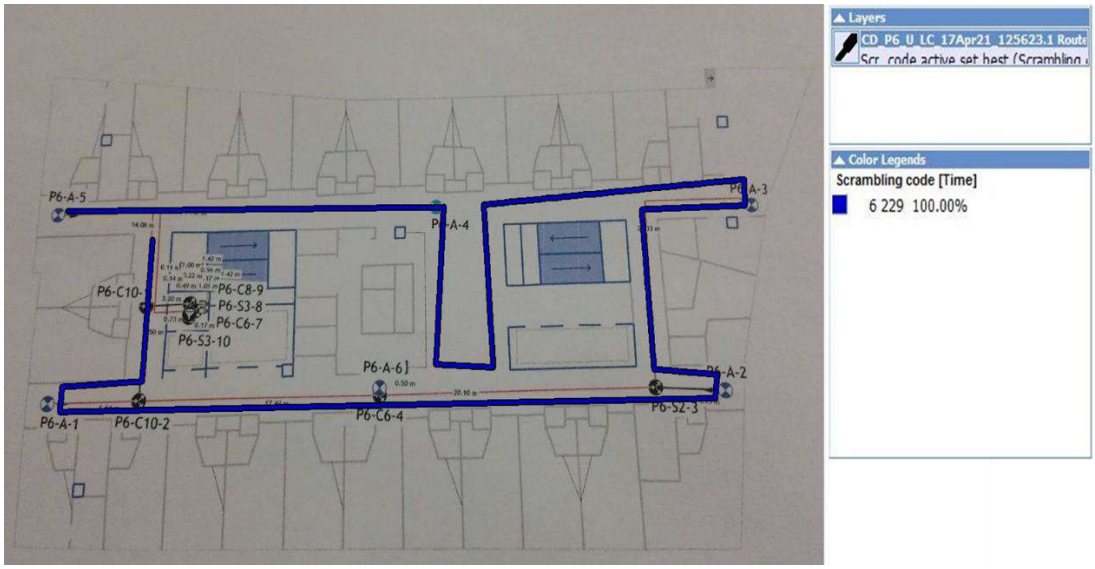



*Fig. 201:* Plot de Scrambling Code en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.32. *Piso 6, Tx Power*

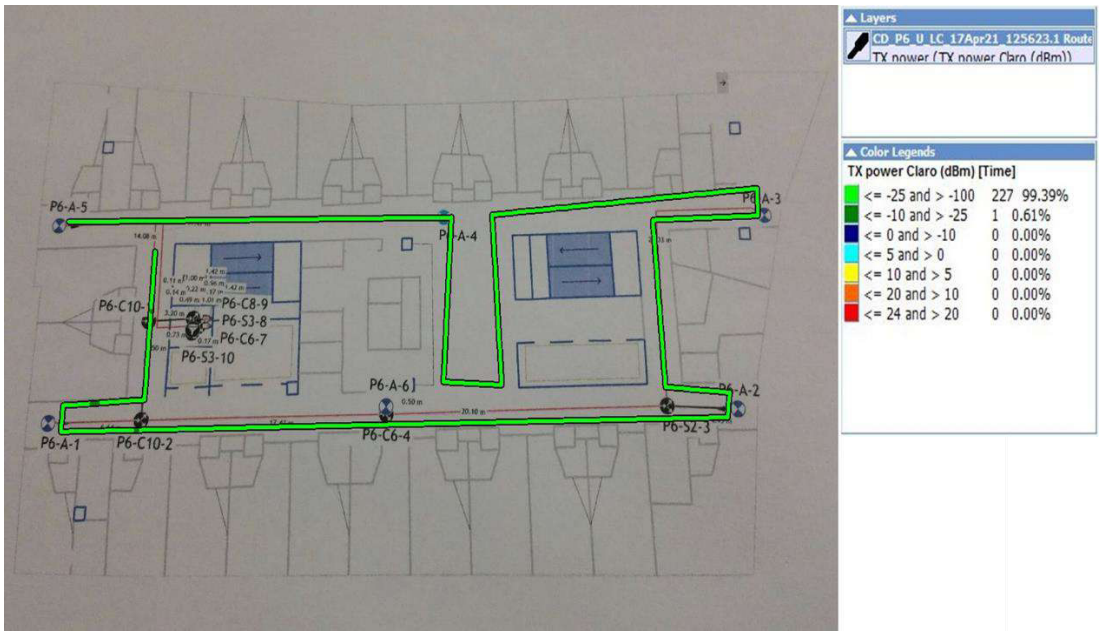



*Fig. 202:* Plot de Tx Power en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.33. *Piso 6, CQI*

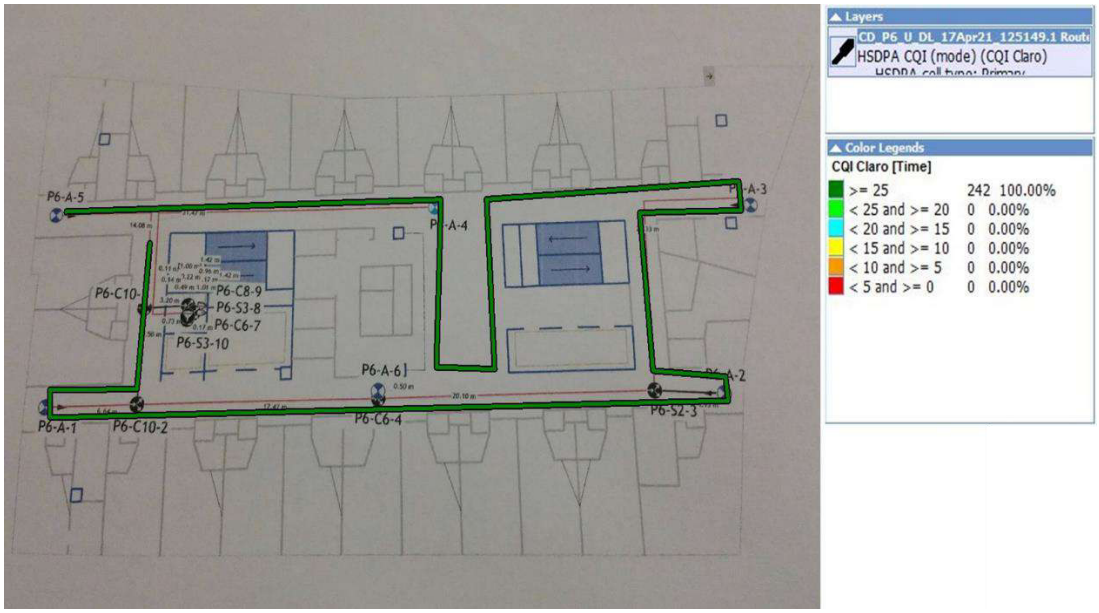



*Fig. 203:* Plot de CQI en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.34. *Piso 6, Throughput DL*

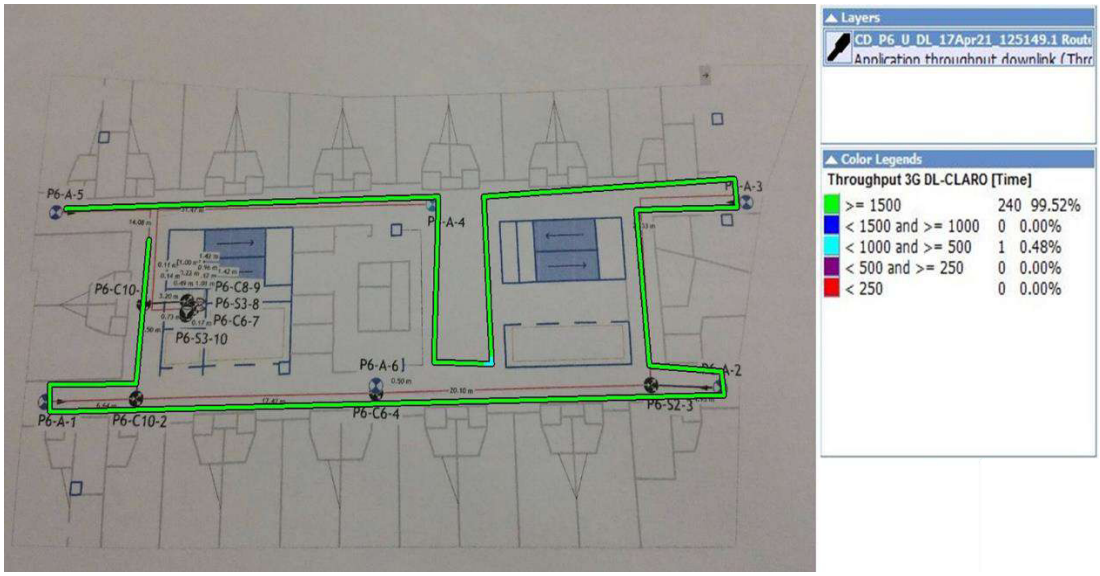



*Fig. 204:* Plot de Throughput DL en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.35. *Piso 6, Throughput UL*

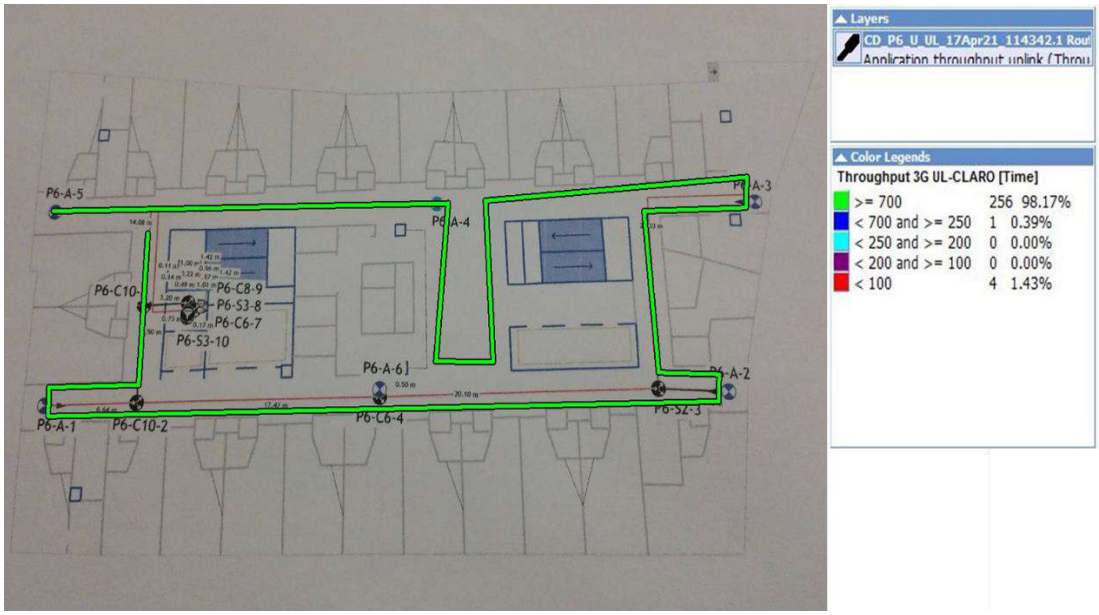



*Fig. 205:* Plot de Throughput UL en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.36. *Piso 5, RSCP*




*Fig. 206:* Plot de RSCP en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.37. *Piso 5, Ec/No*

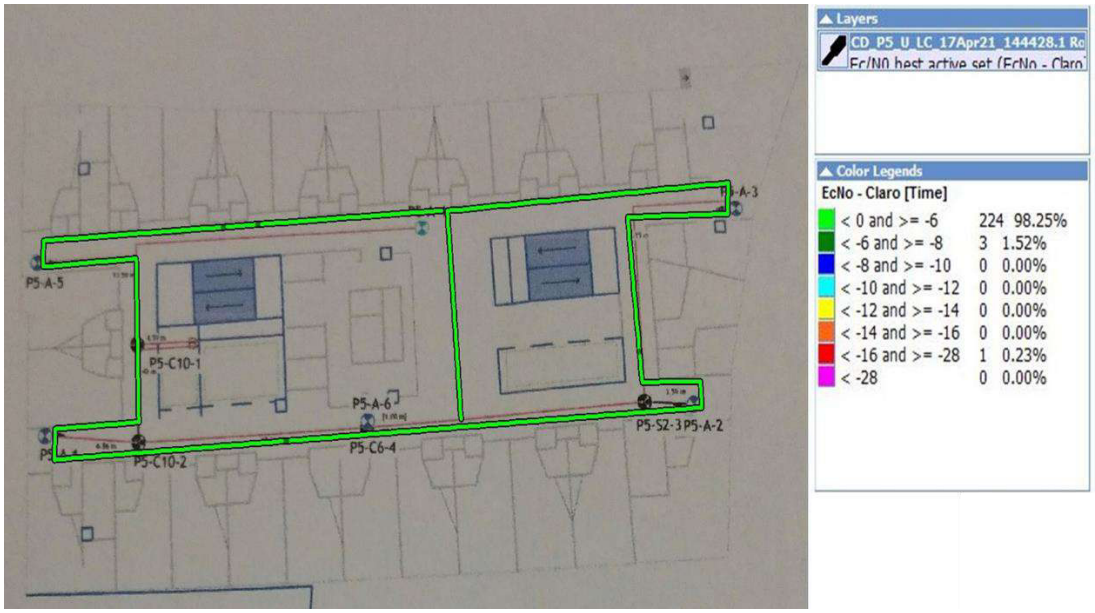



*Fig. 207:* Plot de Ec/No en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.38. *Piso 5, Scrambling Code*

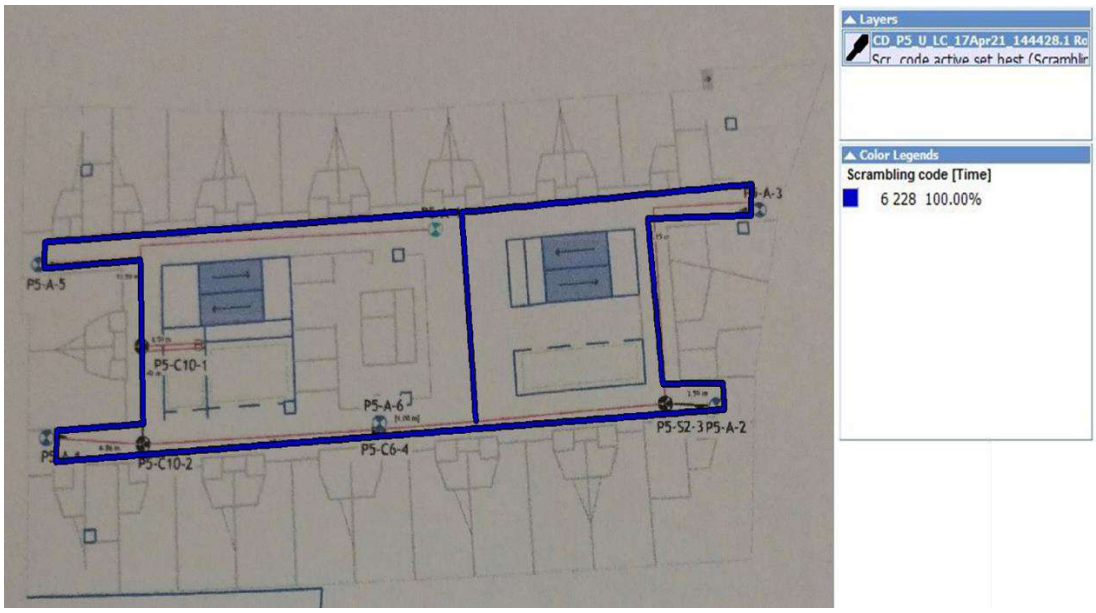



*Fig. 208:* Plot de Scrambling Code en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.39. *Piso 5, Tx Power*

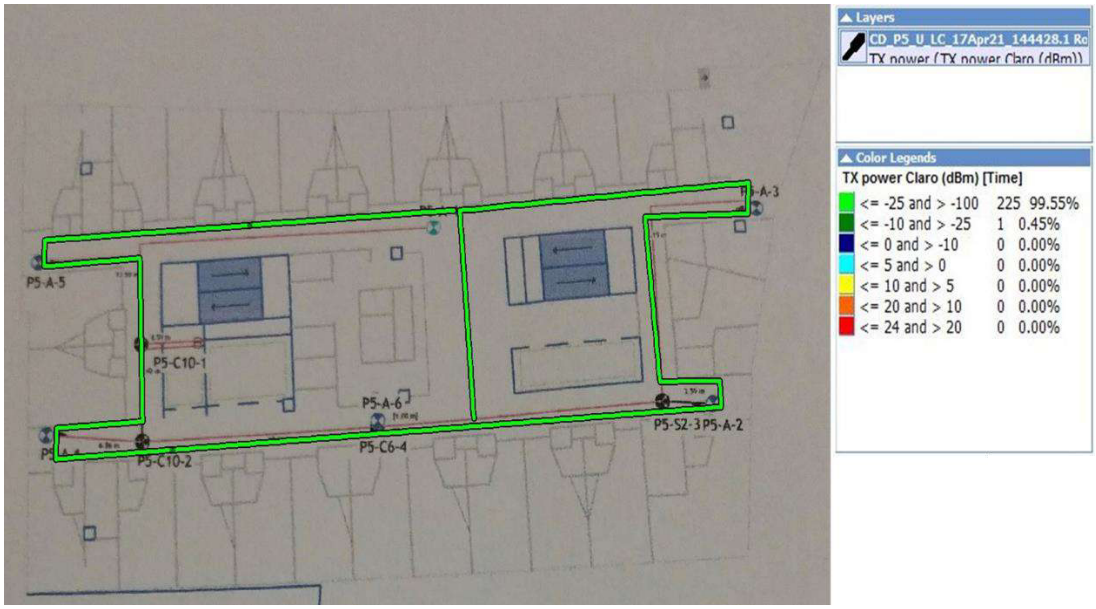



*Fig. 209:* Plot de Tx Power en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.40. *Piso 5, CQI*

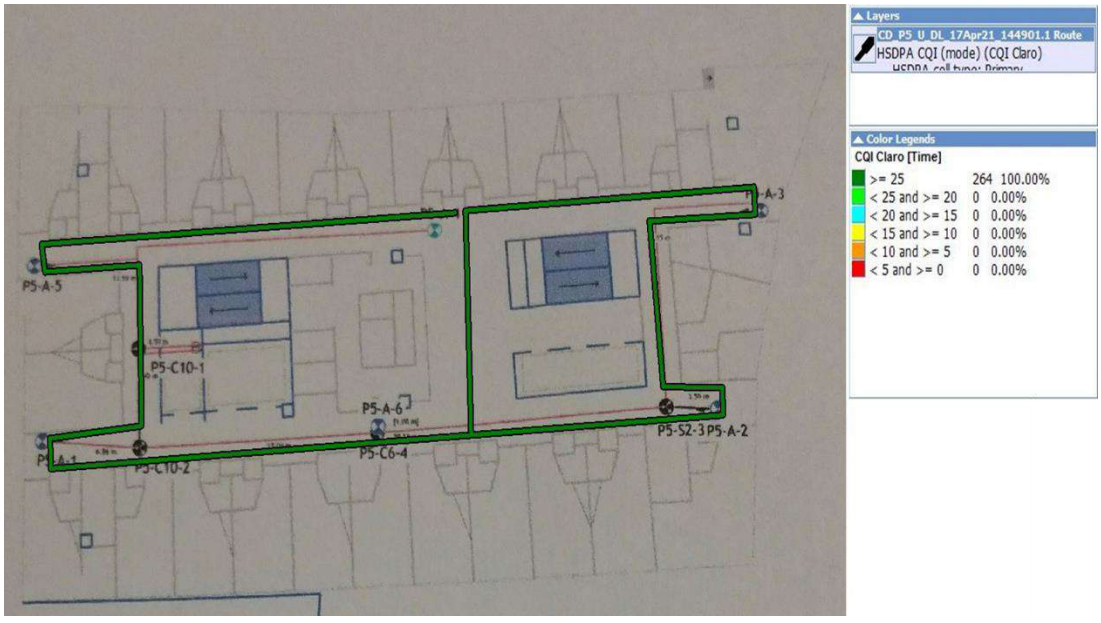



*Fig. 210:* Plot de CQI en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.41. *Piso 5, Throughput DL*

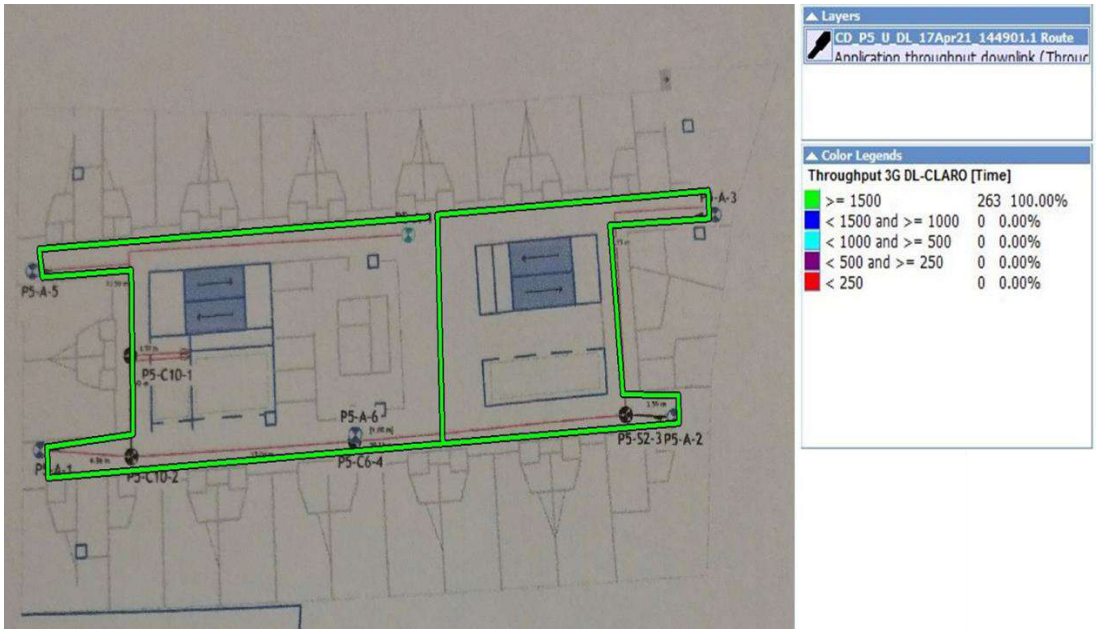



*Fig. 211:* Plot de Throughput DL en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.42. *Piso 5, Throughput UL*

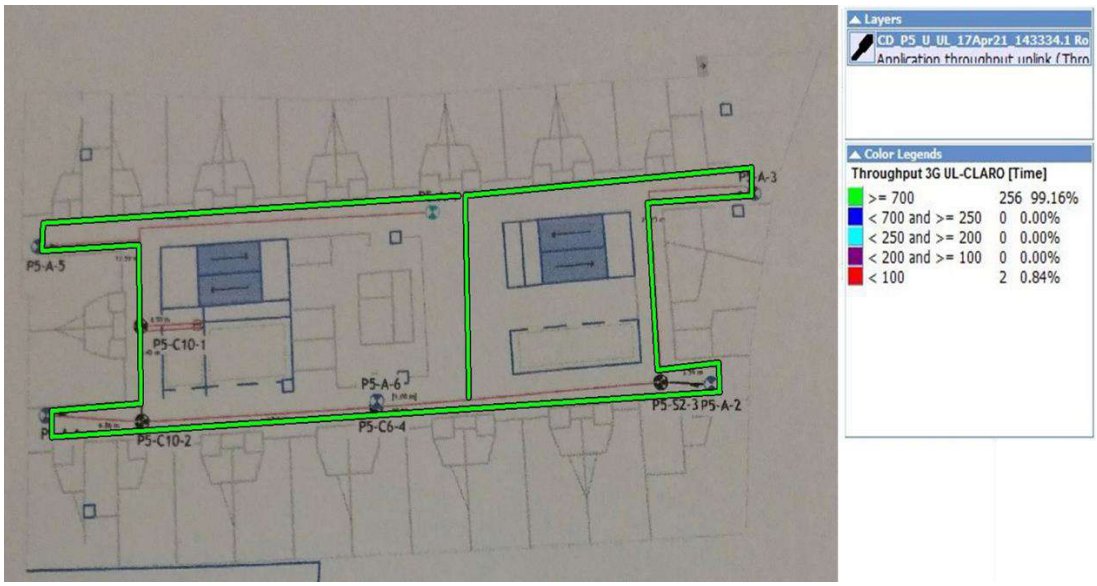



*Fig. 212:* Plot de Throughput UL en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.43. *Piso 4, RSCP*

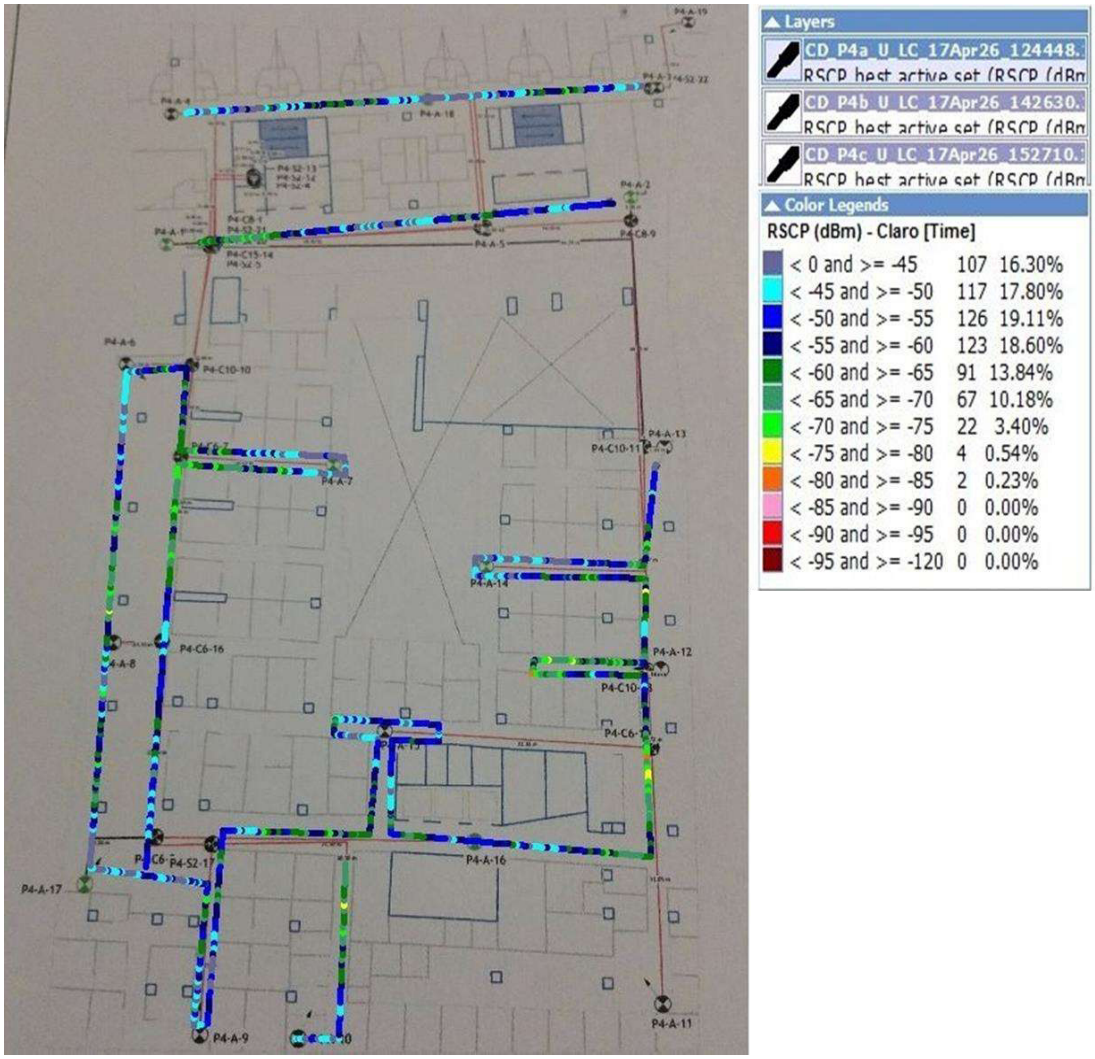



*Fig. 213:* Plot de RSCP en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.44. *Piso 4. Ec/No*

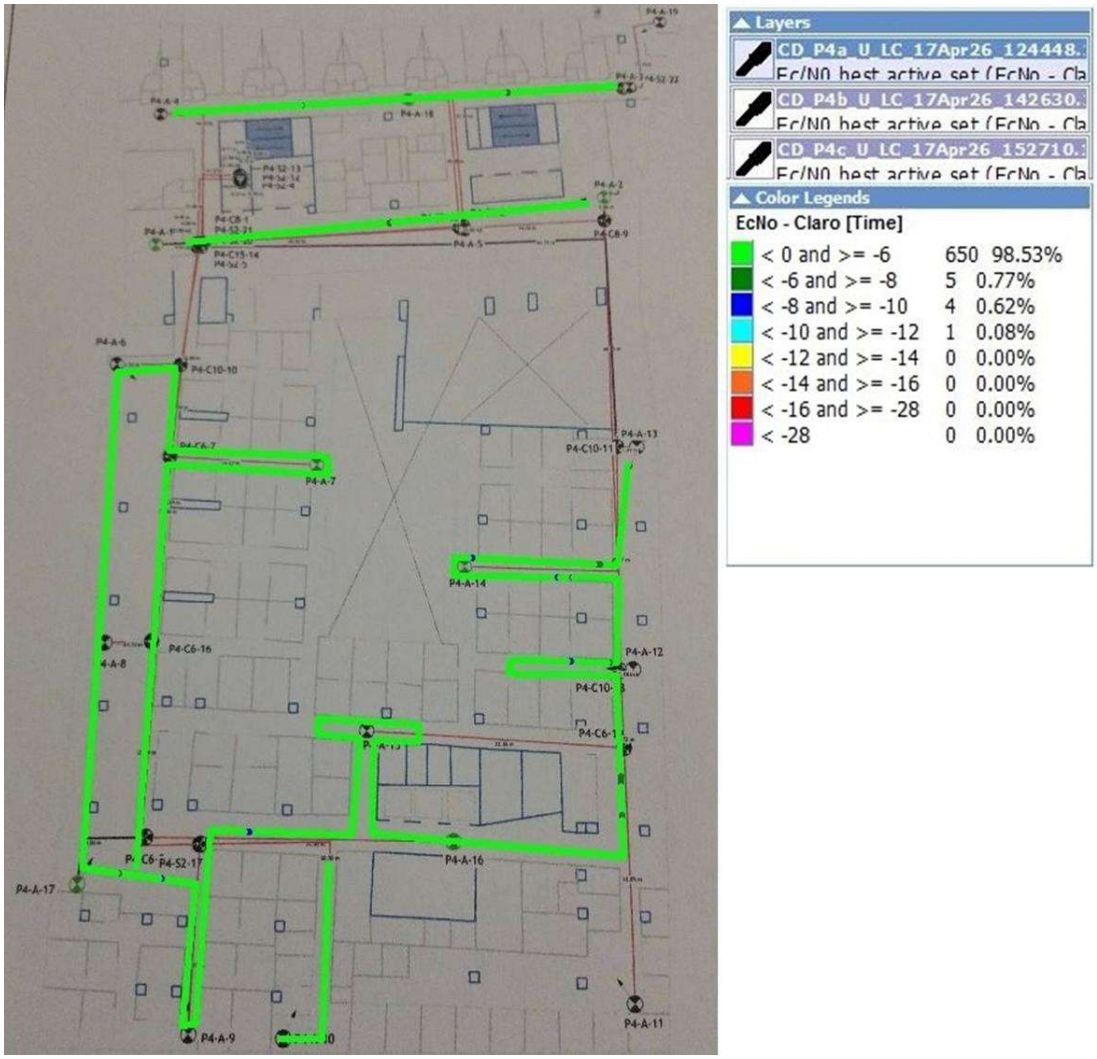



*Fig. 214:* Plot de Ec/No en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.45. *Piso 4, Scrambling Code*

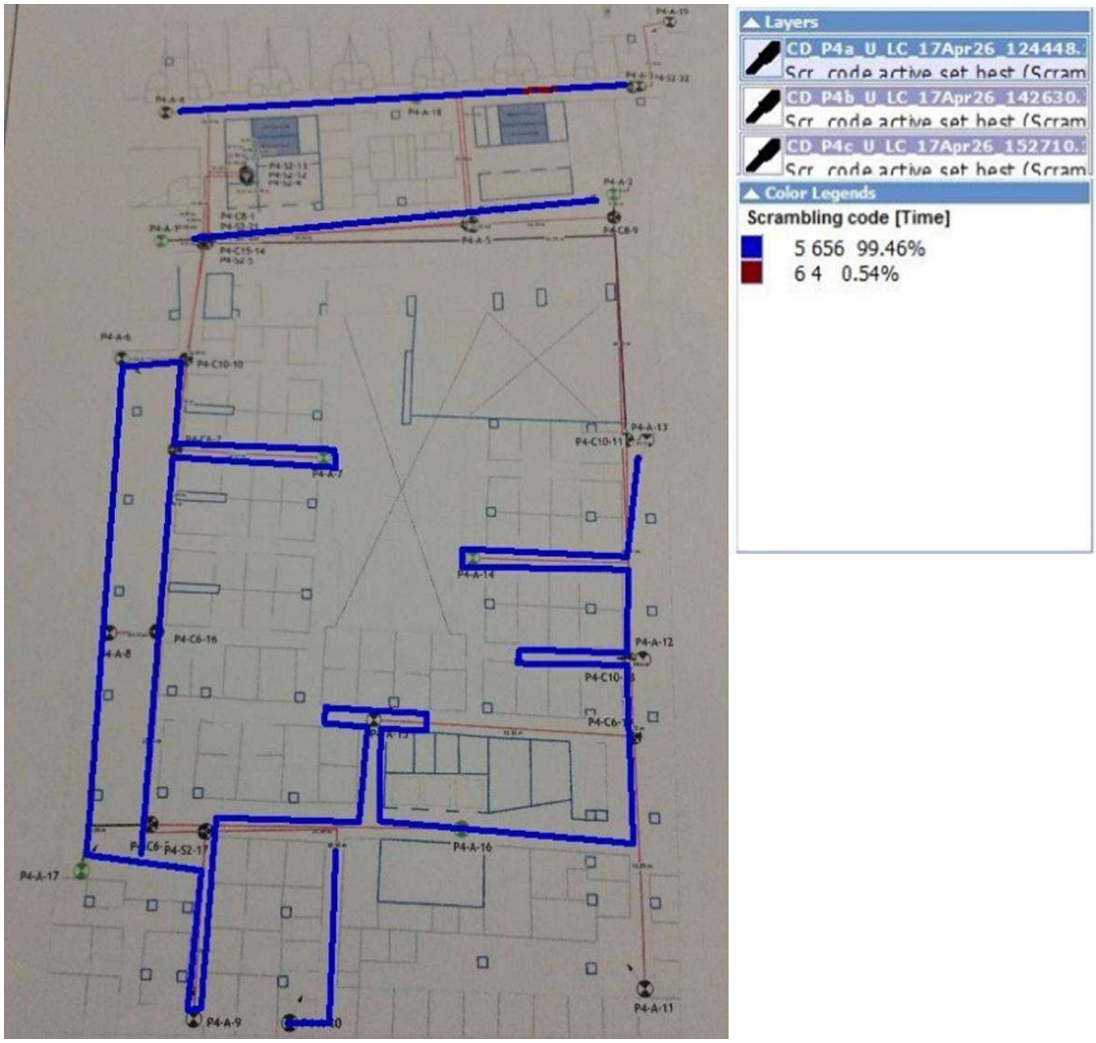



*Fig. 215:* Plot de Scrambling Code en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.46. *Piso 4, Tx Power*

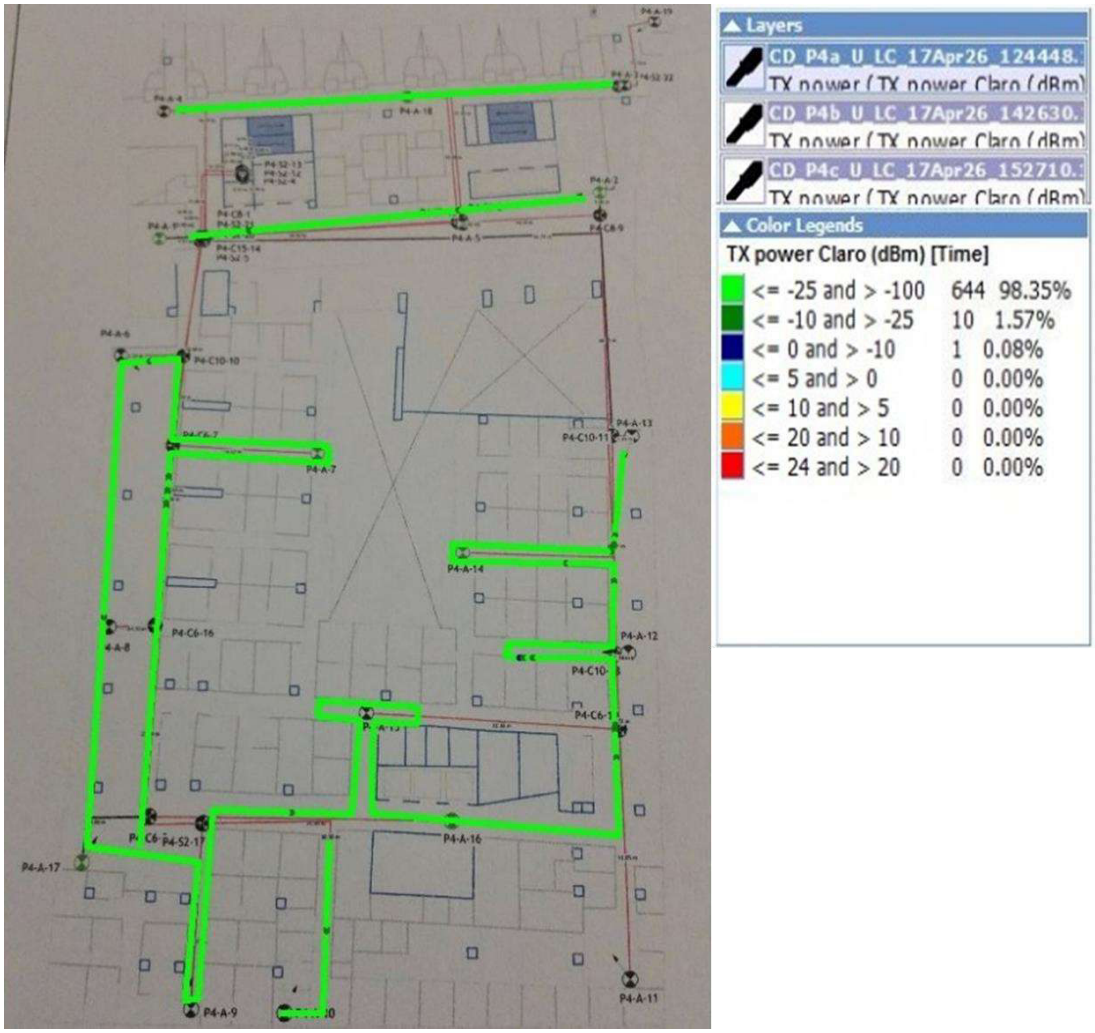



*Fig. 216:* Plot de Tx Power en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.47. *Piso 4, CQI*

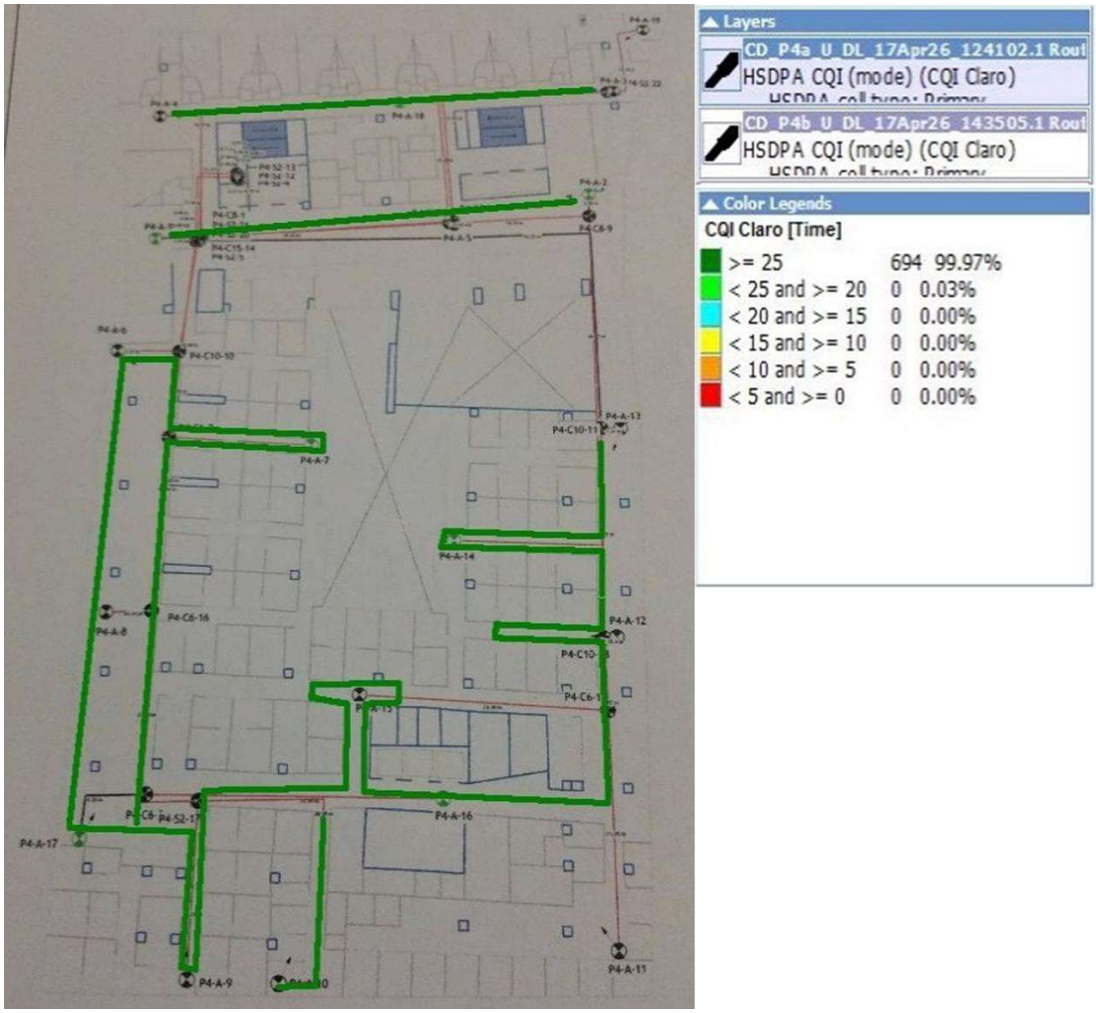



*Fig. 217:* Plot de CQI en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.48. *Piso 4, Throughput DL*

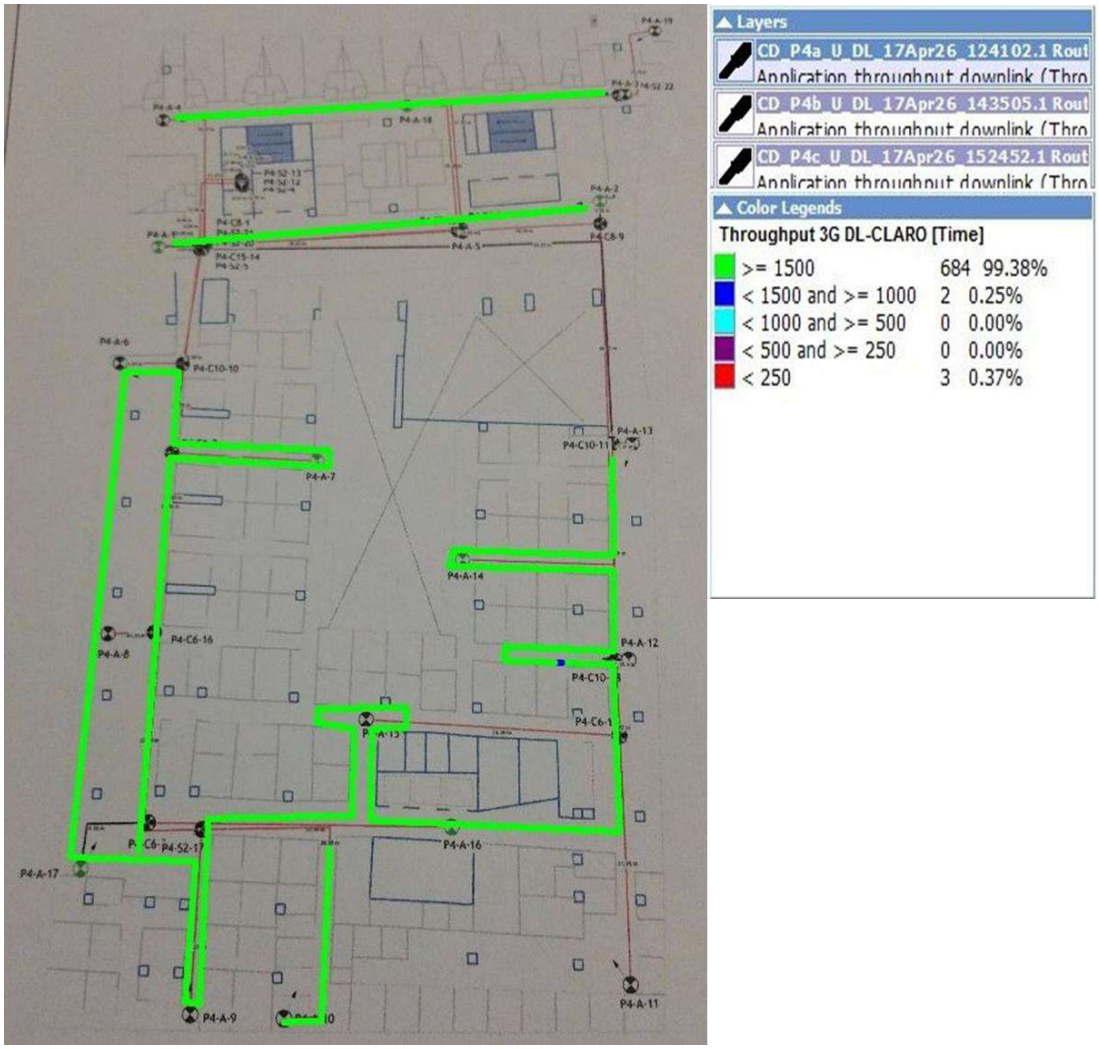



*Fig. 218:* Plot de Throughput DL en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.49. *Piso 4, Throughput UL*

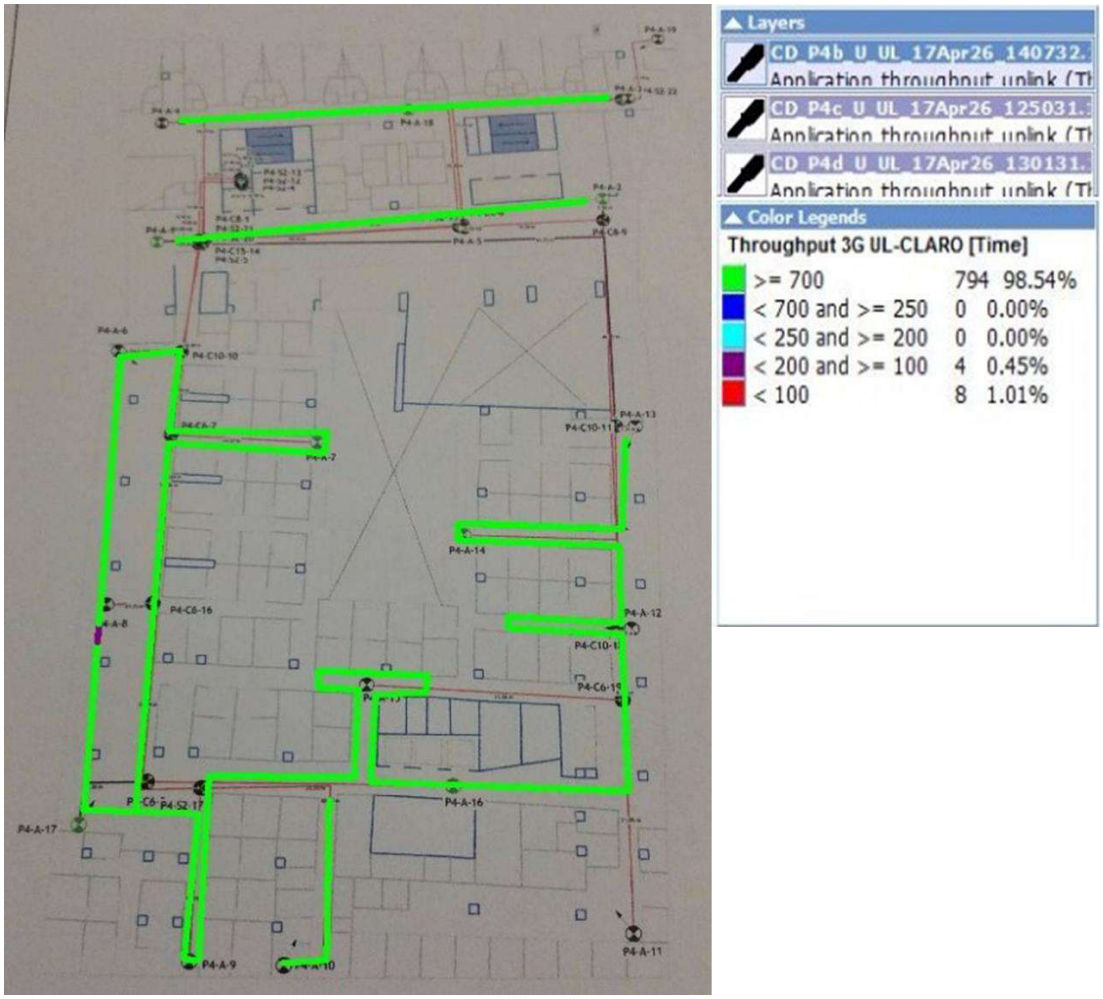



*Fig. 219:* Plot de Throughput UL en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.50. *Piso 3, RSCP*

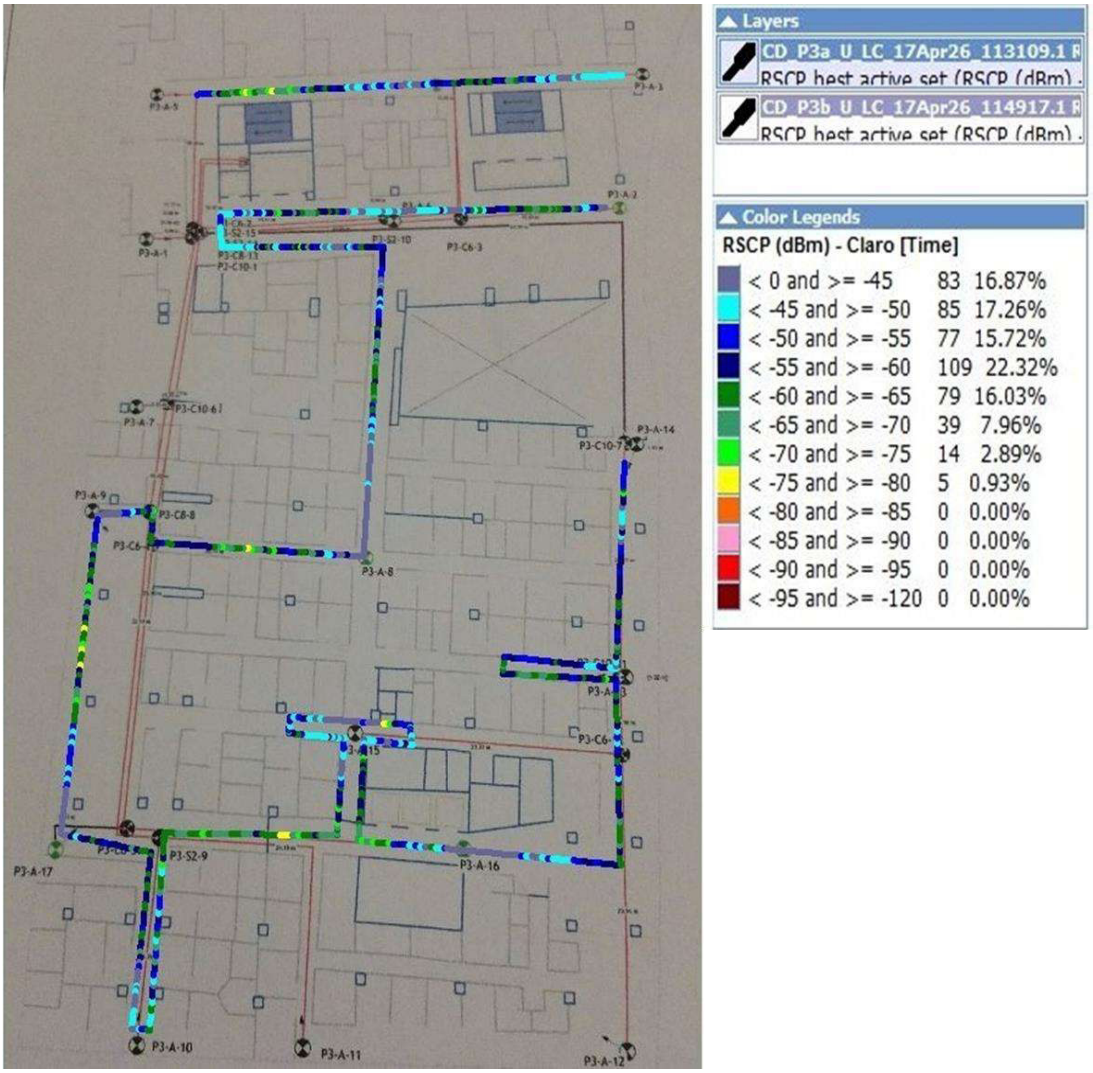



*Fig. 220:* Plot de RSCP en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.51. *Piso 3, Ec/No*




*Fig. 221:* Plot de Ec/No en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.52. *Piso 3, Scrambling Code*

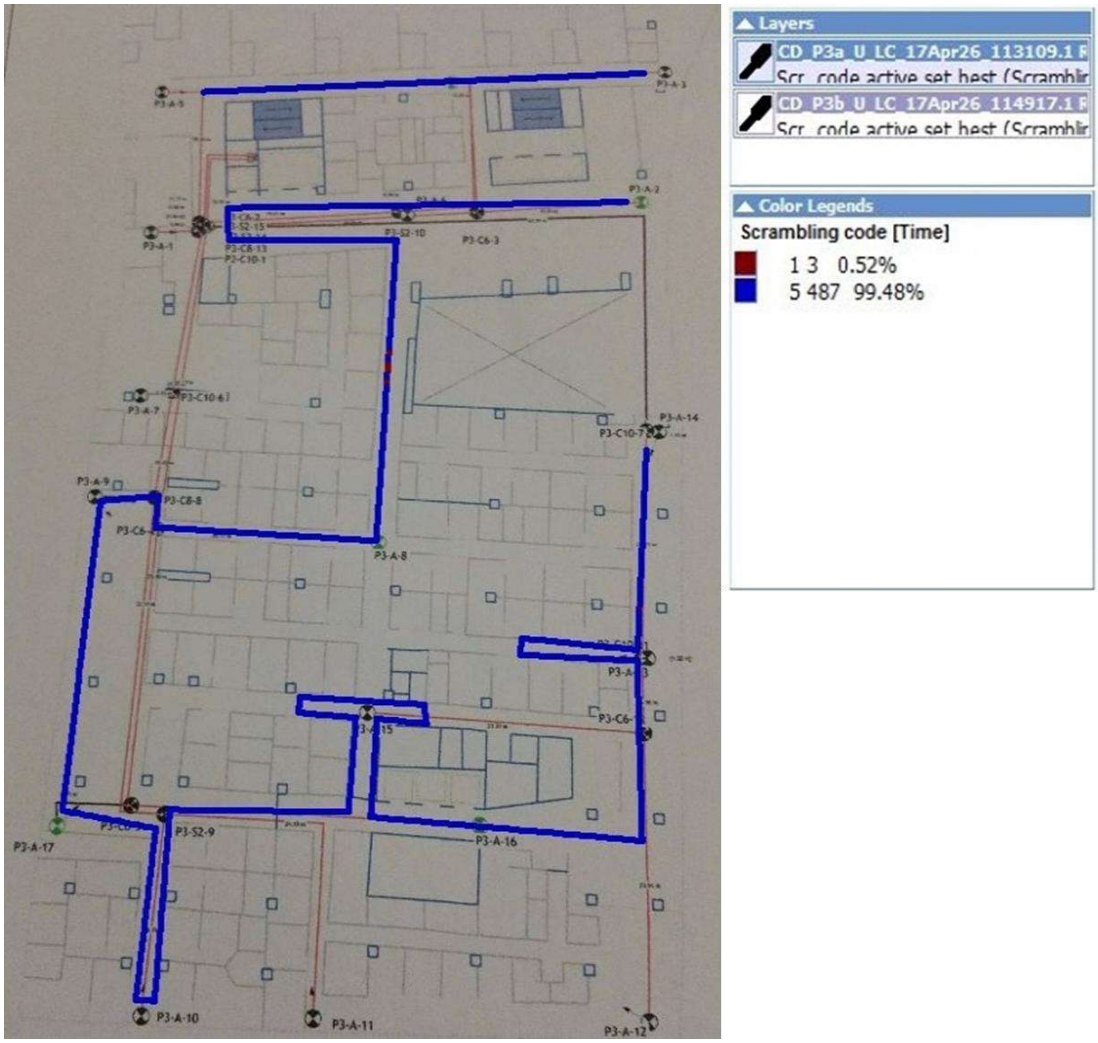



*Fig. 222:* Plot de Scrambling Code en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.53. *Piso 3, Tx Power*

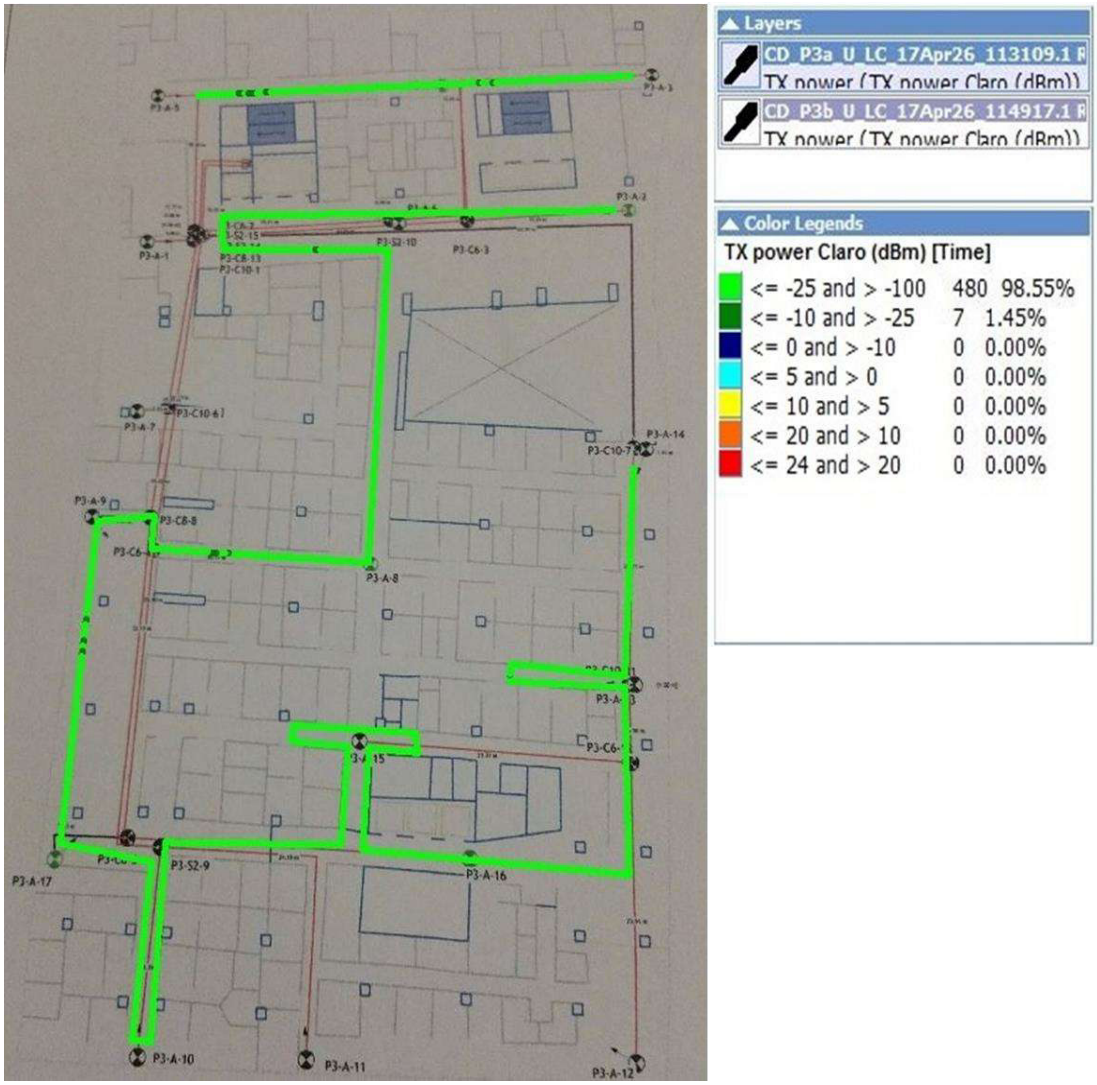



*Fig. 223:* Plot de Tx Power en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.54. *Piso 3, CQI*

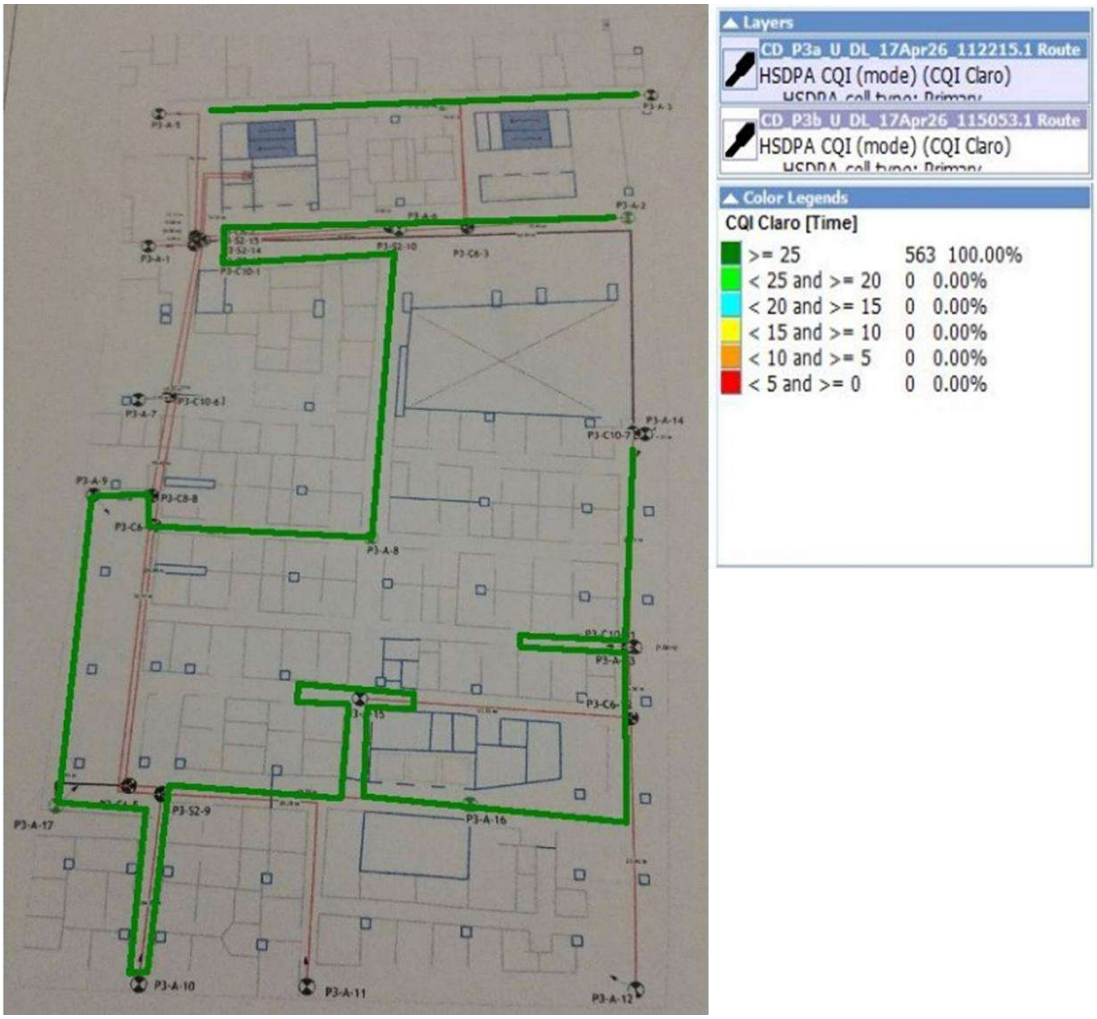



*Fig. 224:* Plot de CQI en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.55. *Piso 3, Throughput DL*

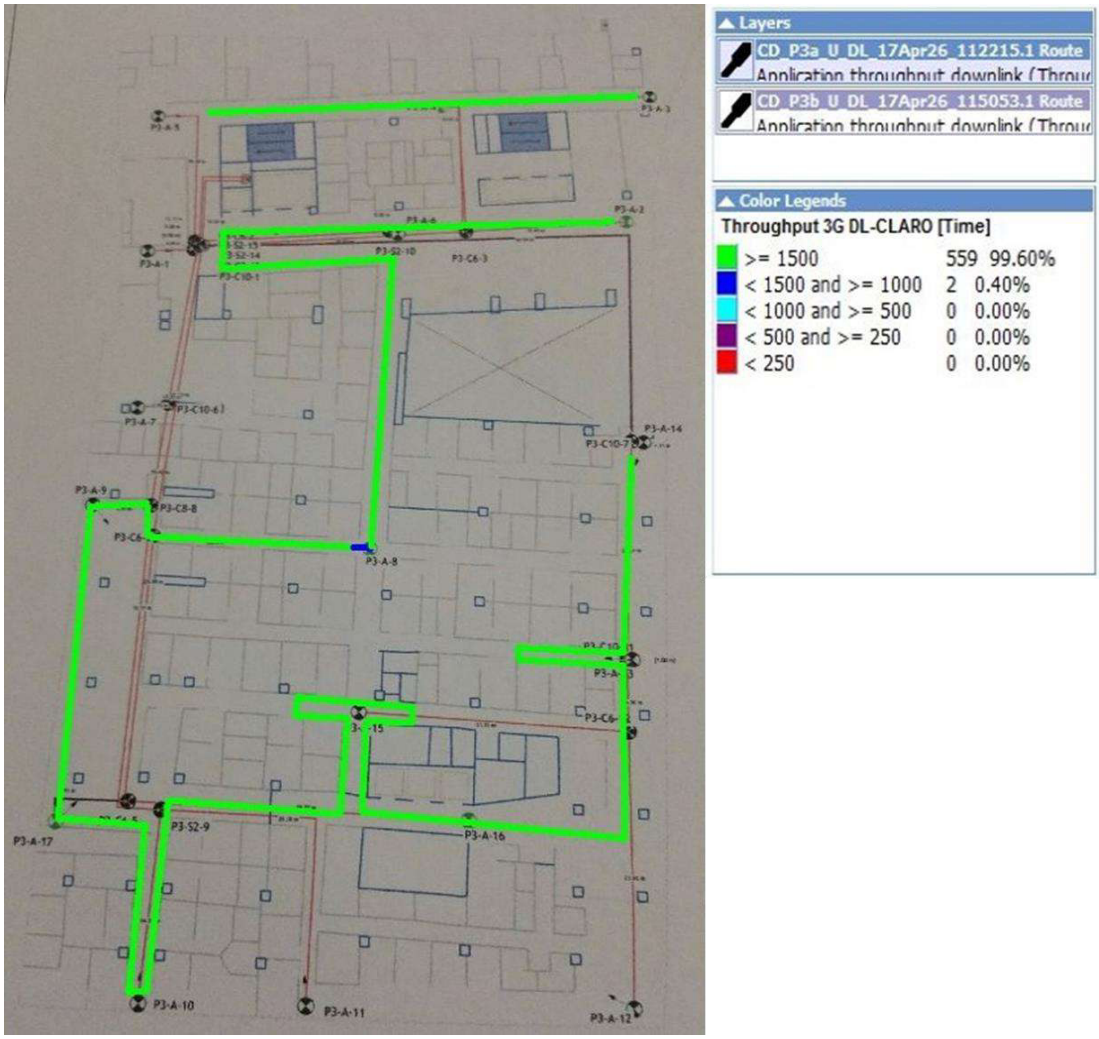



*Fig. 225:* Plot de Throughput DL en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.56. *Piso 3, Throughput UL*




*Fig. 226:* Plot de Throughput UL en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.57. *Piso 2, RSCP*

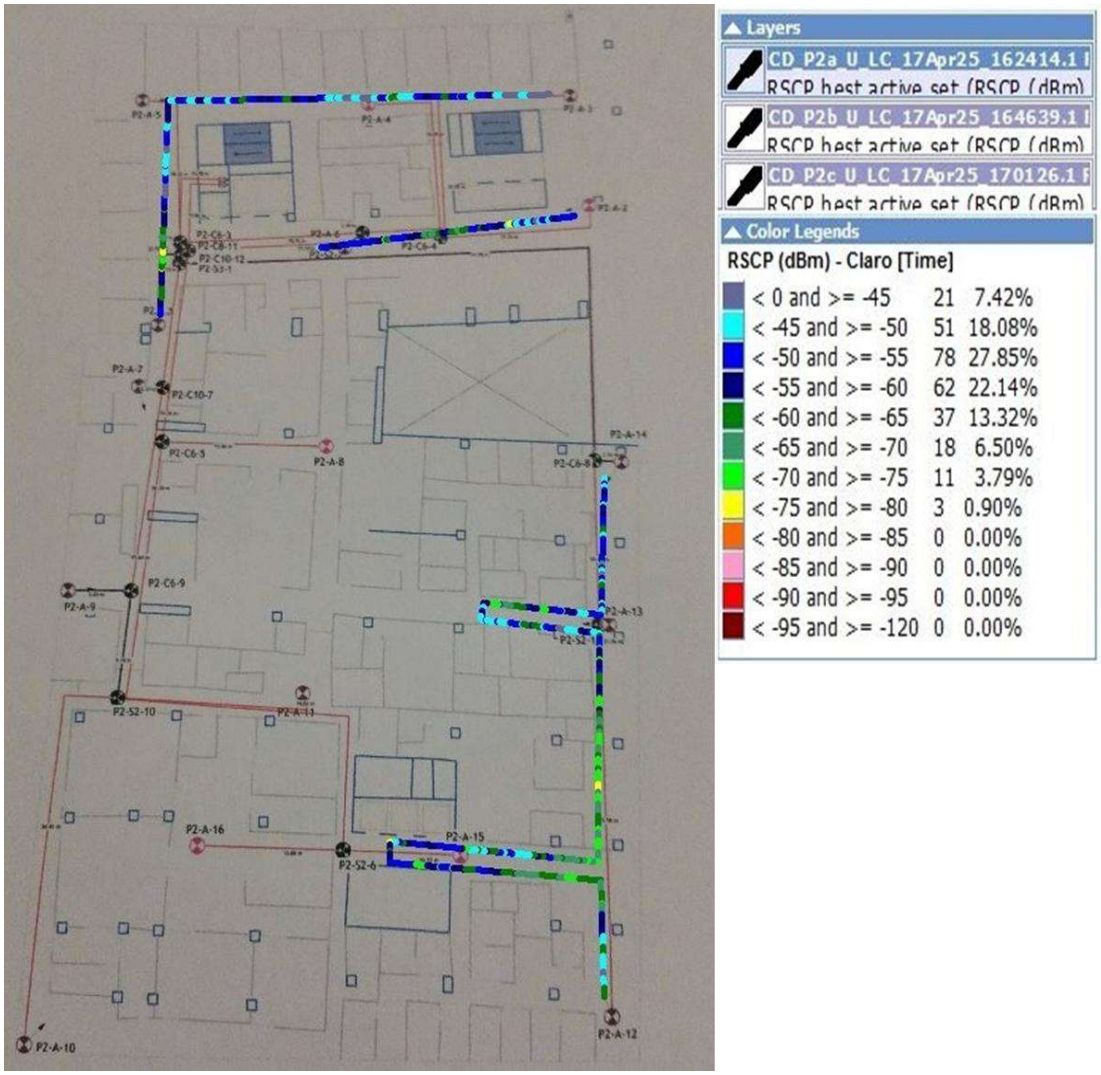



*Fig. 227:* Plot de RSCP en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.58. *Piso 2, Ec/No*

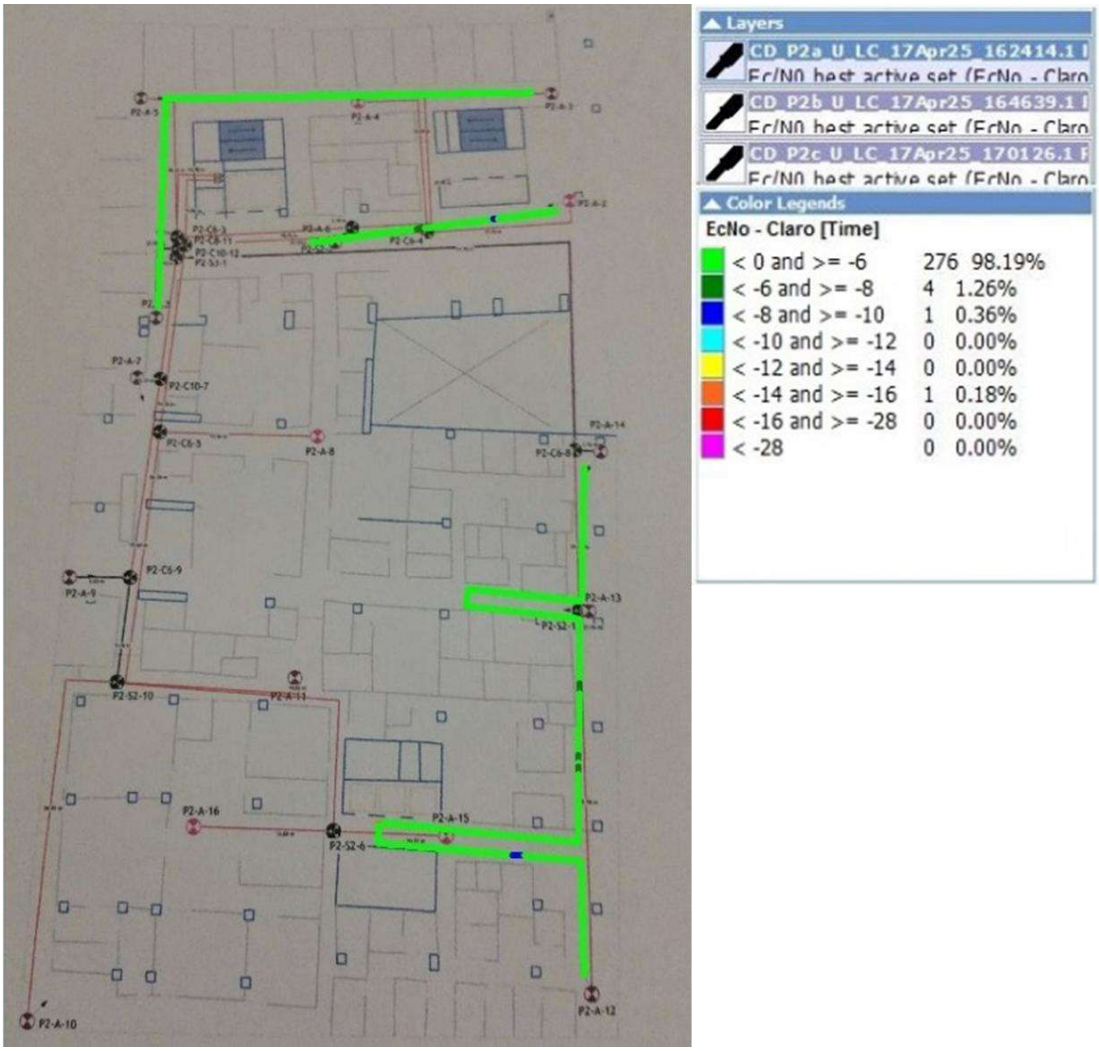



*Fig. 228:* Plot de Ec/No en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.59. *Piso 2, Scrambling Code*

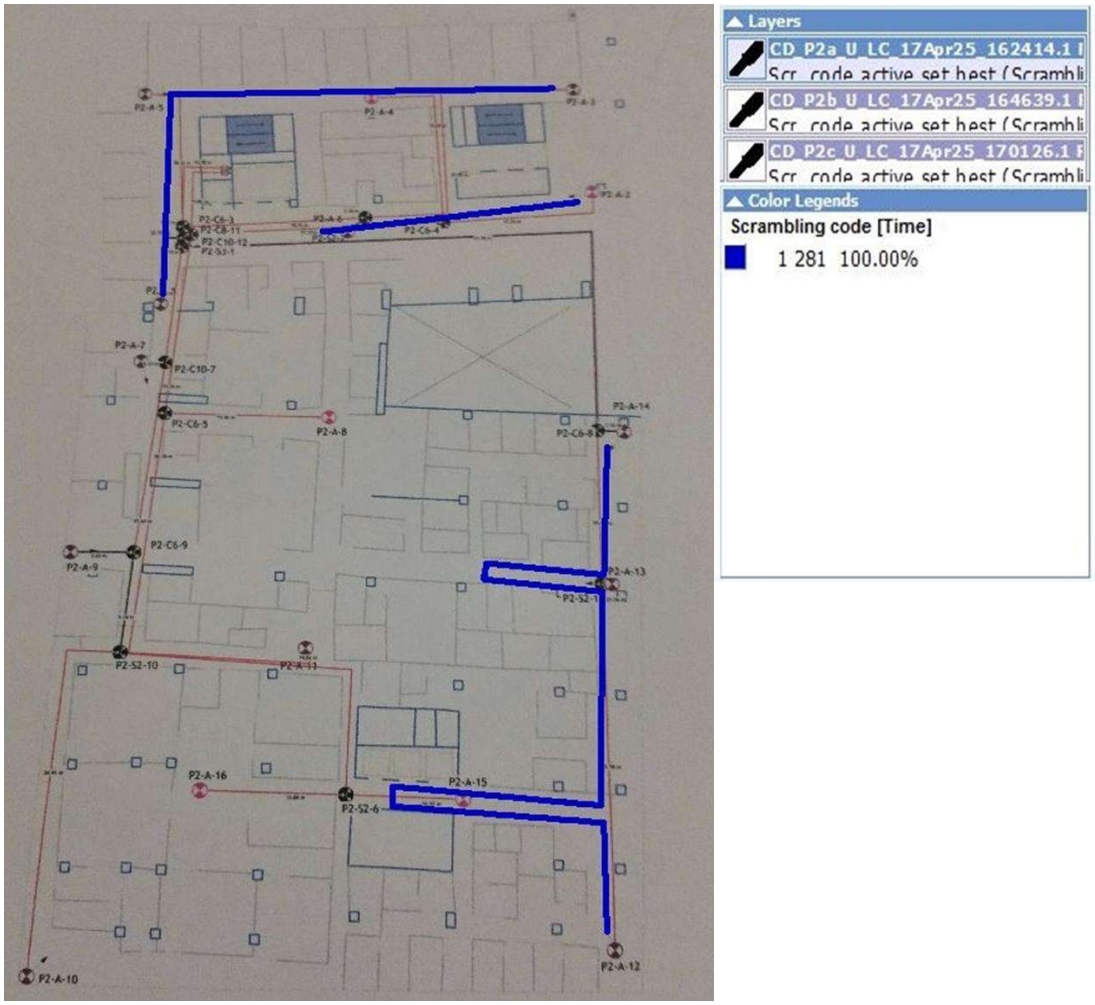



*Fig. 229:* Plot de Scrambling Code en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.60. *Piso 2, Tx Power*

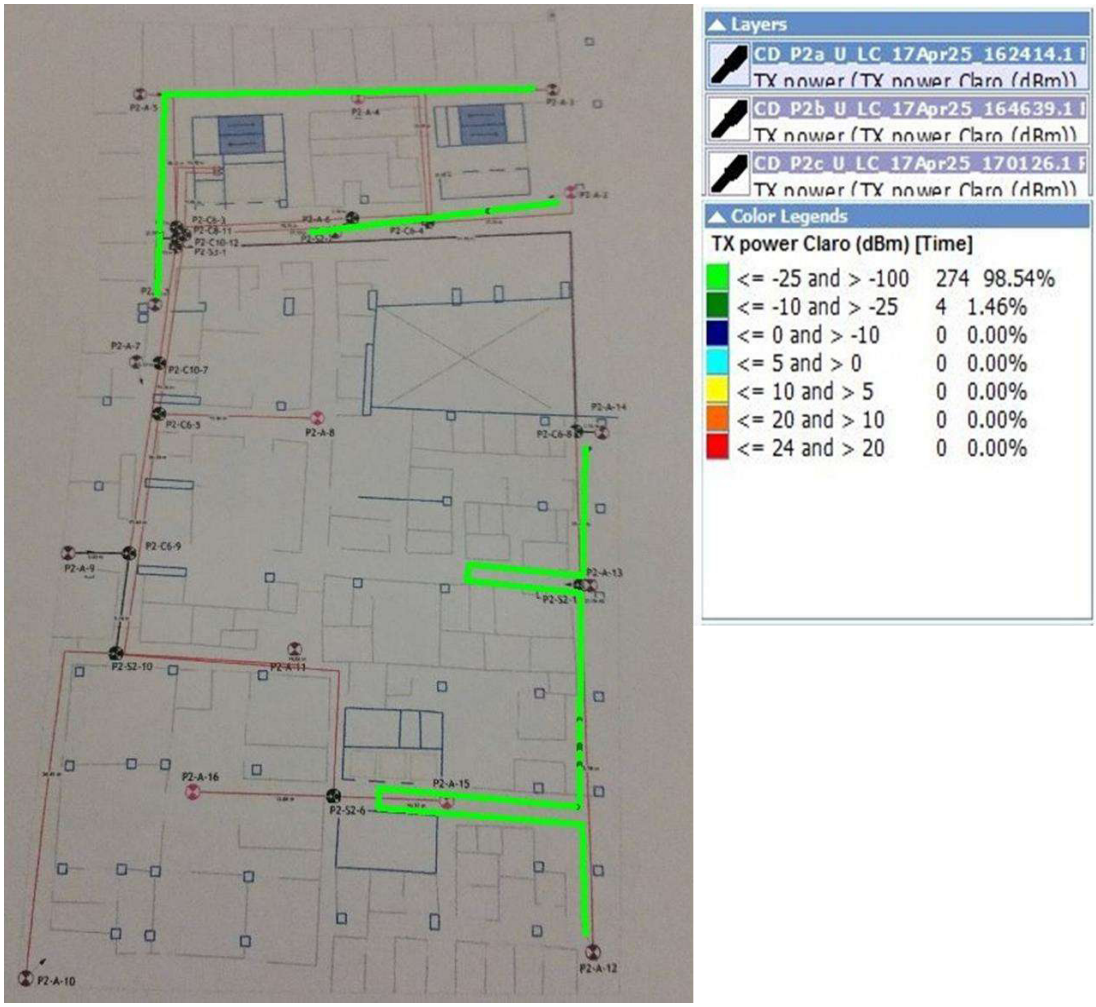



*Fig. 230:* Plot de Tx Power en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.61. *Piso 2, CQI*

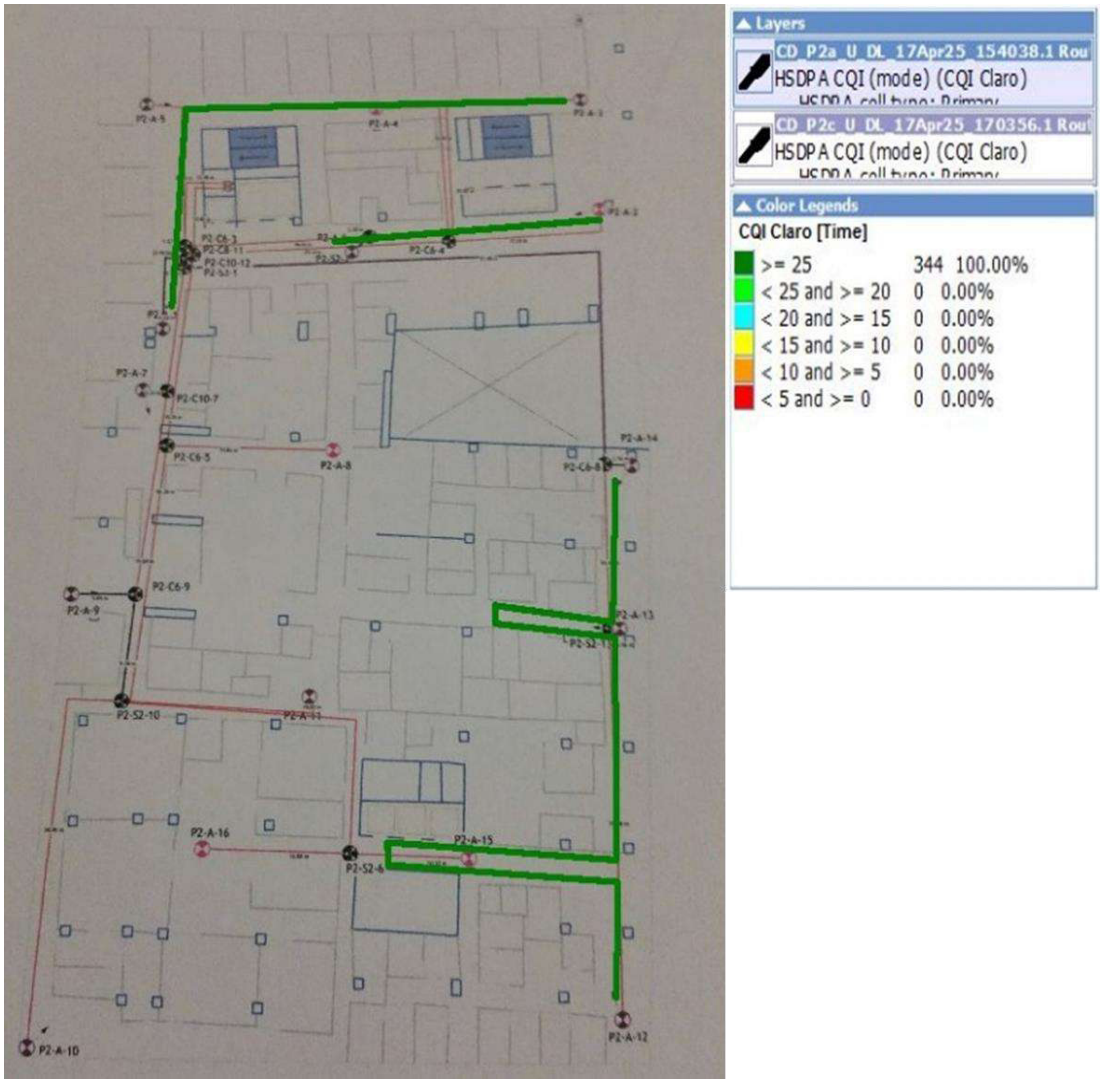



*Fig. 231:* Plot de CQI en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.62. *Piso 2, Throughput DL*

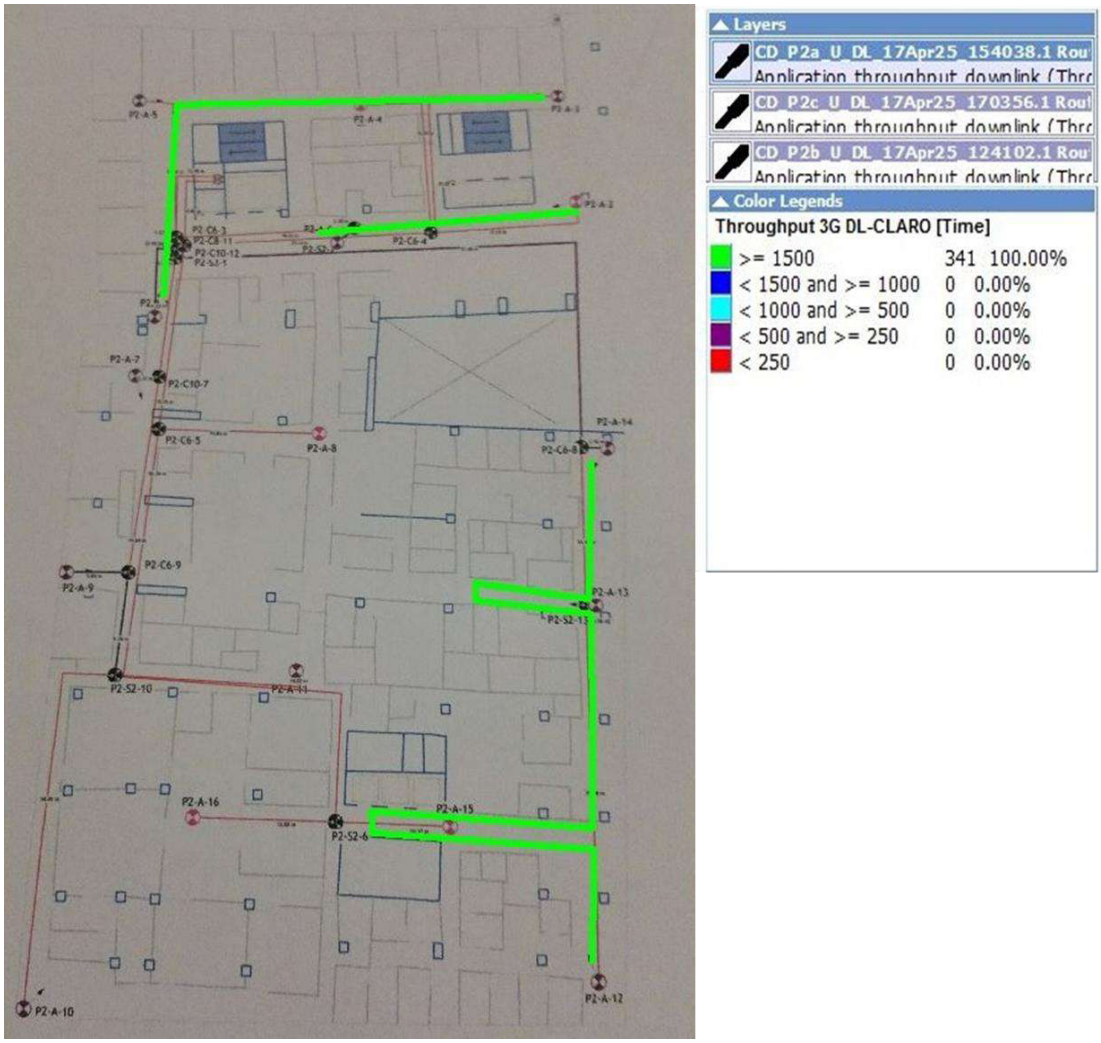



*Fig. 232:* Plot de Throughput DL en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.63. *Piso 2, Throughput UL*




*Fig. 233:* Plot de Throughput UL en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.64. *Sótano 1, RSCP*

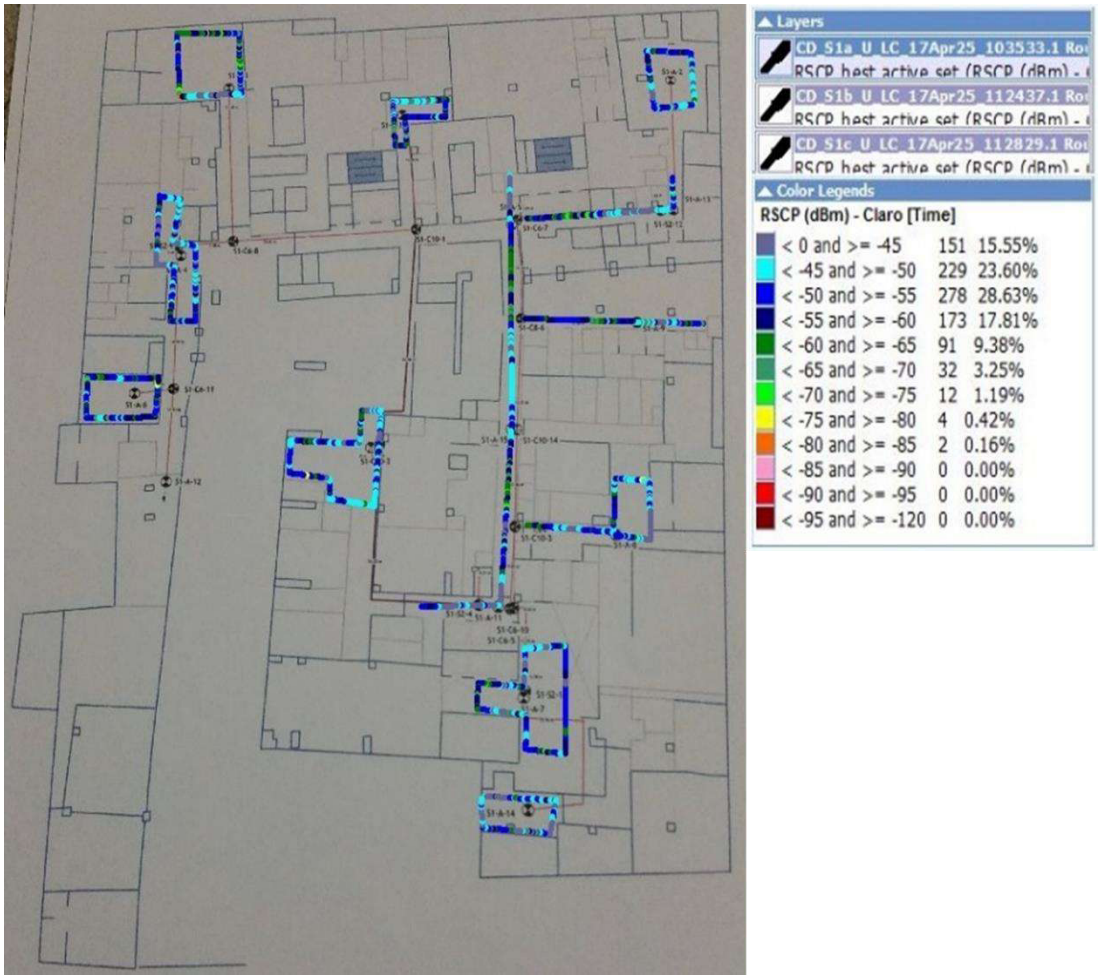



*Fig. 234:* Plot de RSCP en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.65. *Sótano 1, Ec/No*

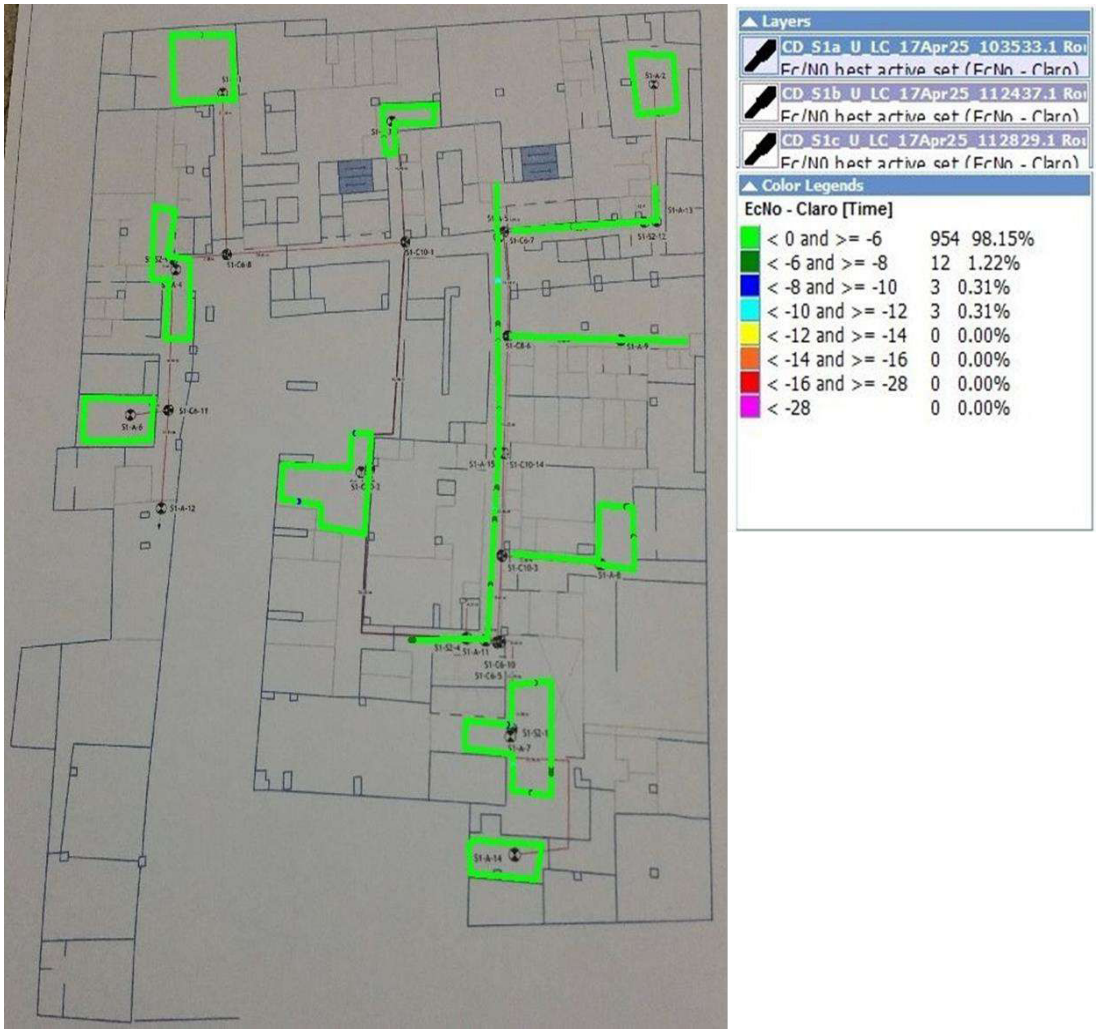



*Fig. 235:* Plot de Ec/No en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.66. *Sótano 1, Scrambling Code*

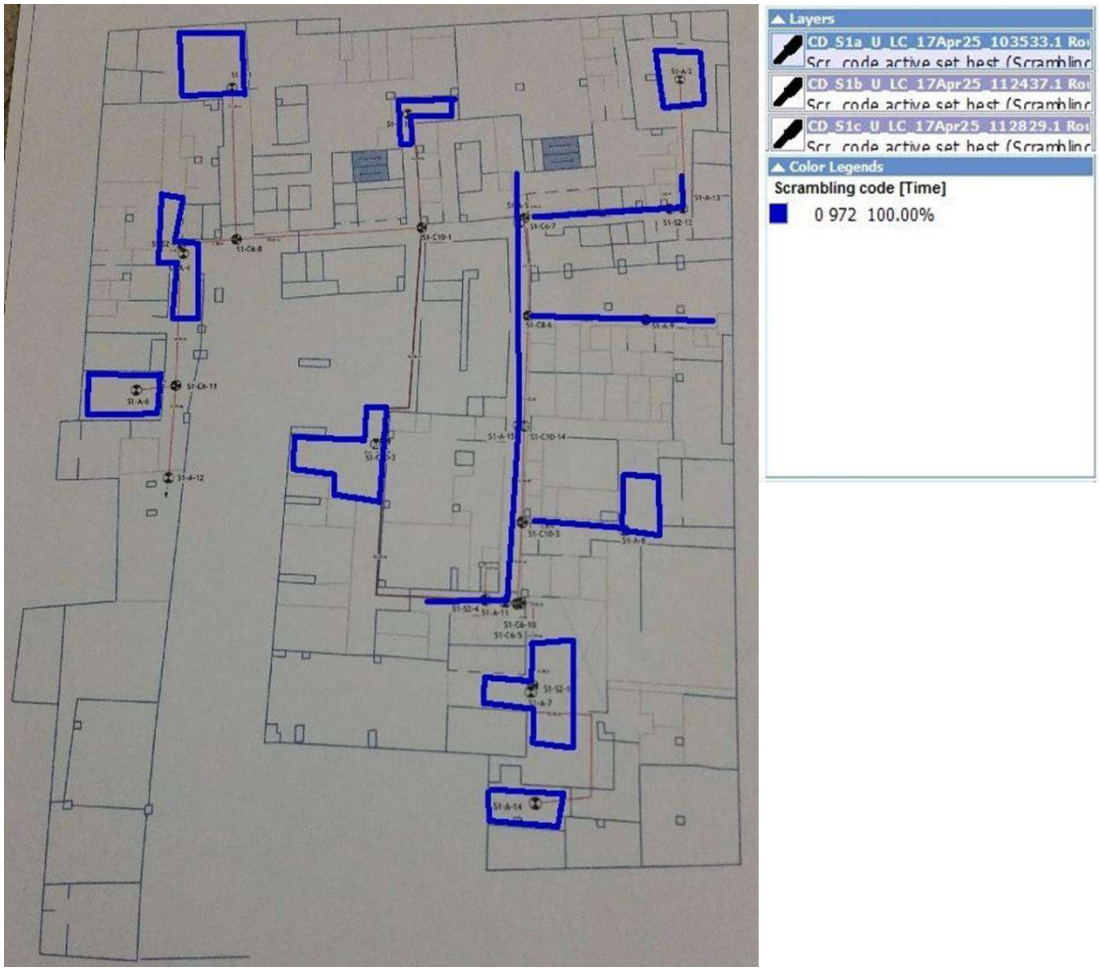



*Fig. 236:* Plot de Scrambling Code en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.67. *Sótano 1, Tx Power*

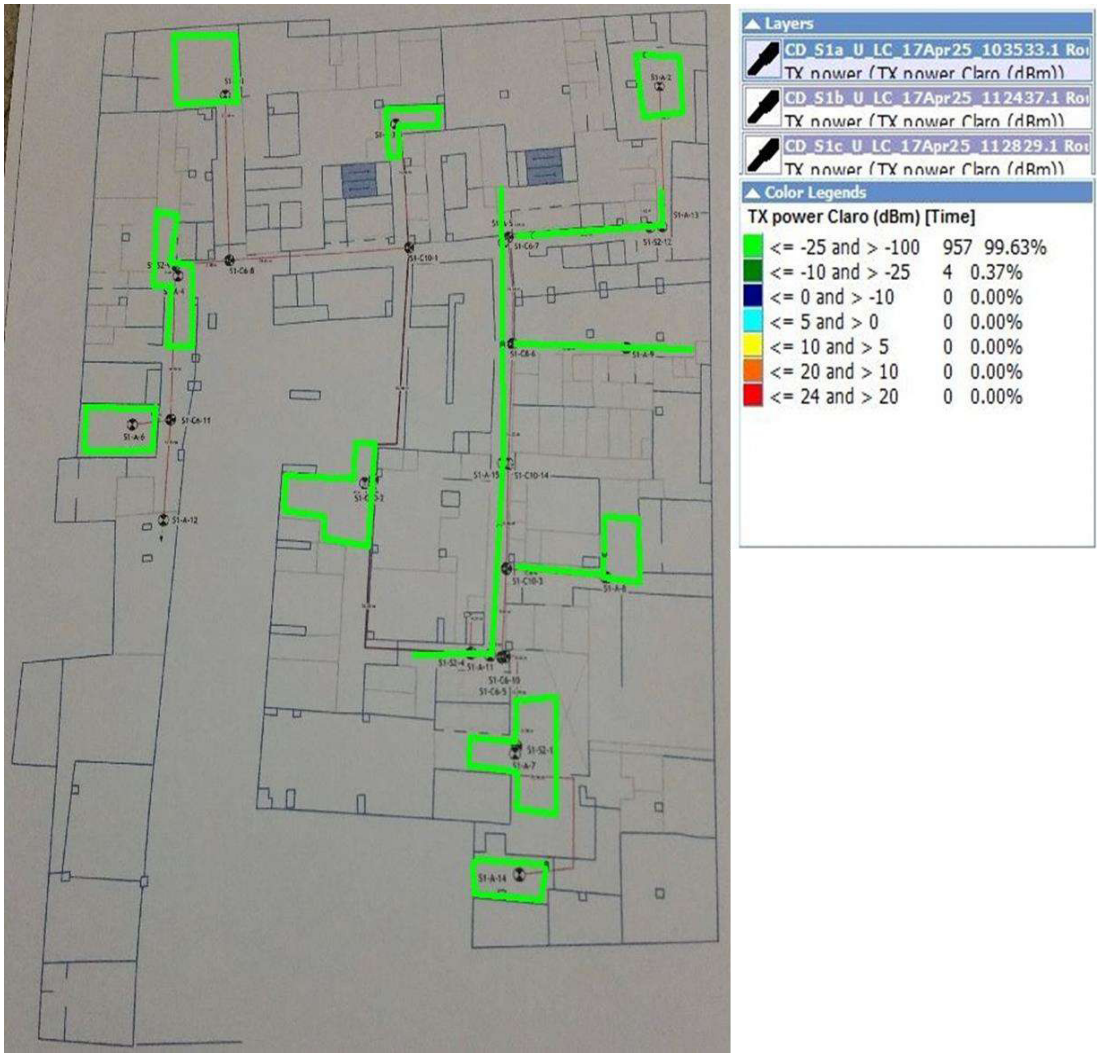



*Fig. 237:* Plot de Tx Power en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.68. *Sótano 1, CQI*

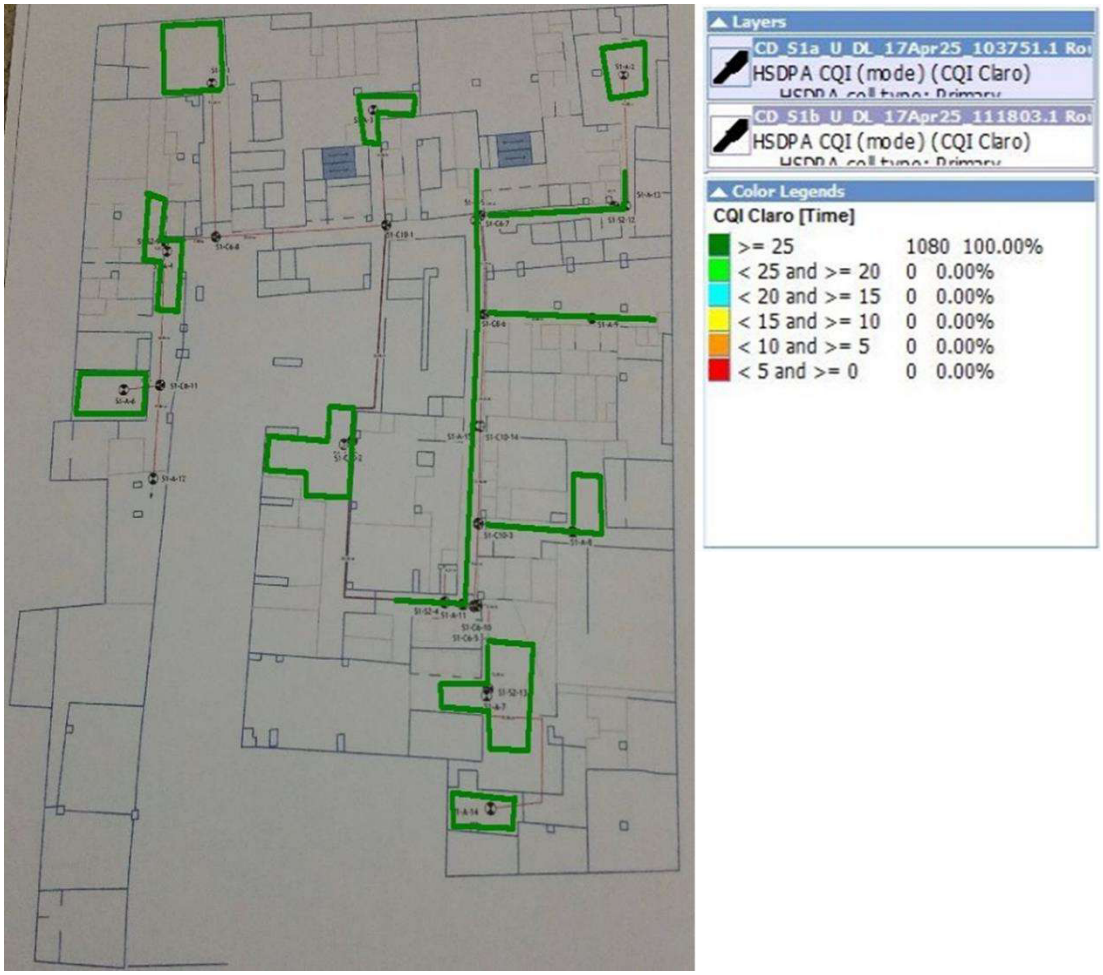



*Fig. 238:* Plot de CQI en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.69. *Sótano 1, Throughput DL*

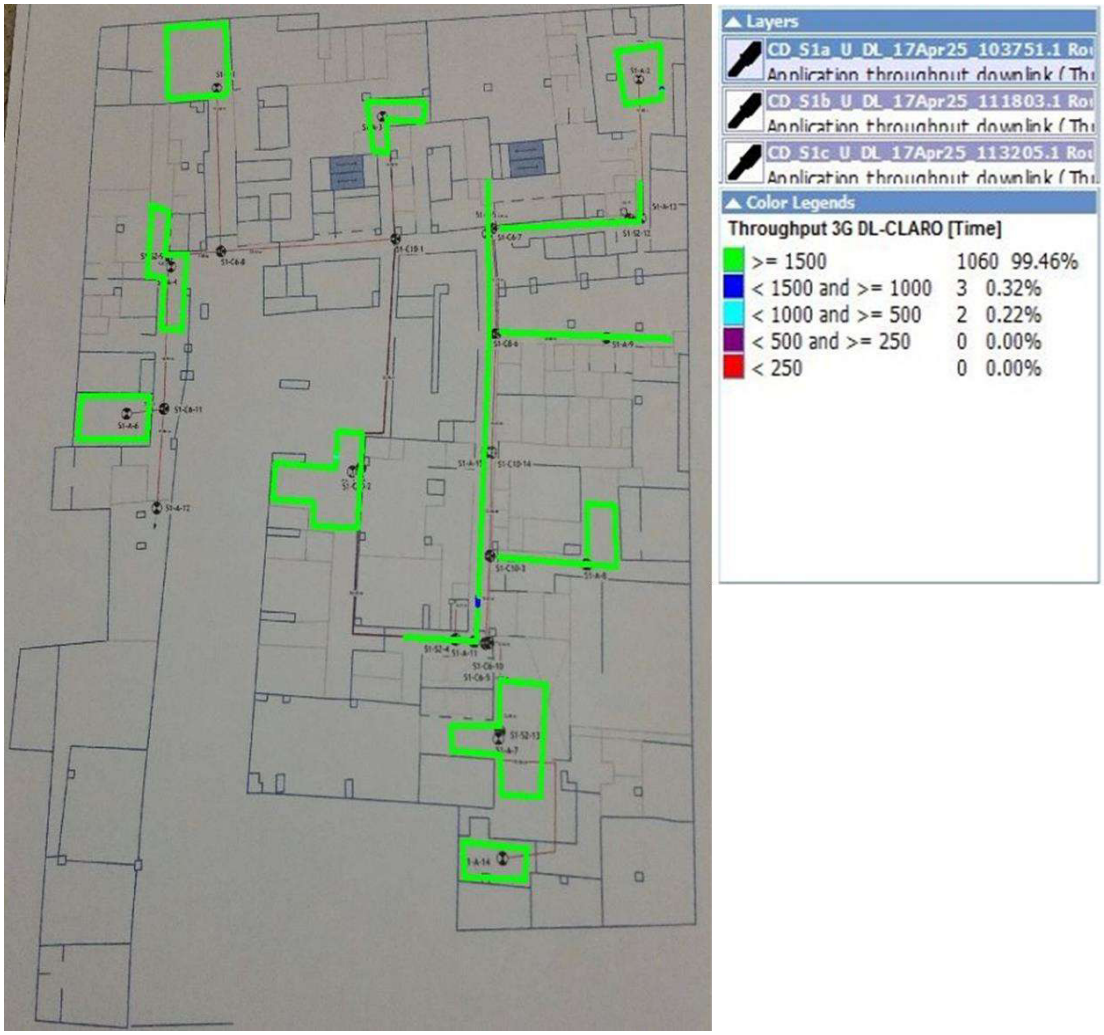



*Fig. 239:* Plot de Throughput DL en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.70. *Sótano 1, Throughput UL*

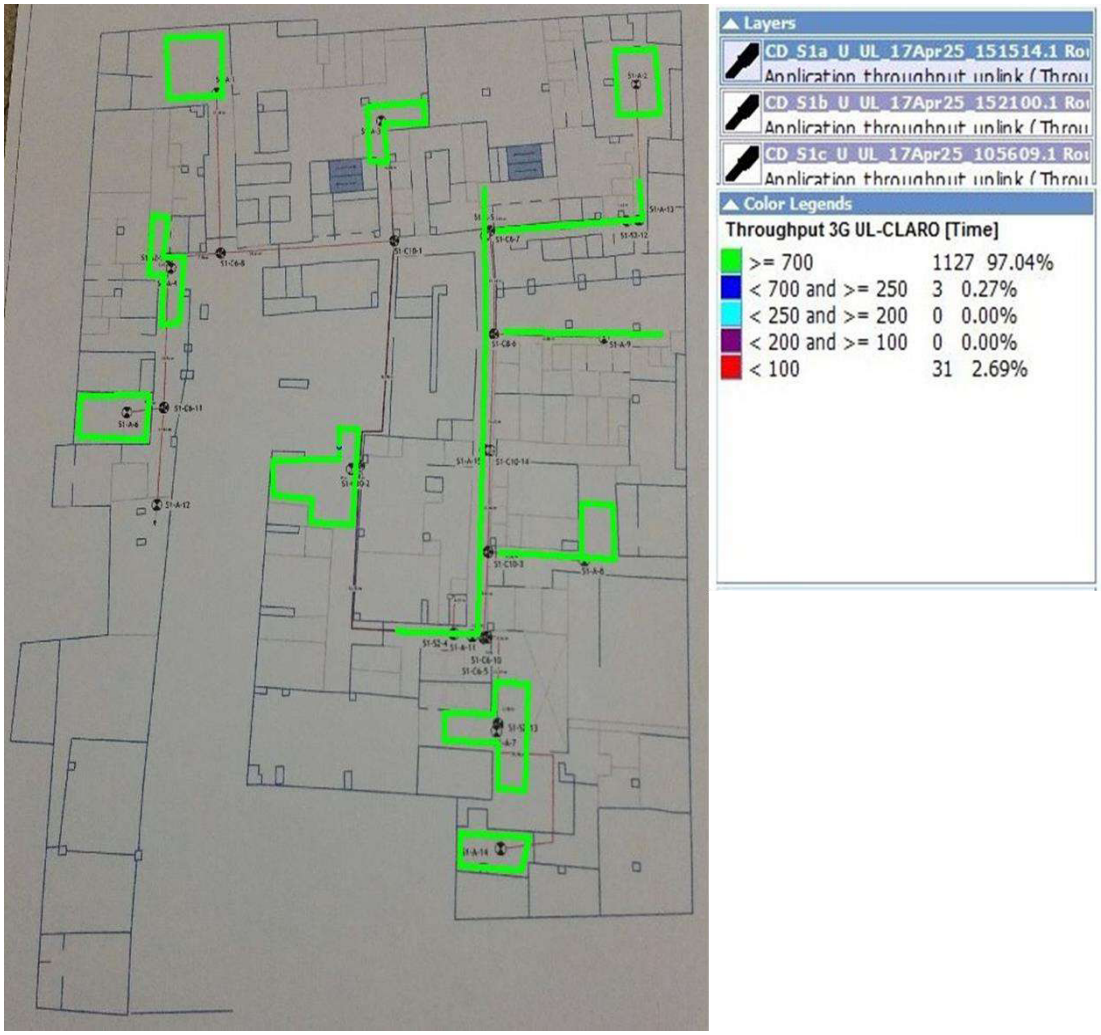



*Fig. 240:* Plot de Throughput UL en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.71. *Sótano 2, RSCP*

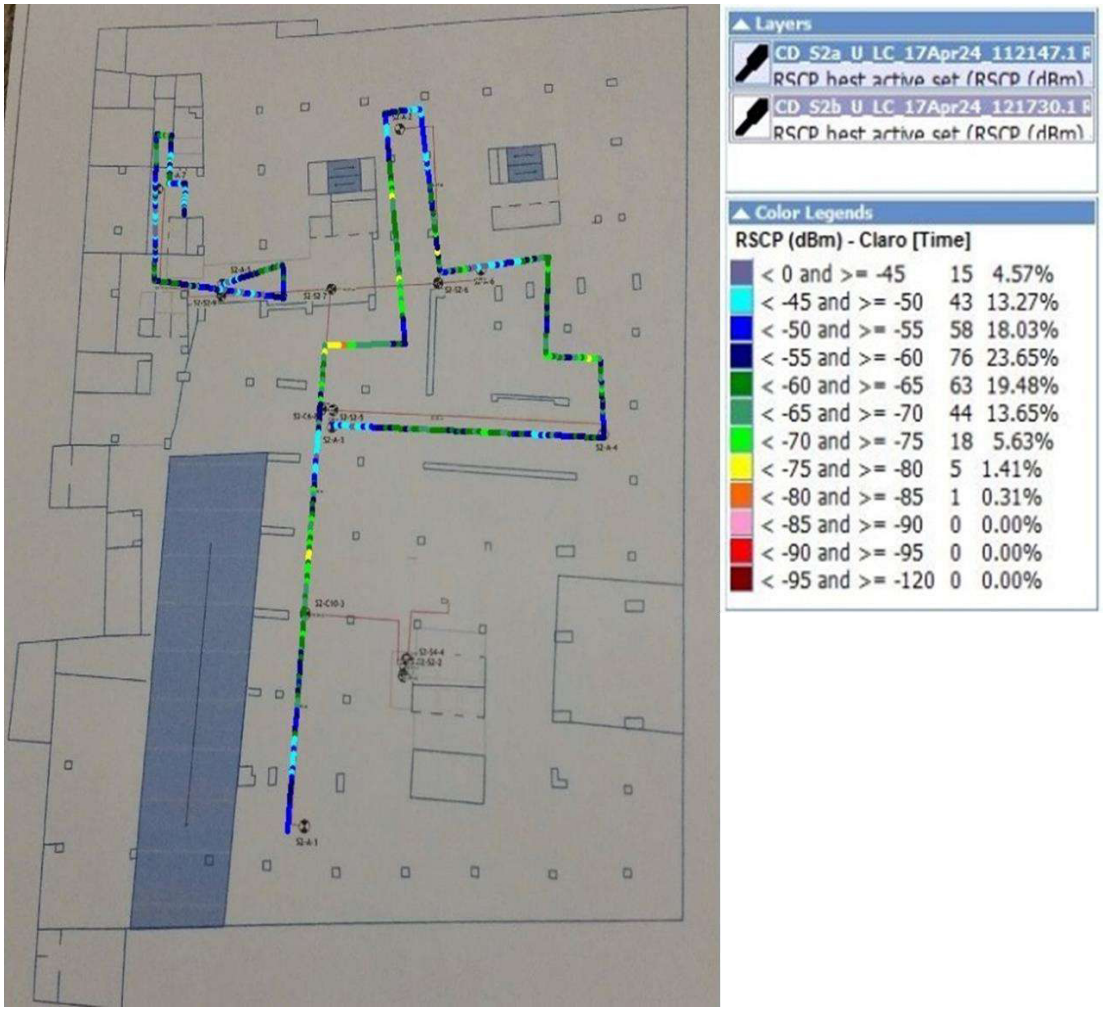



*Fig. 241:* Plot de RSCP en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.72. *Sótano 2, Ec/No*




*Fig. 242:* Plot de Ec/No en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.73. *Sótano 2, Scrambling Code*

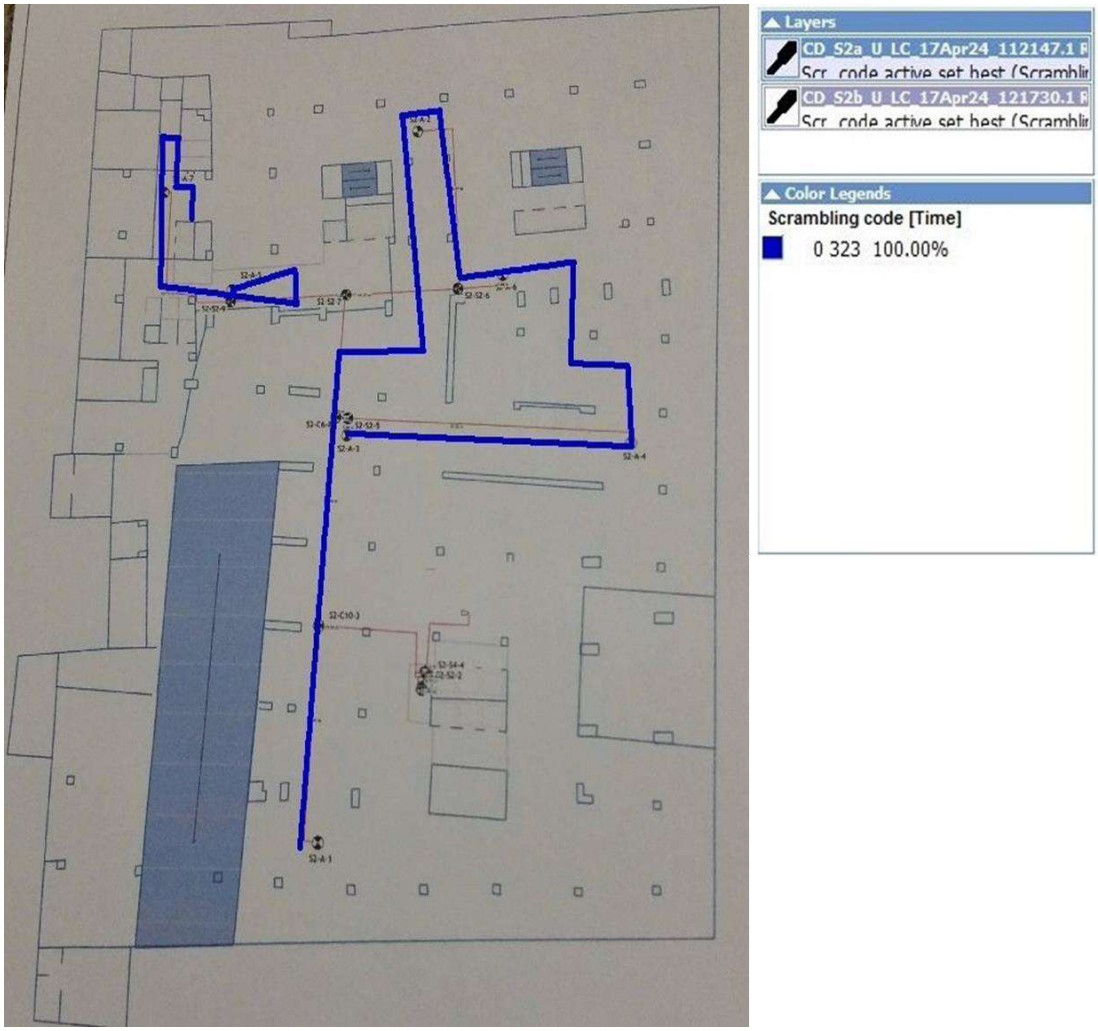



*Fig. 243:* Plot de Scrambling Code en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.74. *Sótano 2, Tx Power*

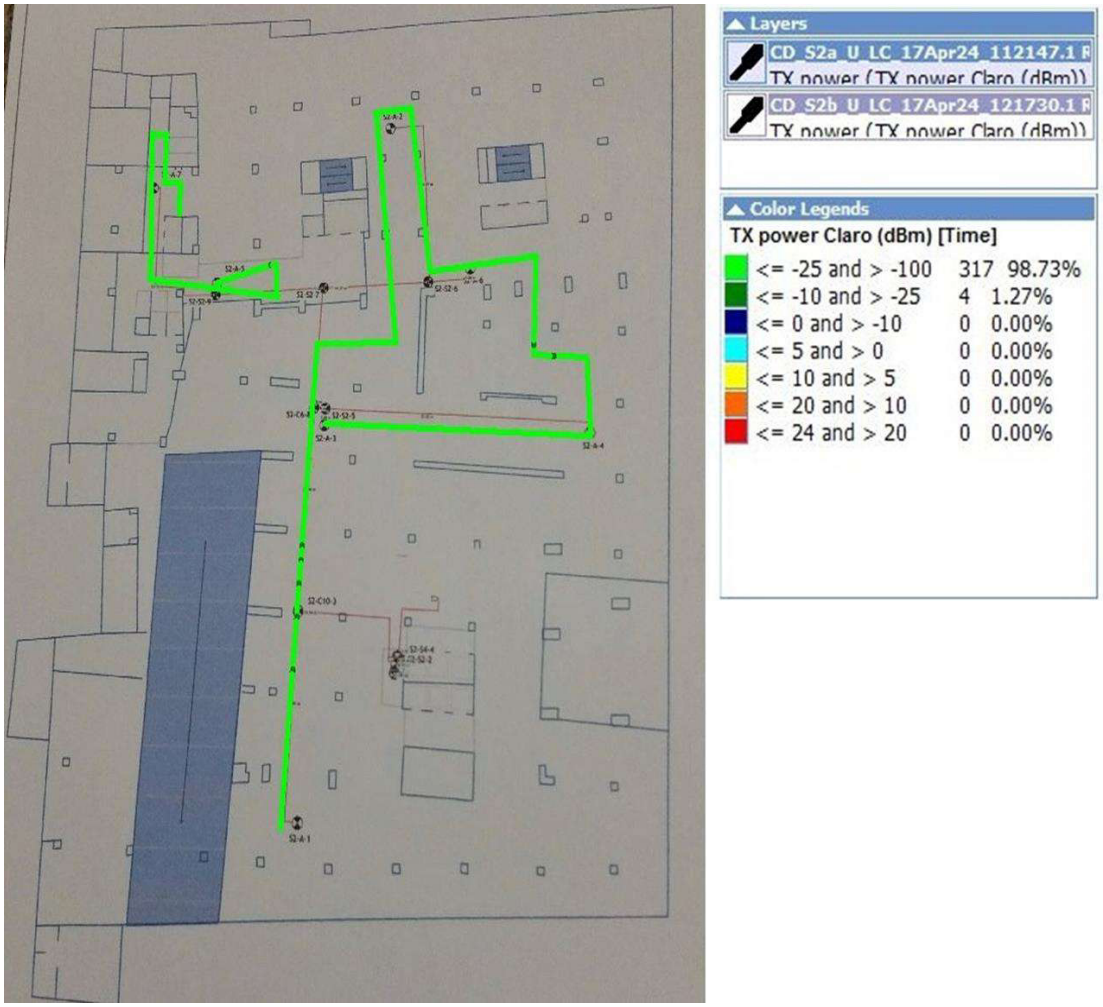



*Fig. 244:* Plot de Tx Power en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.75. *Sótano 2, CQI*

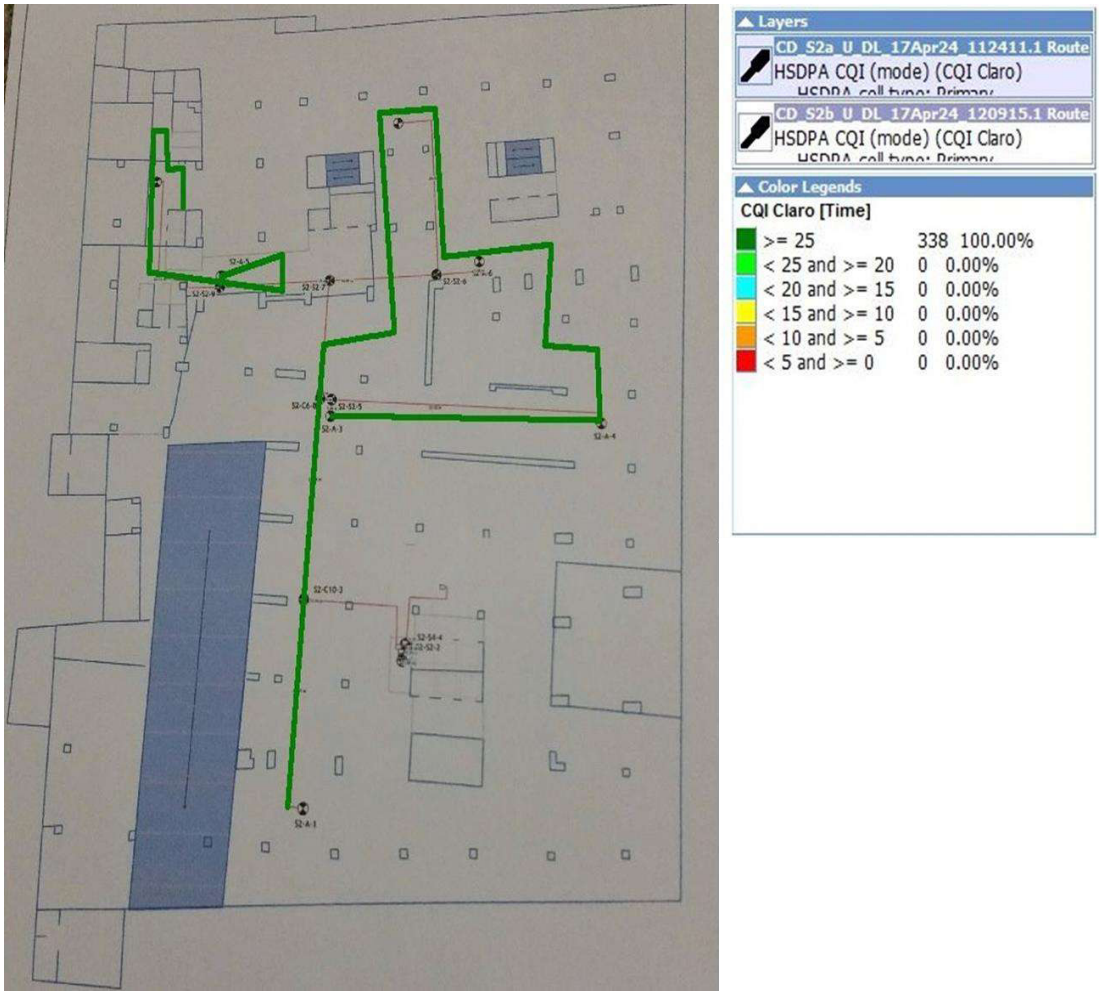



*Fig. 245:* Plot de CQI en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.76. *Sótano 2, Throughput DL*

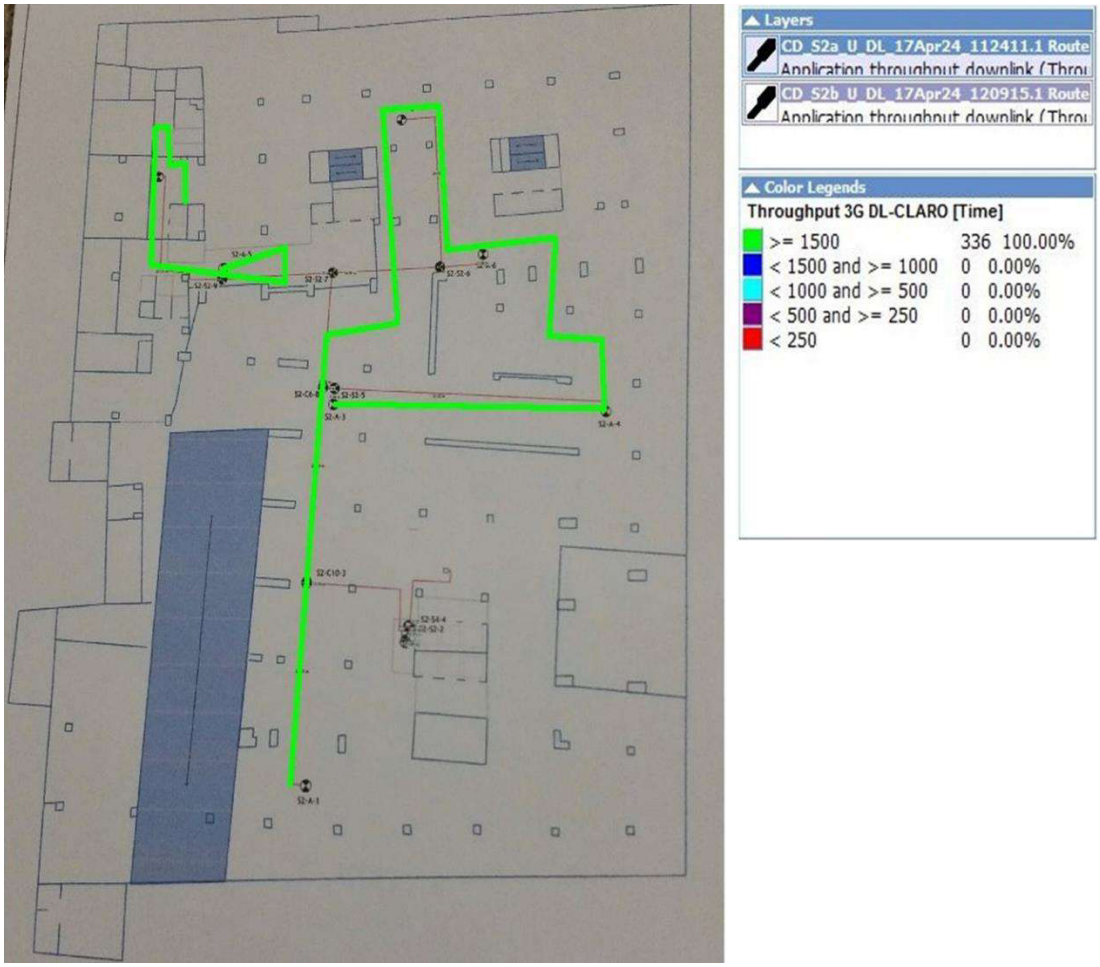



*Fig. 246:* Plot de Throughput DL en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.77. *Sótano 2, Throughput UL*

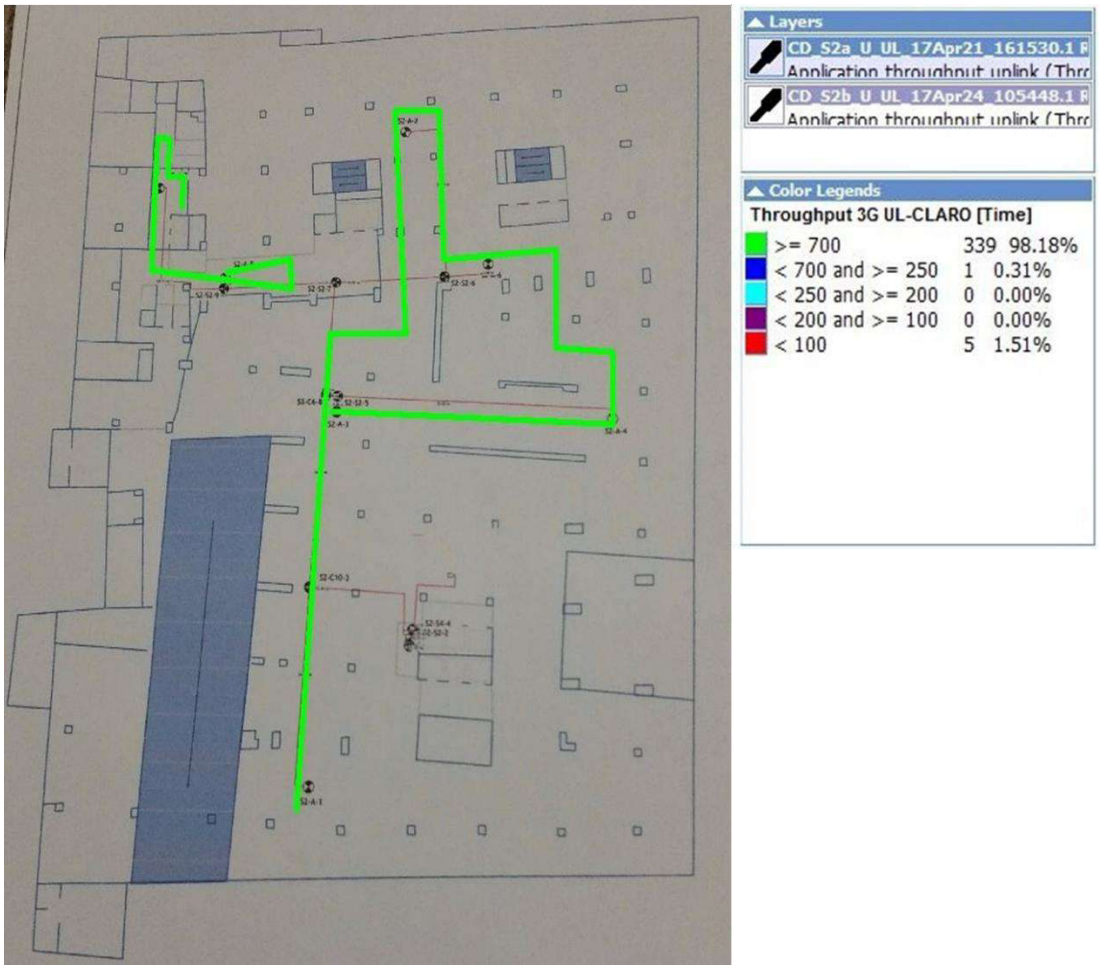



*Fig. 247:* Plot de Throughput UL en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.78. *Sótano 3, RSCP*




*Fig. 248:* Plot de RSCP en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.79. *Sótano 3, Ec/No*

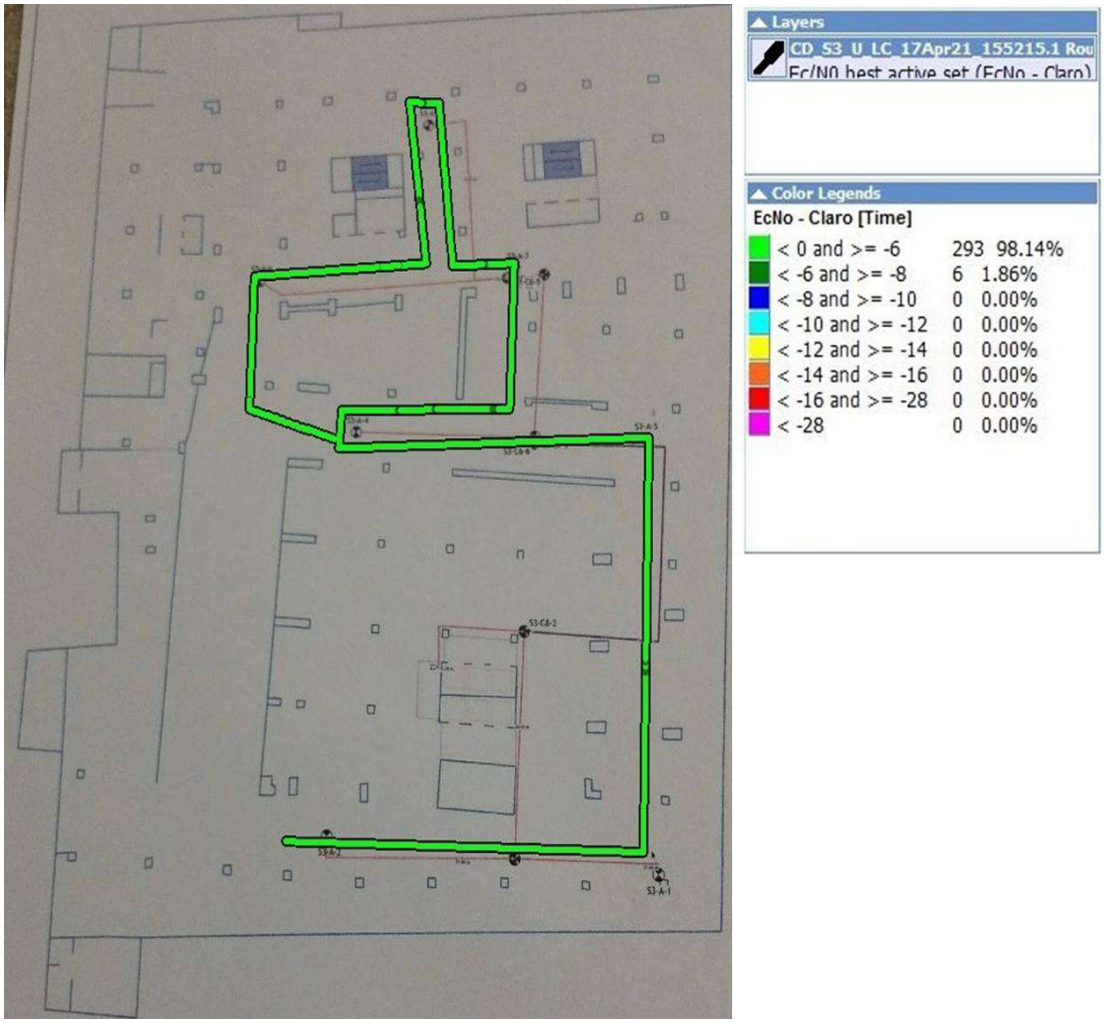



*Fig. 249:* Plot de Ec/No en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.80. *Sótano 3, Scrambling Code*

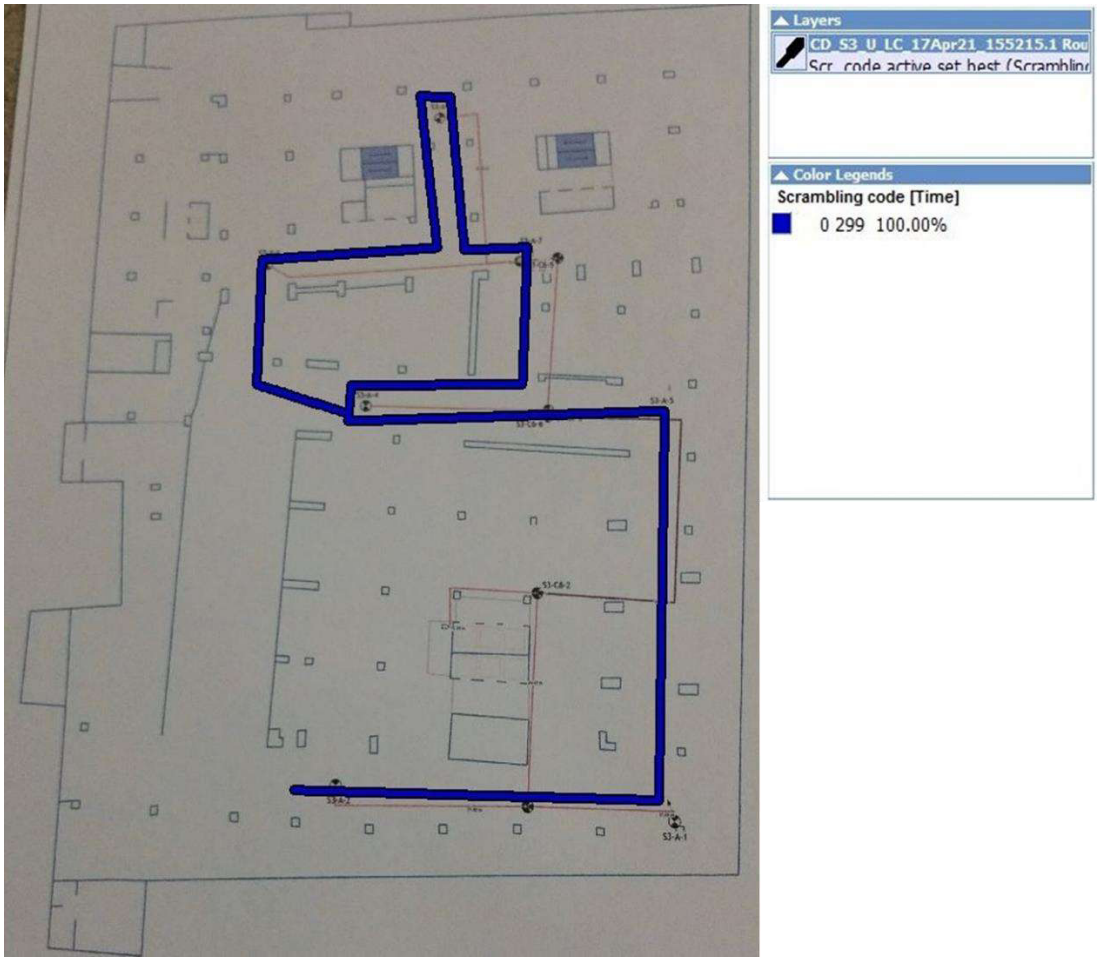



*Fig. 250:* Plot de Scrambling Code en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.81. *Sótano 3, Tx Power*

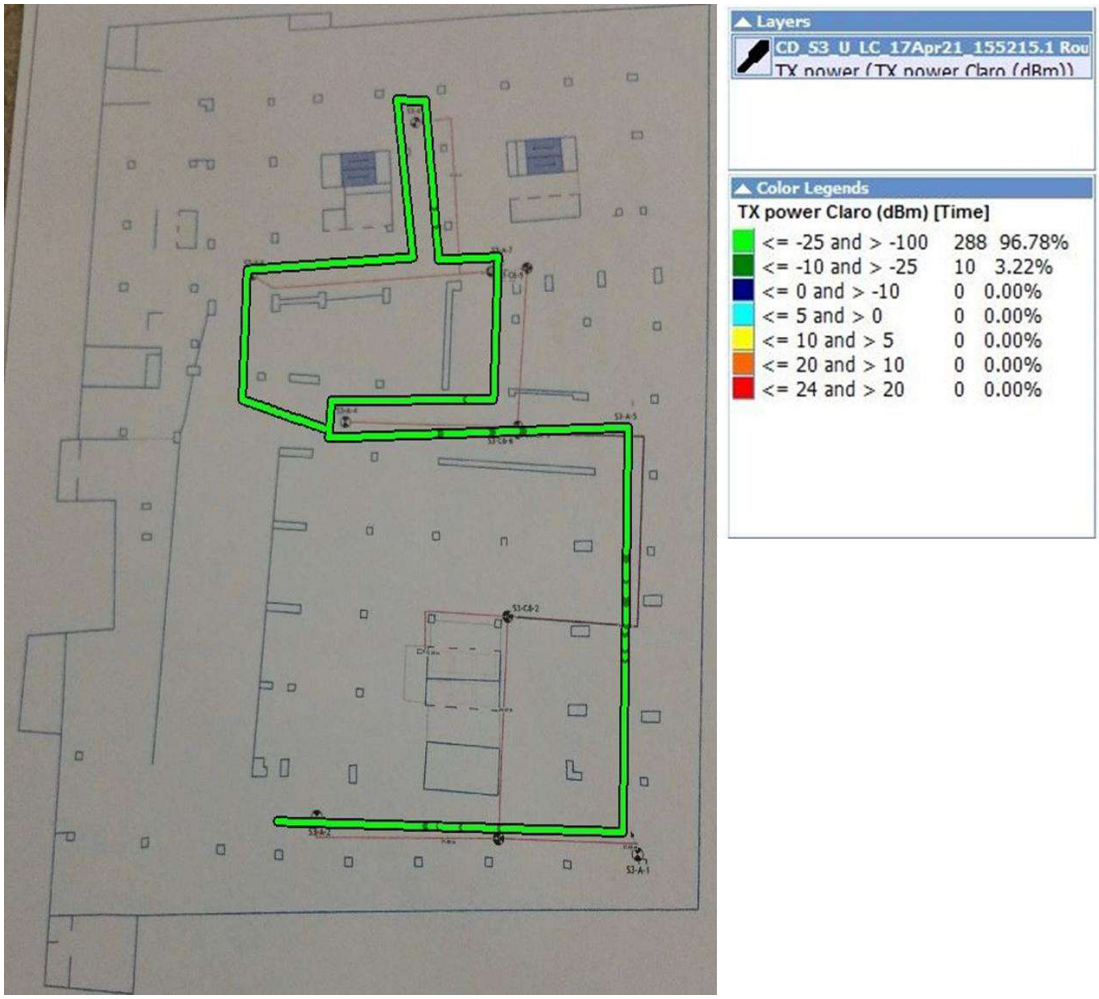



*Fig. 251:* Plot de Tx Power en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.82. *Sótano 3, CQI*

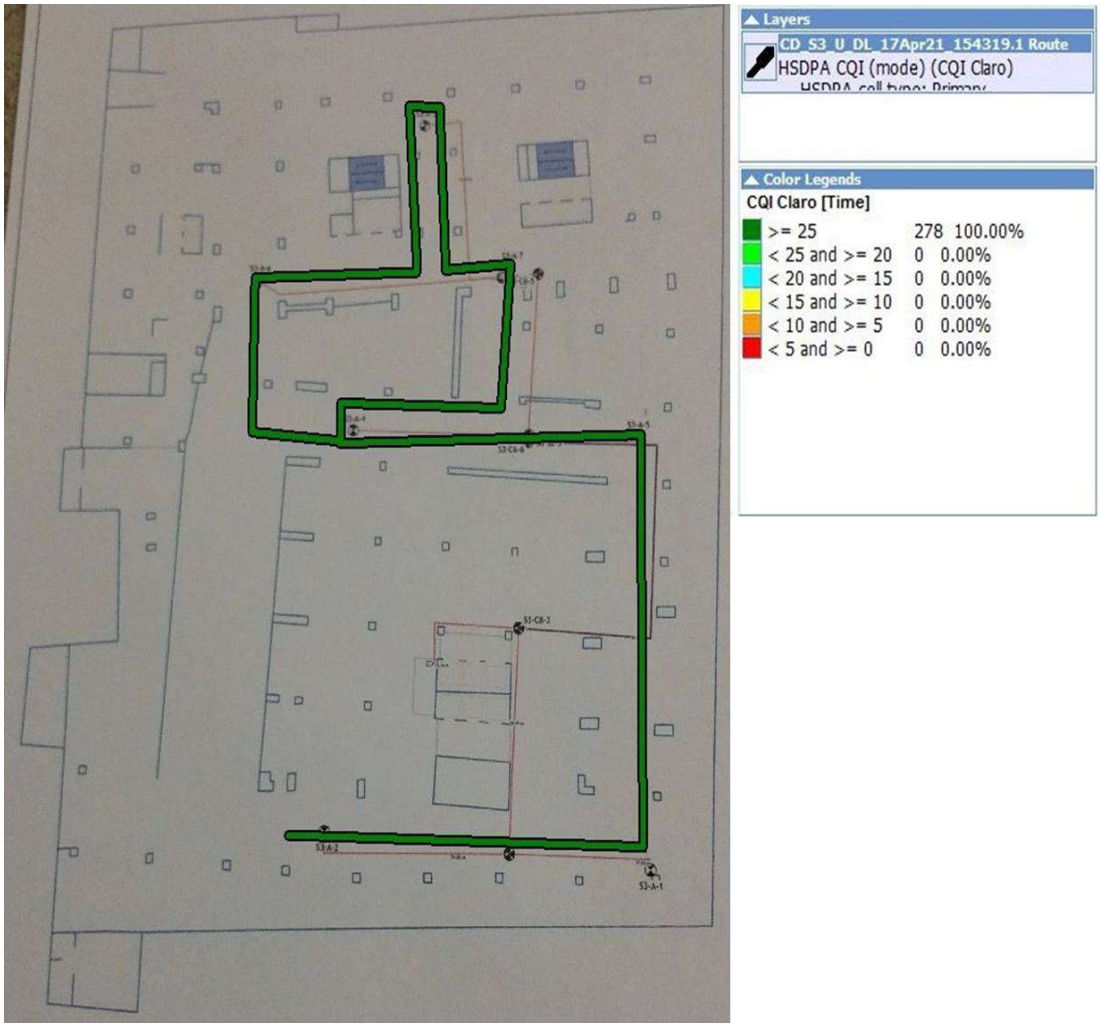



*Fig. 252:* Plot de CQI en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.83. *Sótano 3, Throughput DL*

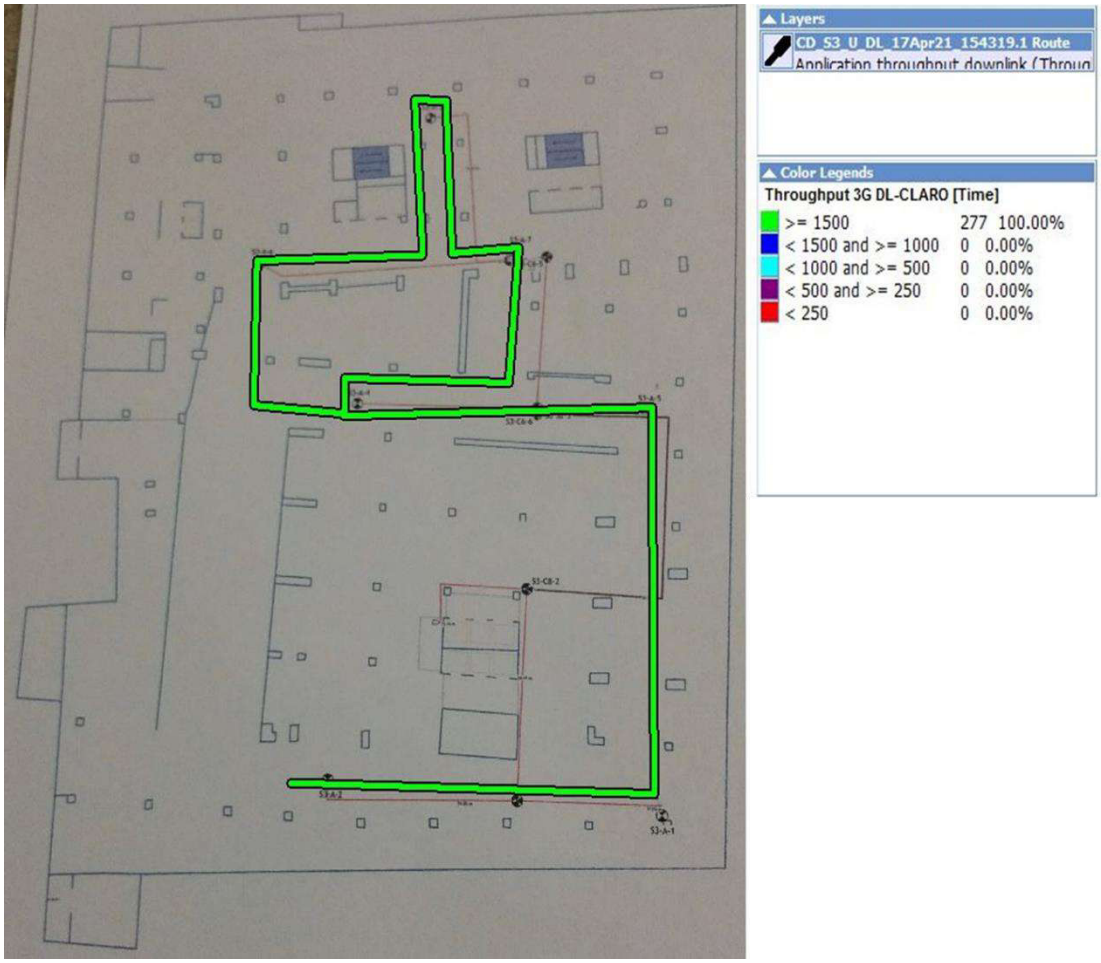



*Fig. 253:* Plot de Throughput DL en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.84. *Sótano 3, Throughput UL*

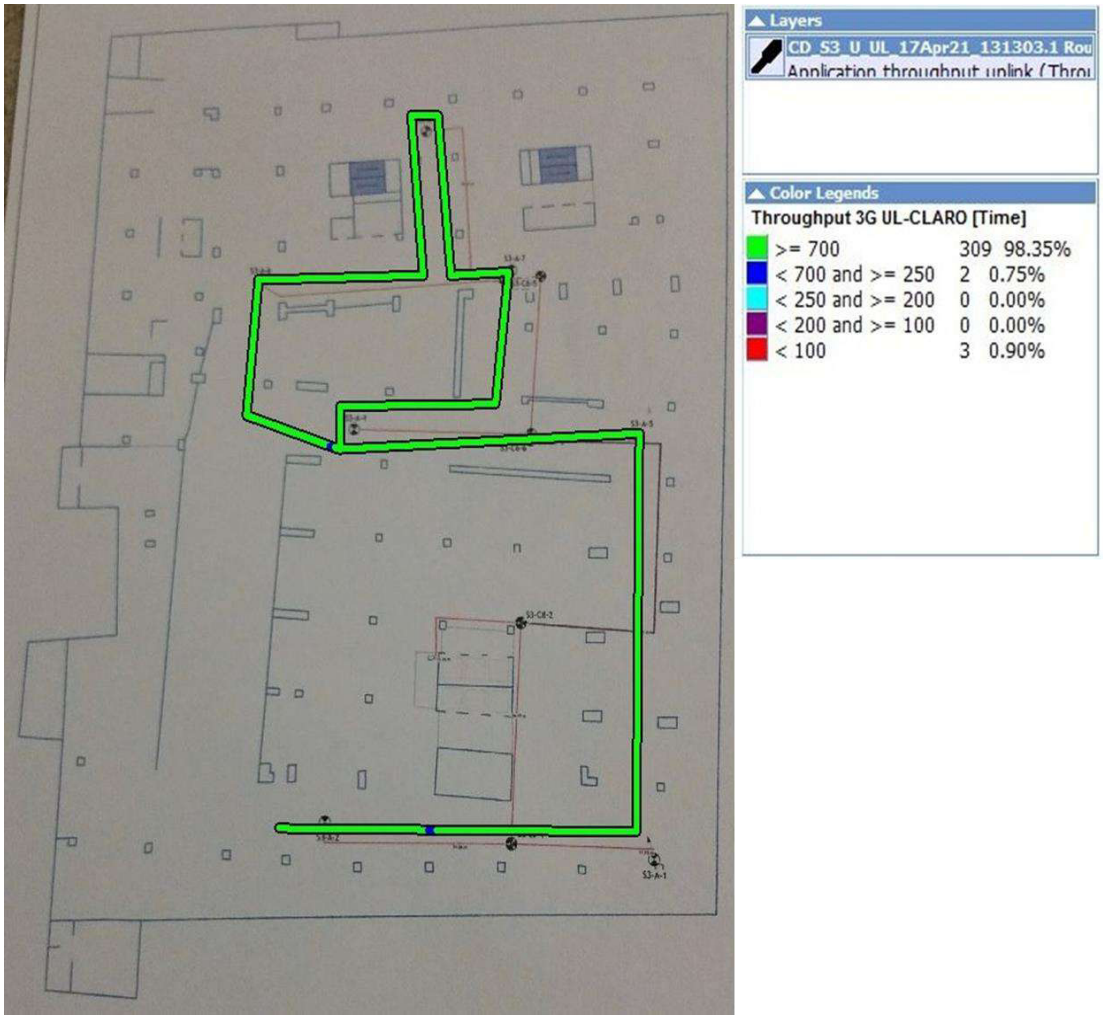



*Fig. 254:* Plot de Throughput UL en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.85. *Sótano 4, RSCP*

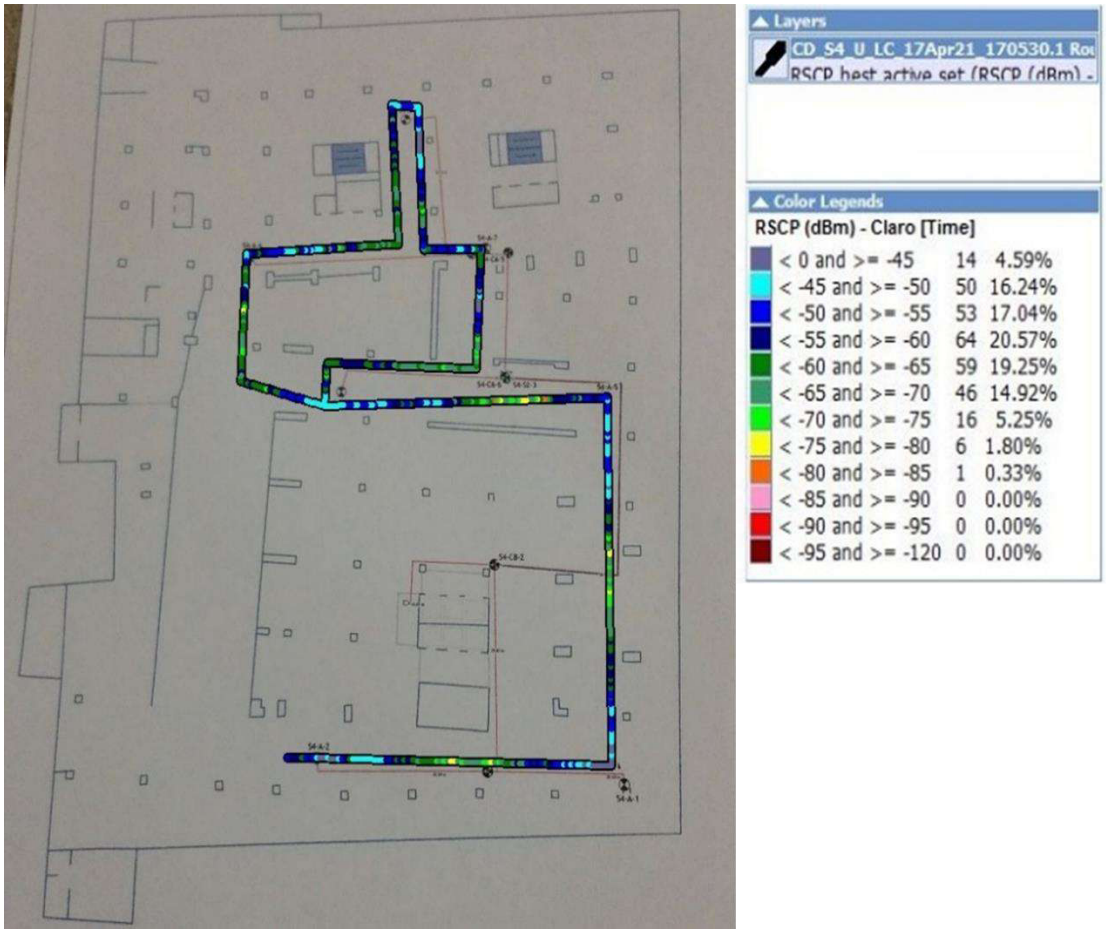



*Fig. 255:* Plot de RSCP en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.86. *Sótano 4, Ec/No*

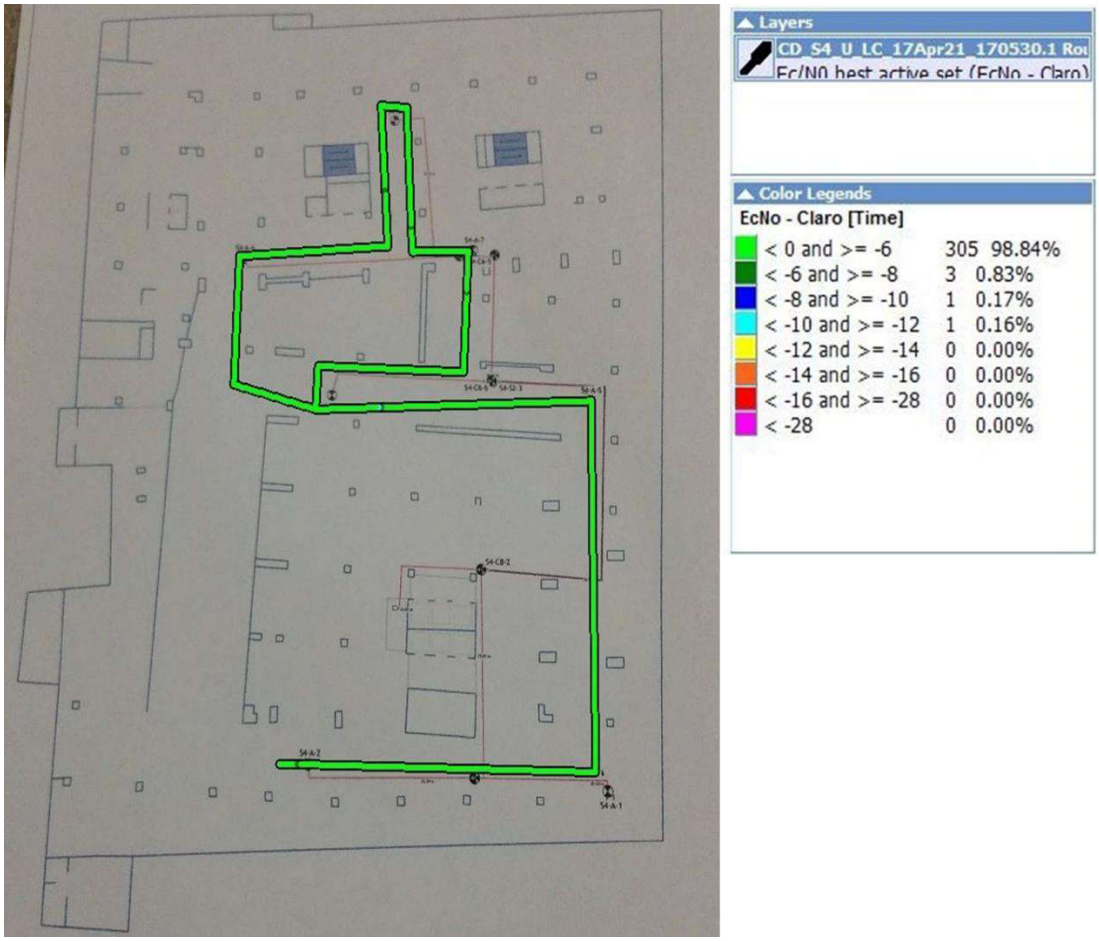



*Fig. 256:* Plot de Ec/No en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.87. *Sótano 4, Scrambling Code*

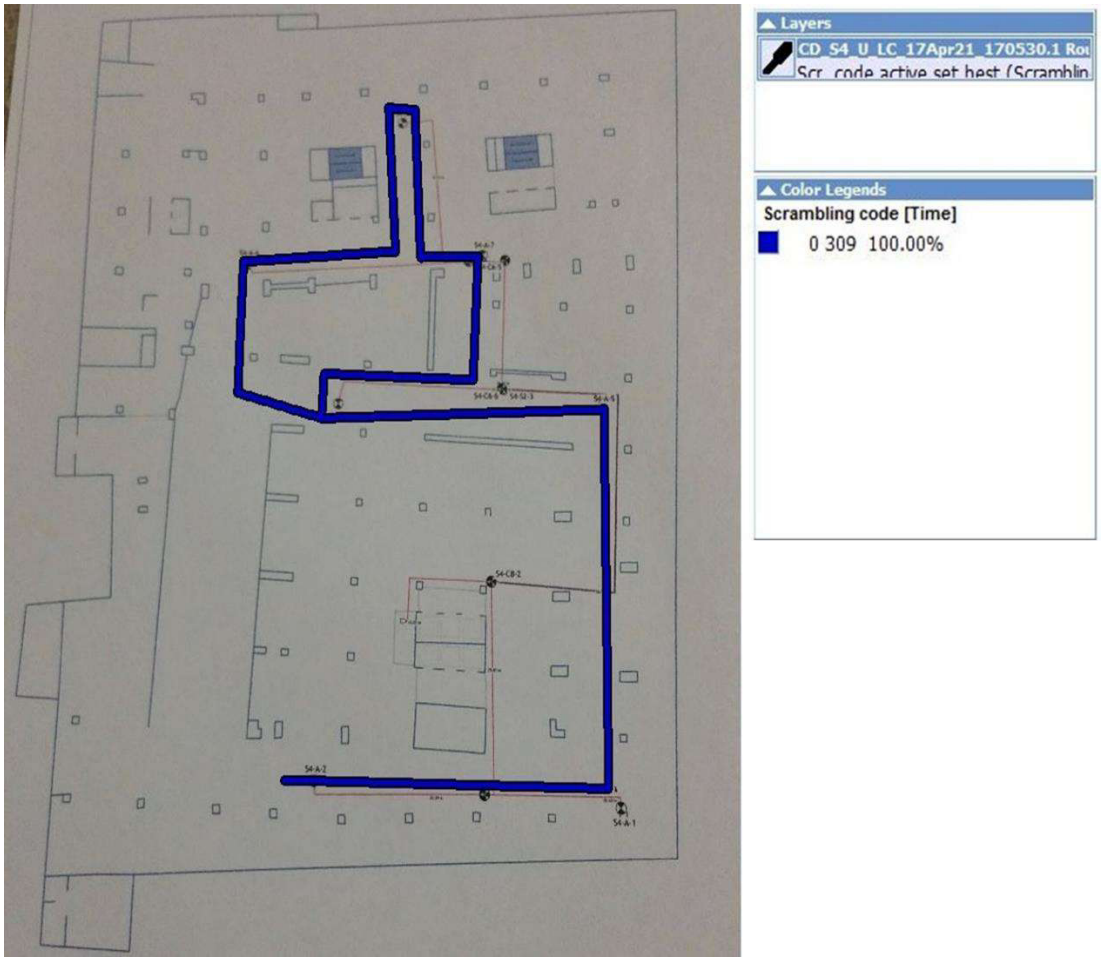



*Fig. 257:* Plot de Scrambling Code en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.88. *Sótano 4, Tx Power*

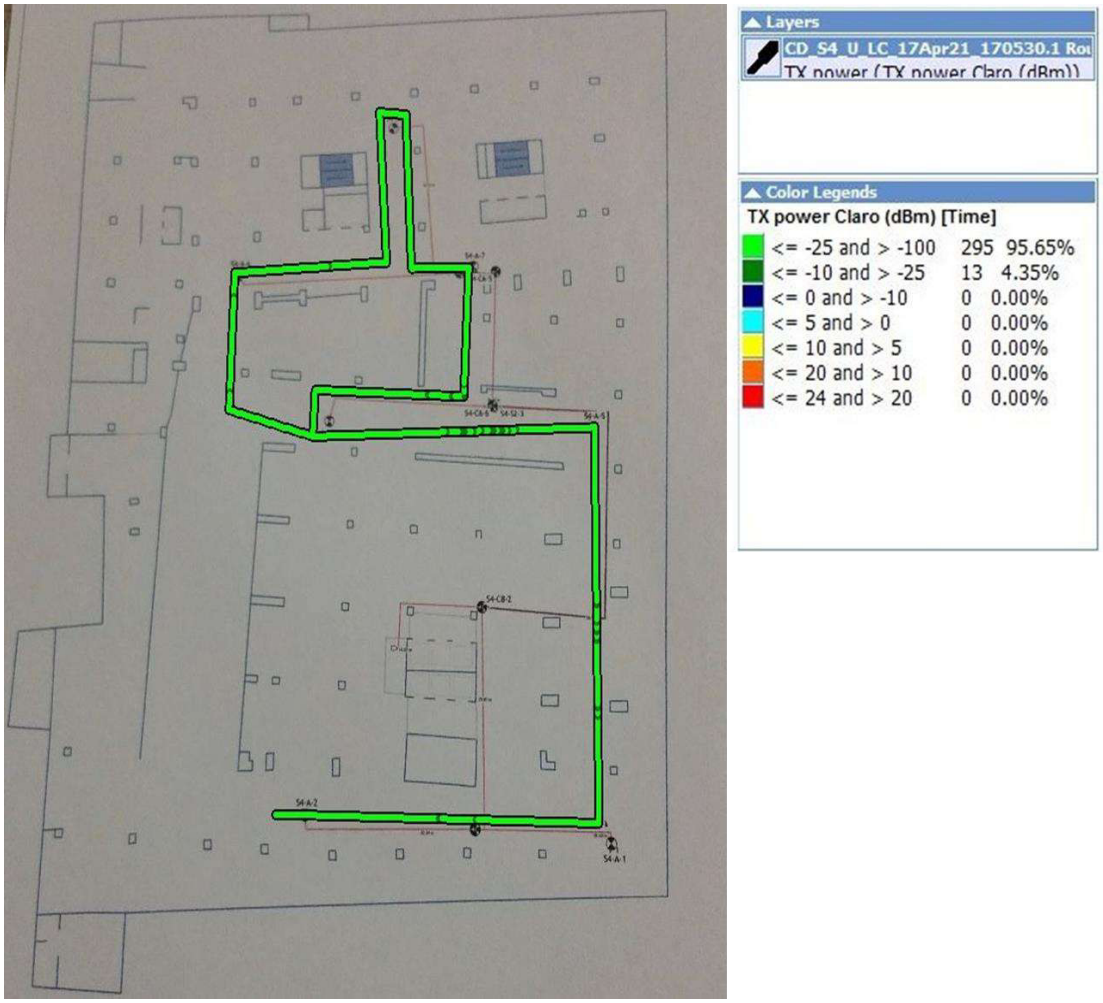



*Fig. 258:* Plot de Tx Power en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.89. *Sótano 4, CQI*

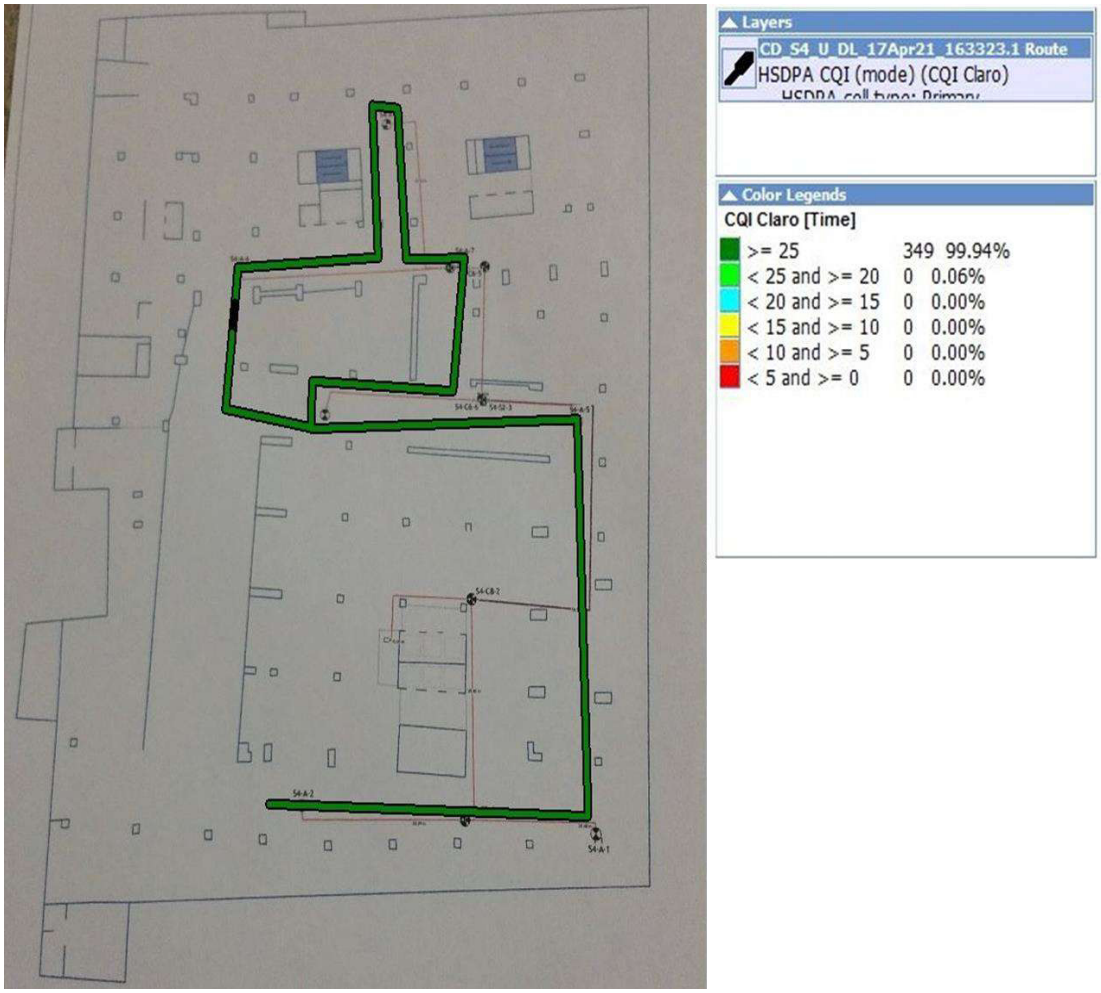



*Fig. 259:* Plot de CQI en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.90. *Sótano 4, Thrpughput DL*

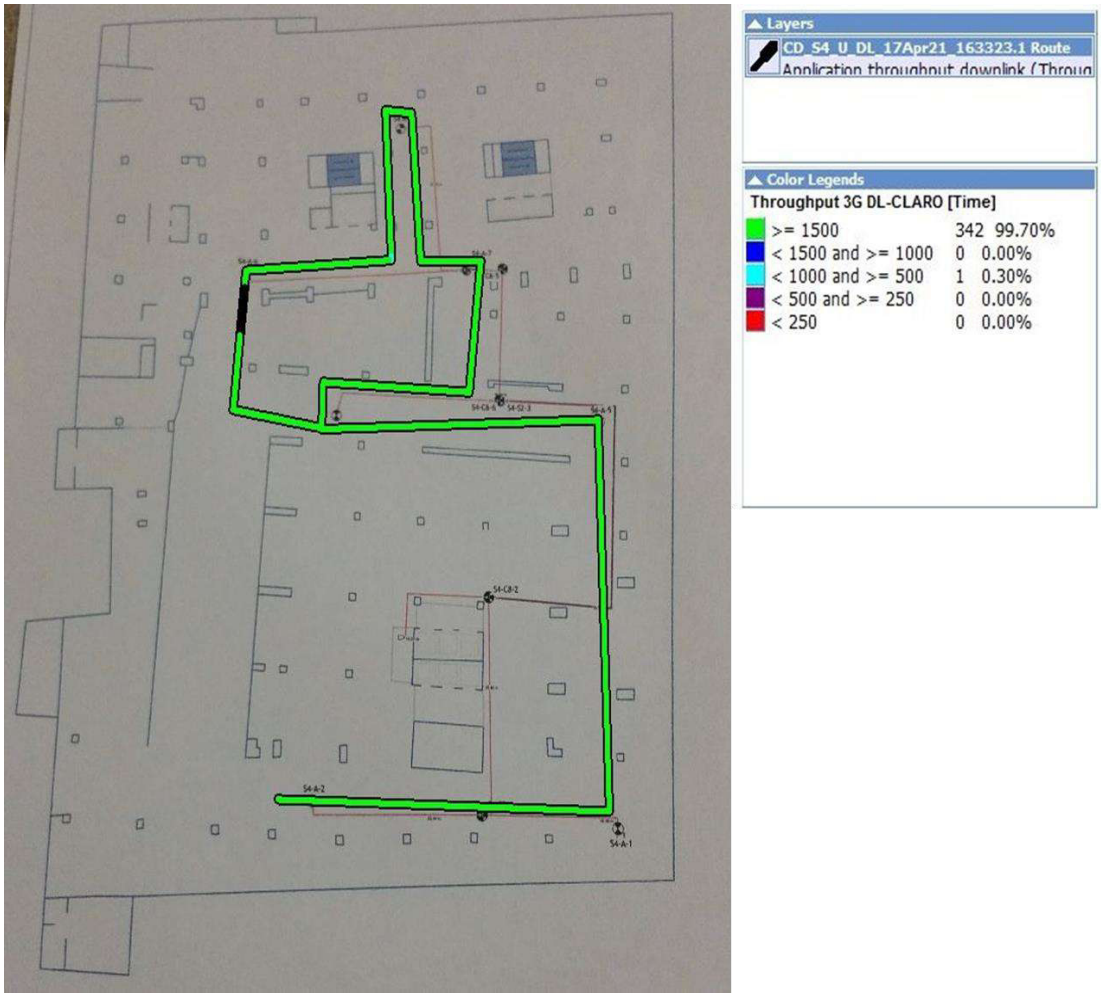



*Fig. 260:* Plot de Throughput DL en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.91. *Sótano 4, Throughput UL*

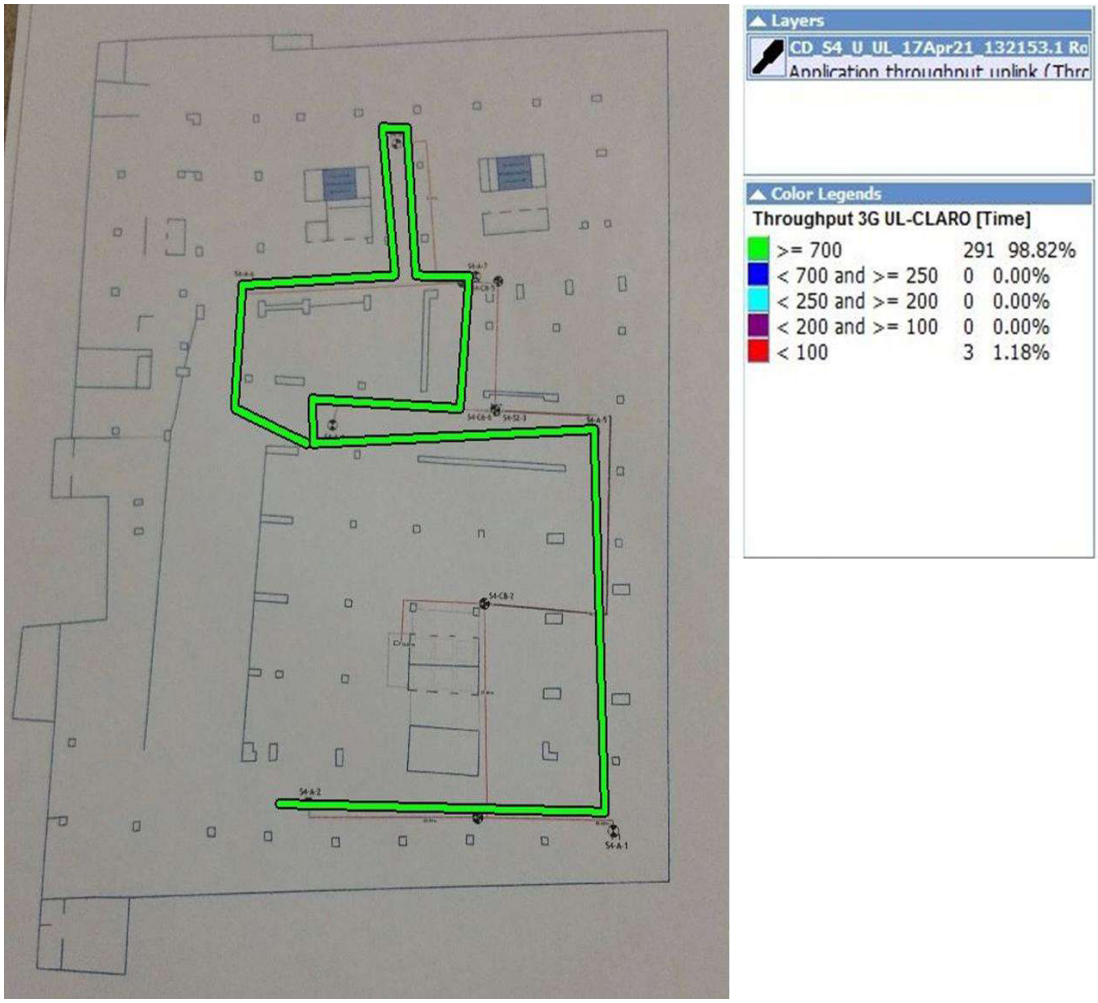



*Fig. 261:* Plot de Throughput UL en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.92. *Sótano 5, RSCP*

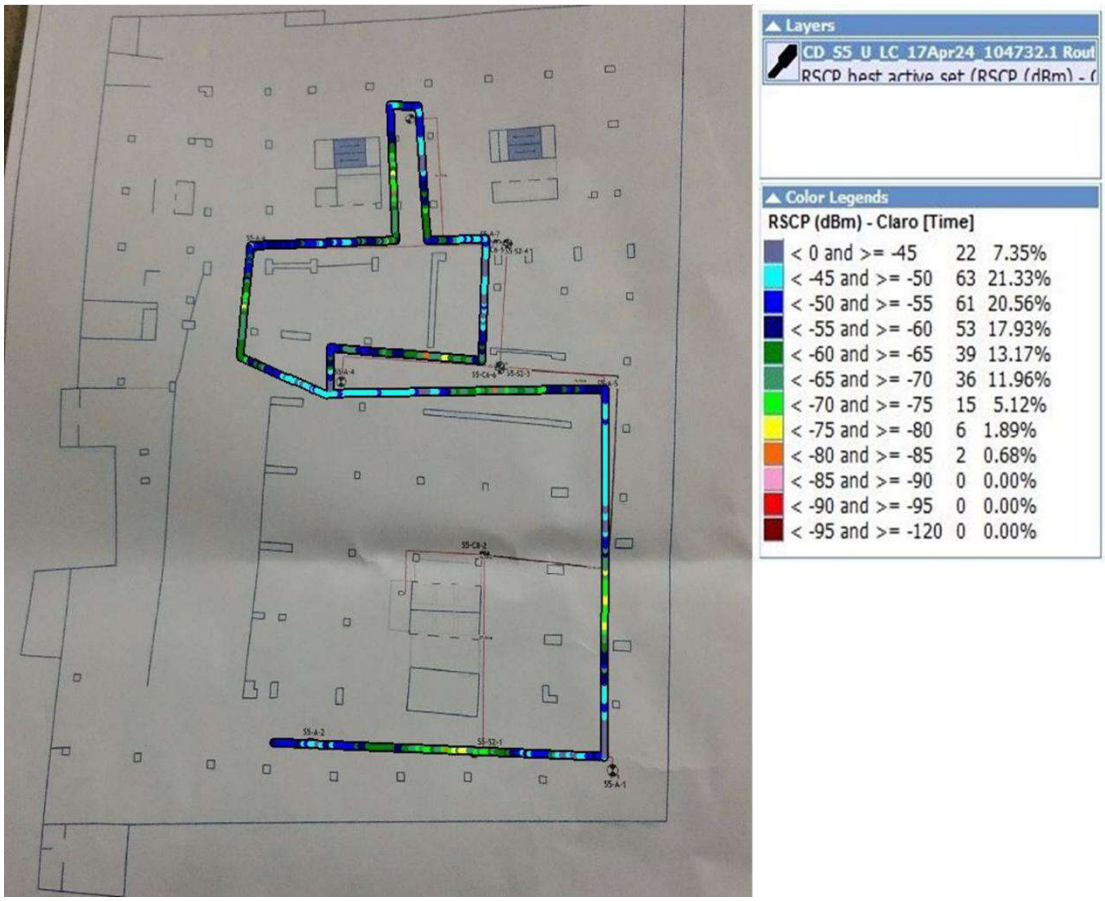



*Fig. 262:* Plot de RSCP en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.93. *Sótano 5, Ec/No*

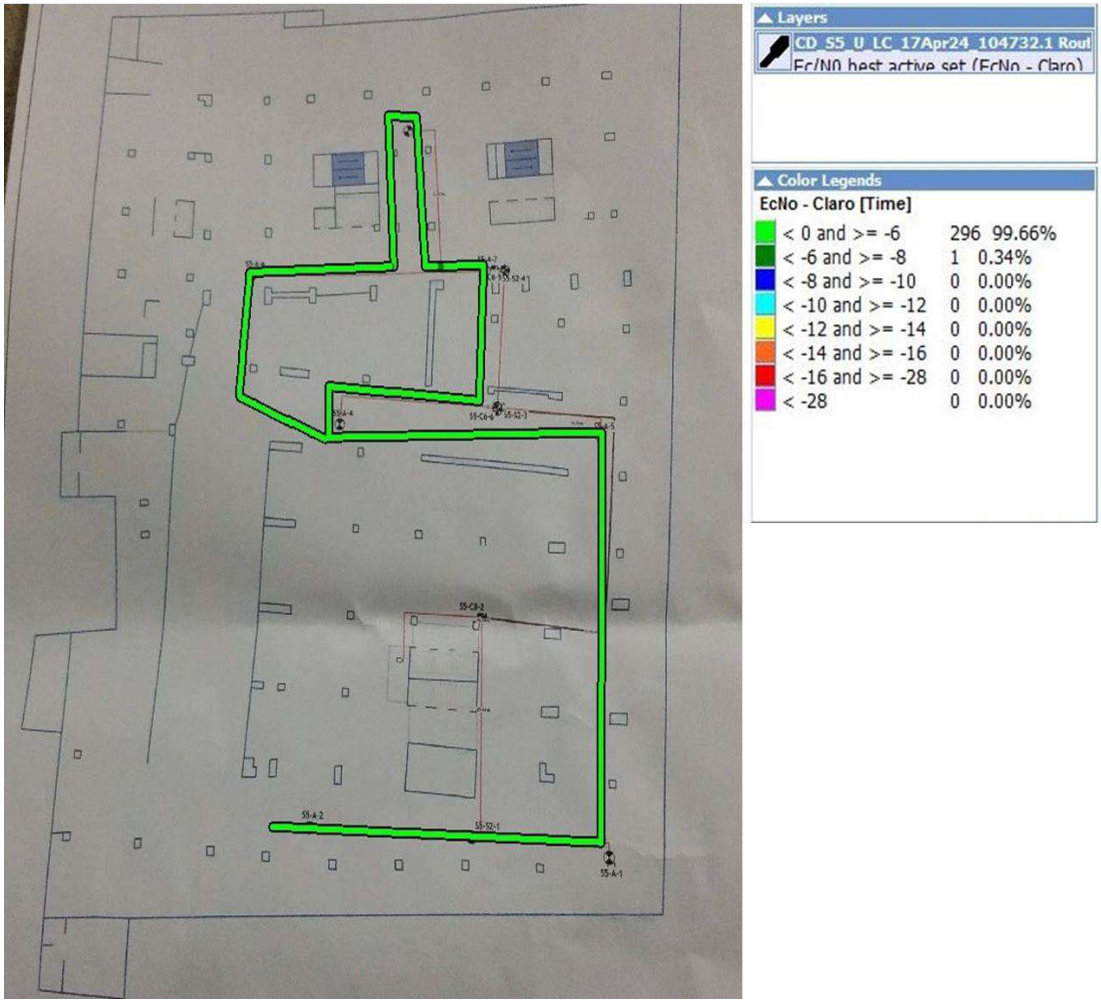



*Fig. 263:* Plot de Ec/No en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.94. *Sótano 5, Scrambling Code*

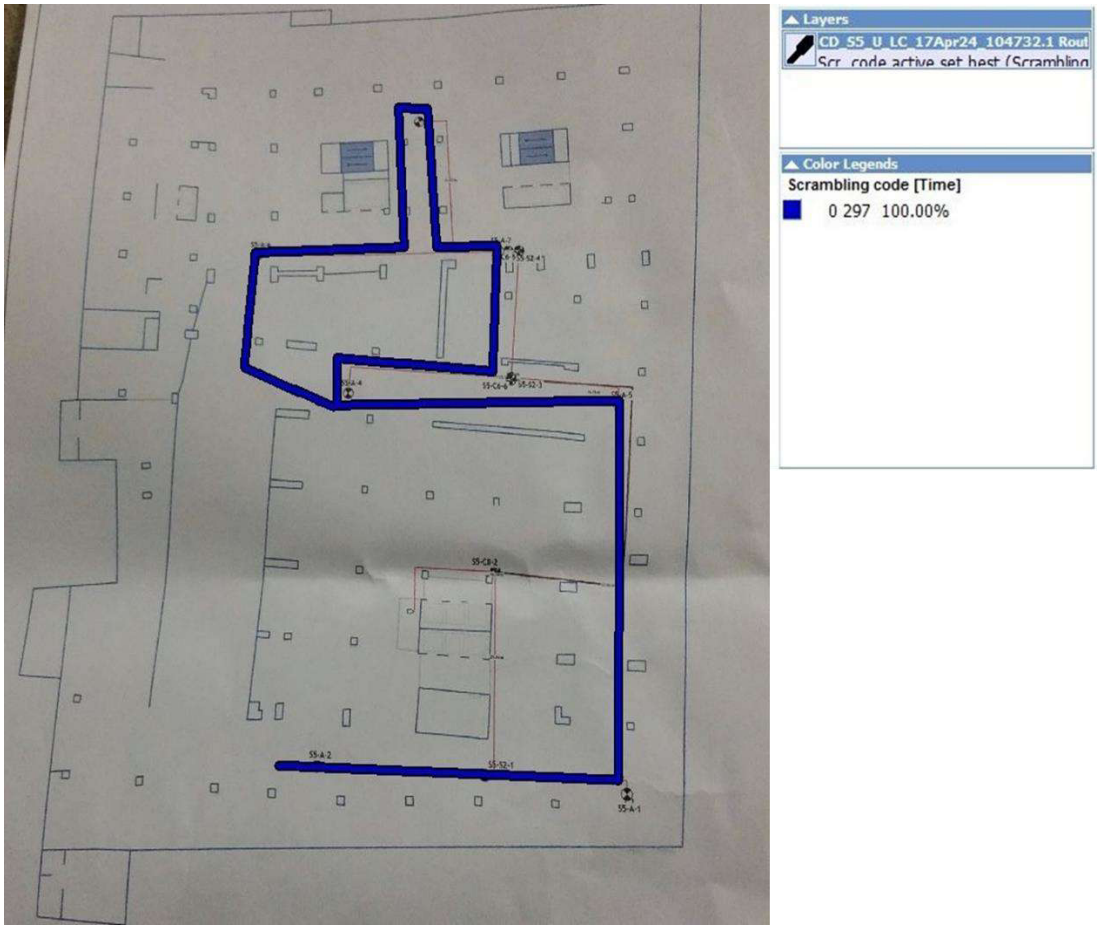



*Fig. 264:* Plot de Scrambling Code en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.95. *Sótano 5, Tx Power*

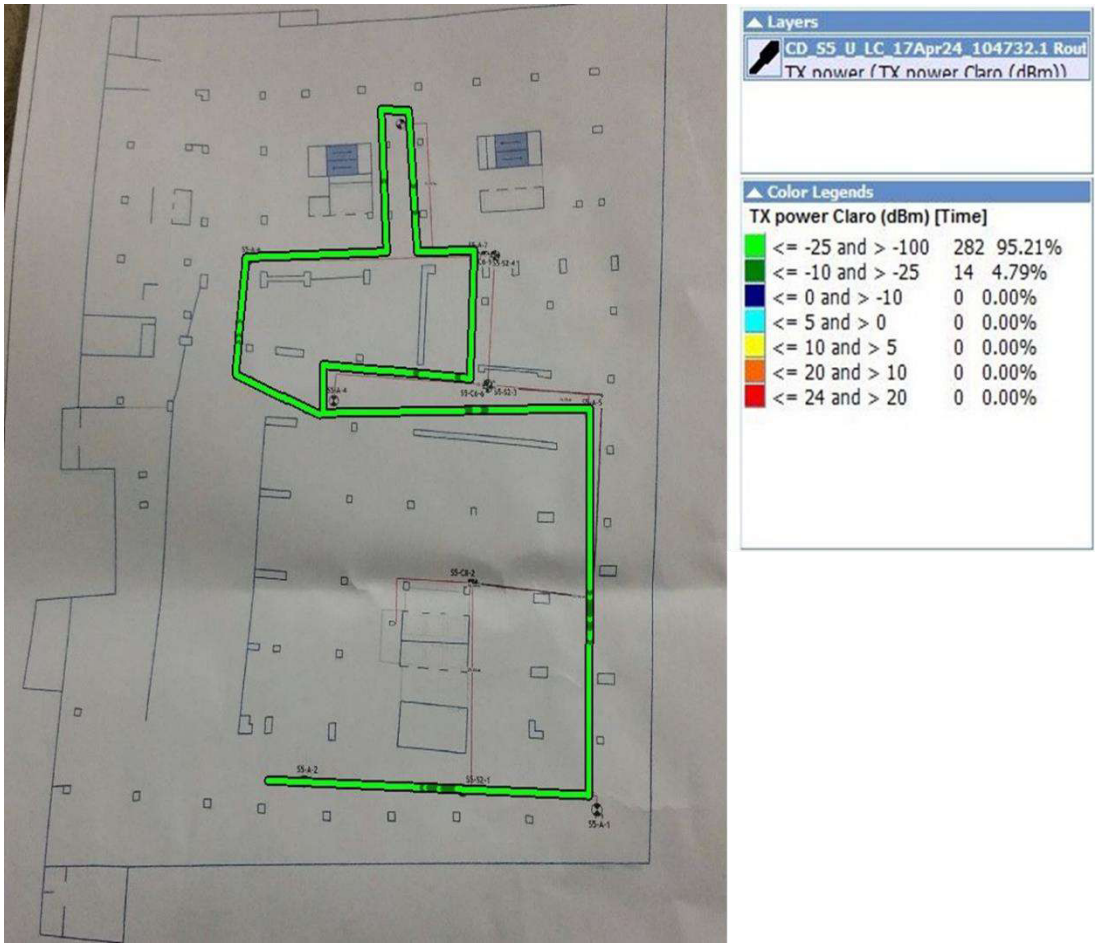



*Fig. 265:* Plot de Tx Power en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.96. *Sótano 5, CQI*

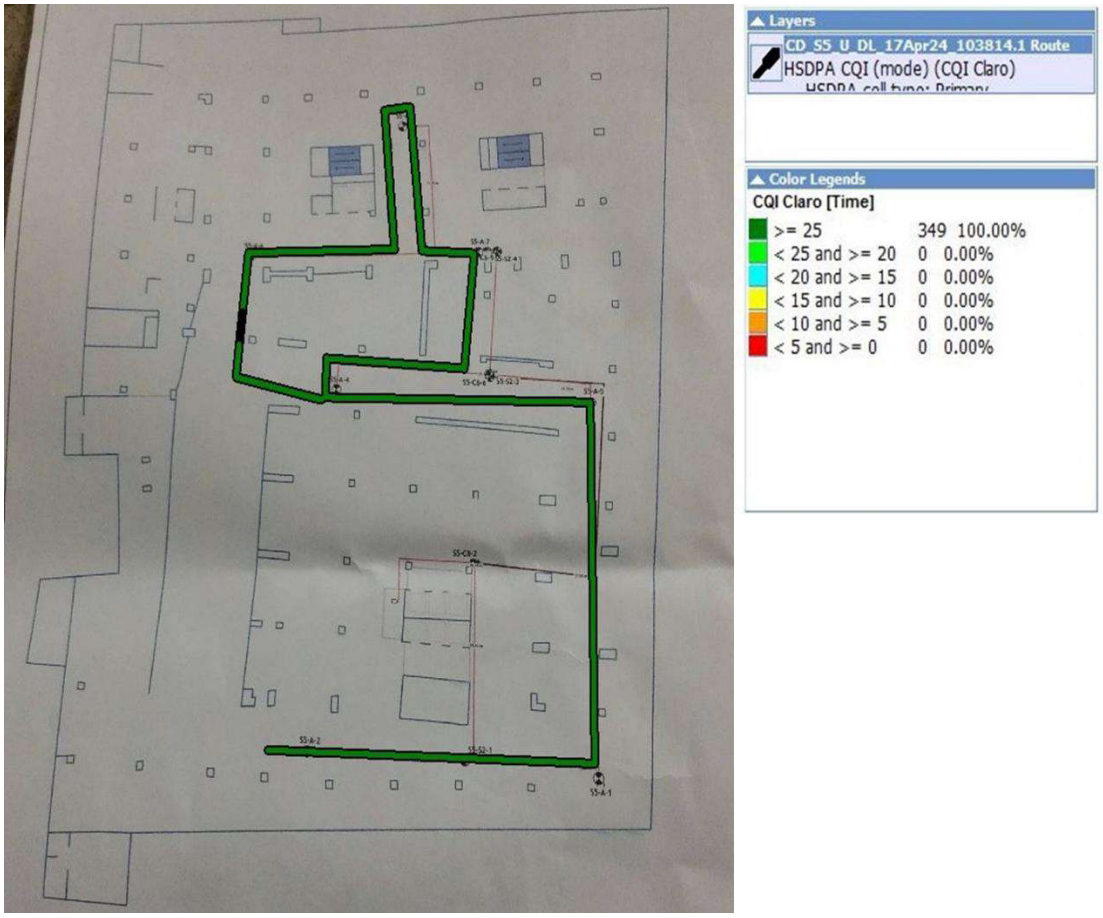



*Fig. 266:* Plot de CQI en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.97. *Sótano 5, Throughput DL*

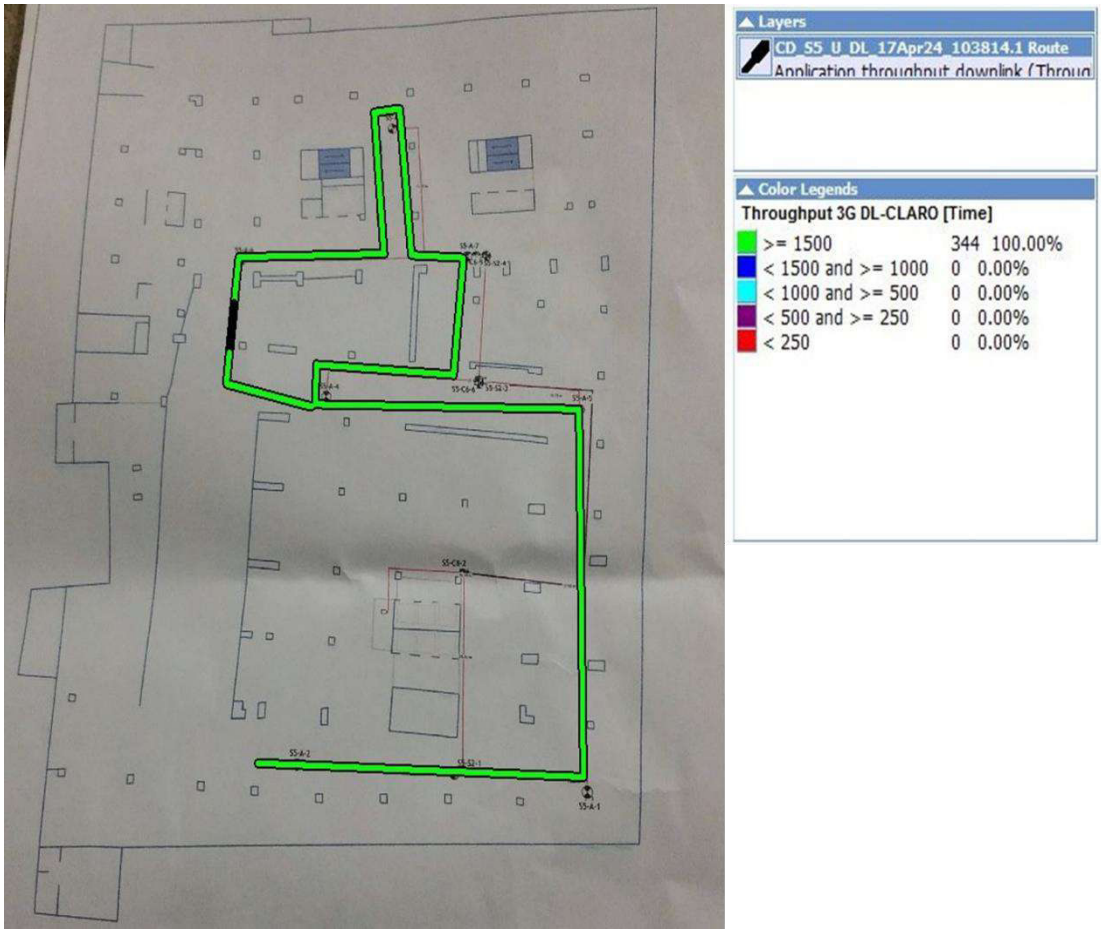



*Fig. 267:* Plot de Throughput DL en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.1.98. *Sótano 5, Throughput UL*

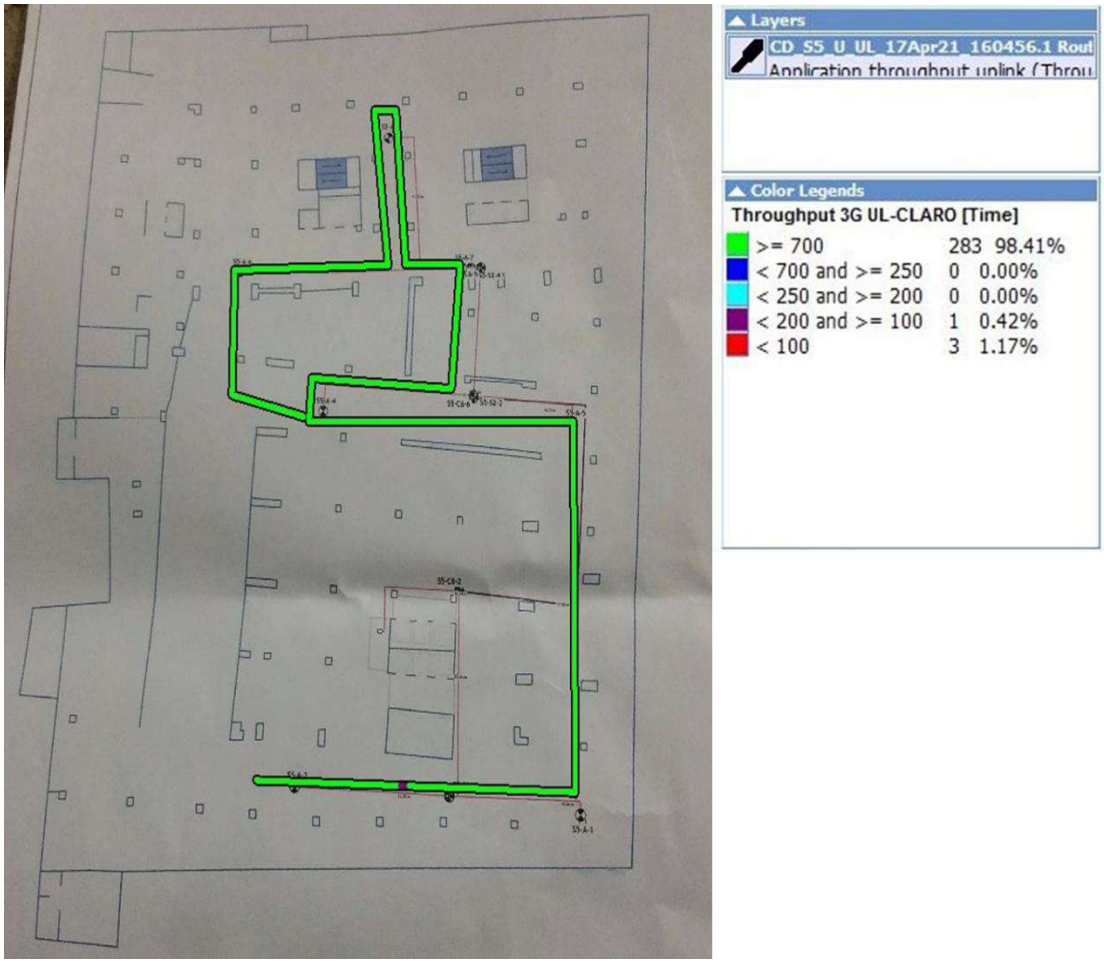



*Fig. 268:* Plot de Throughput UL en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2. Mediciones 4G

#### 7.8.2.1. *Piso 10, RSRP*

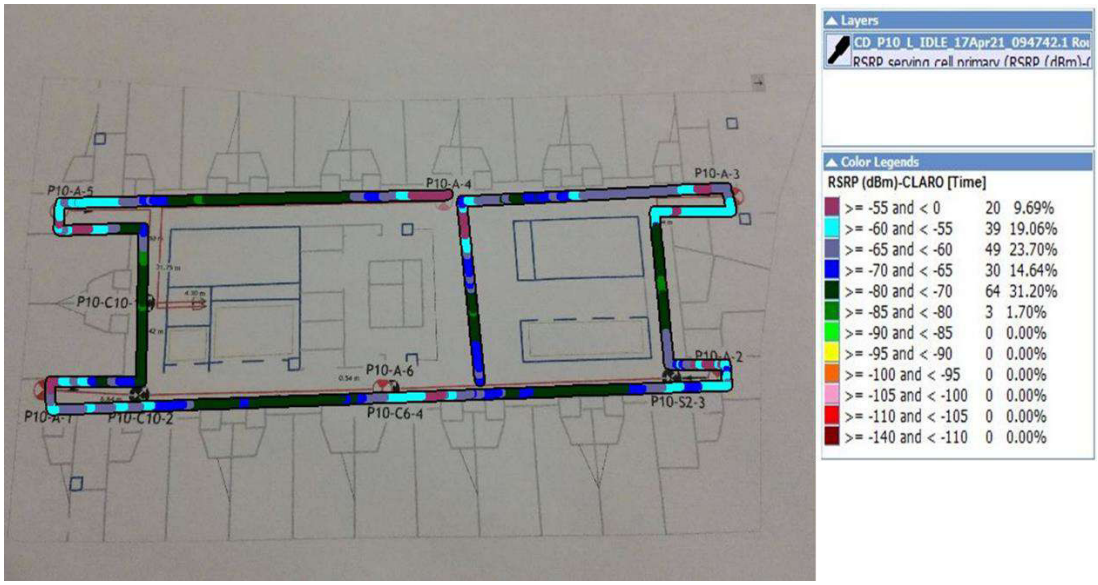



*Fig. 269:* Plot de RSRP en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

#### 7.8.2.2. *Piso 10, SNIR*

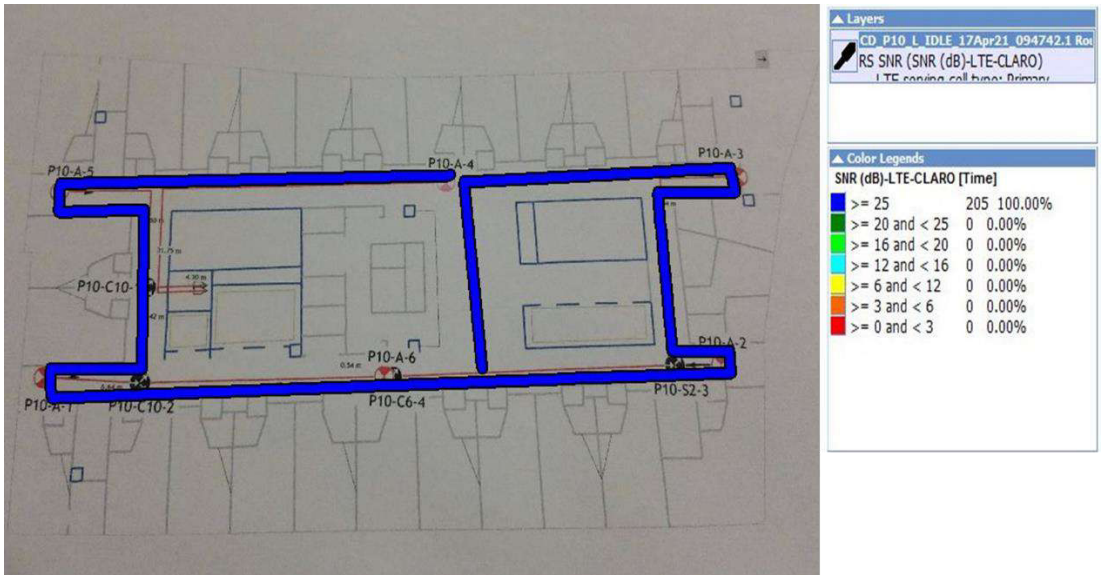



*Fig. 270:* Plot de SNIR en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.3. *Piso 10, PCI*

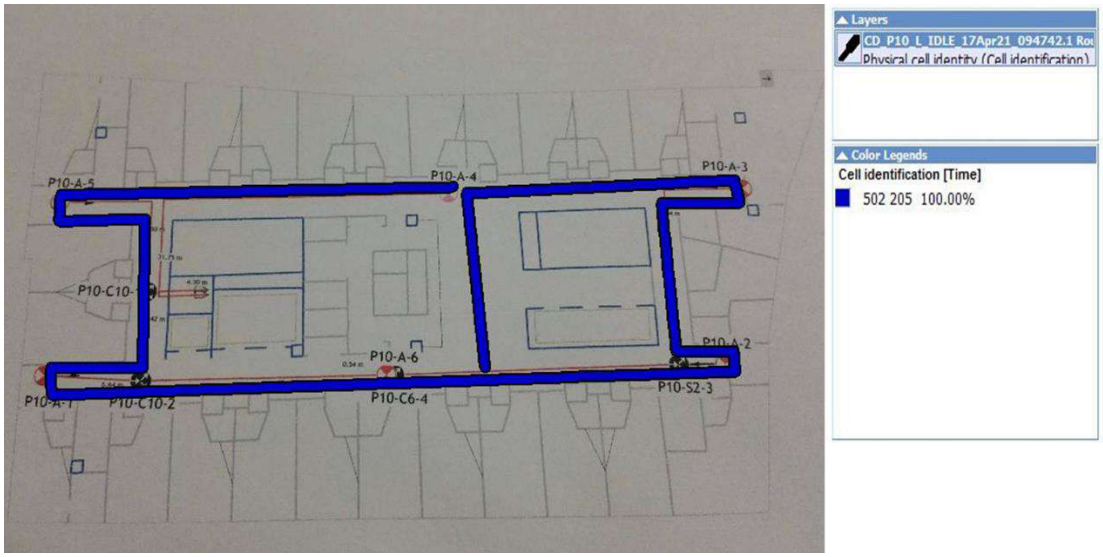



*Fig. 271:* Plot de PCI en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.4. *Piso 10, Throughput DL*

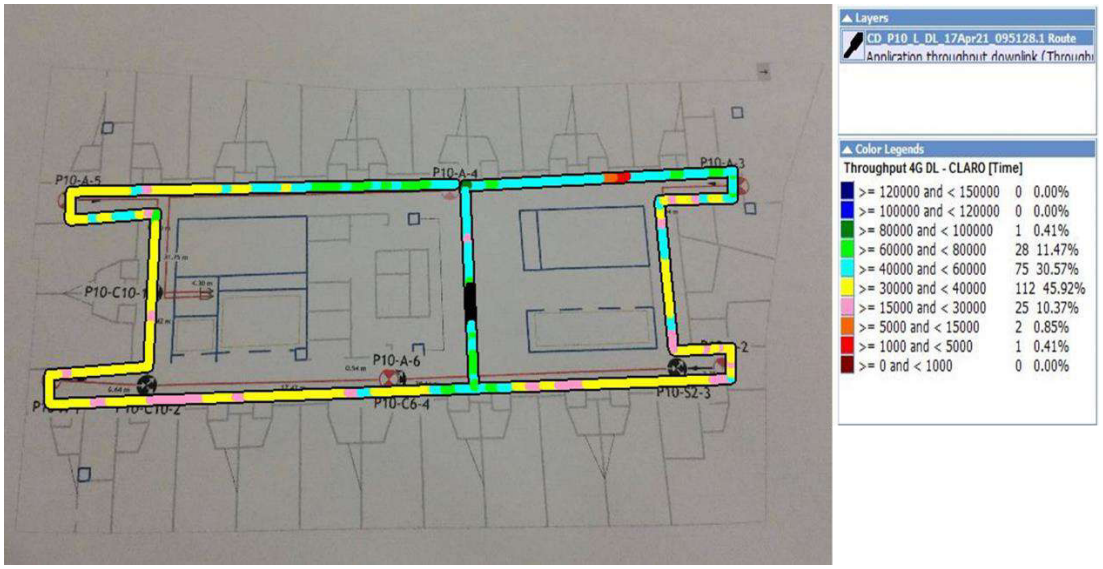



*Fig. 272:* Plot de Throughput DL en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.5. *Piso 10, Throughput UL*

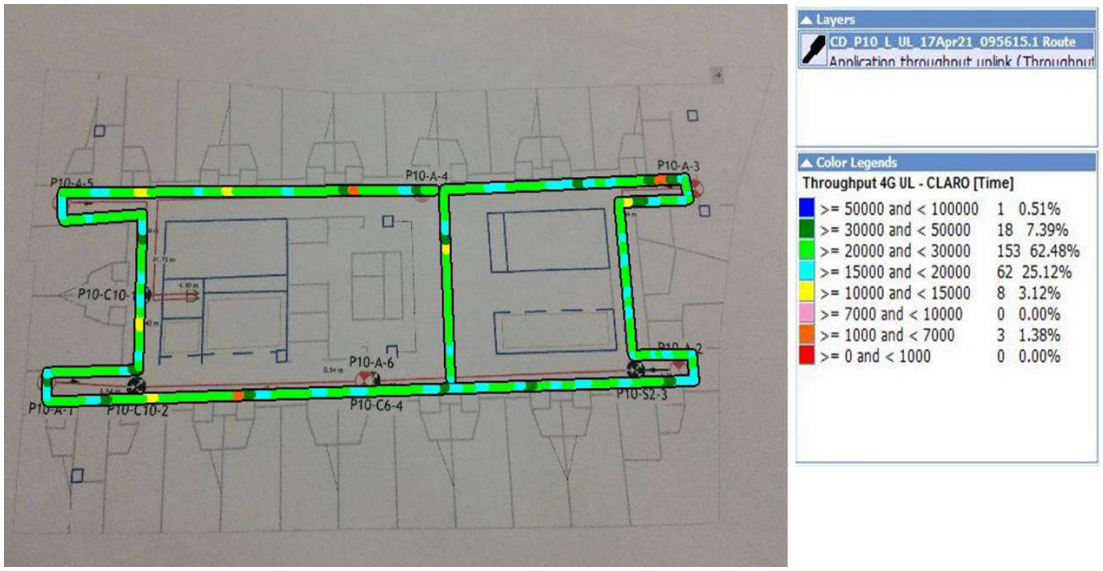



*Fig. 273:* Plot de Throughput UL en el Piso 10. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.6. *Piso 9, RSRP*

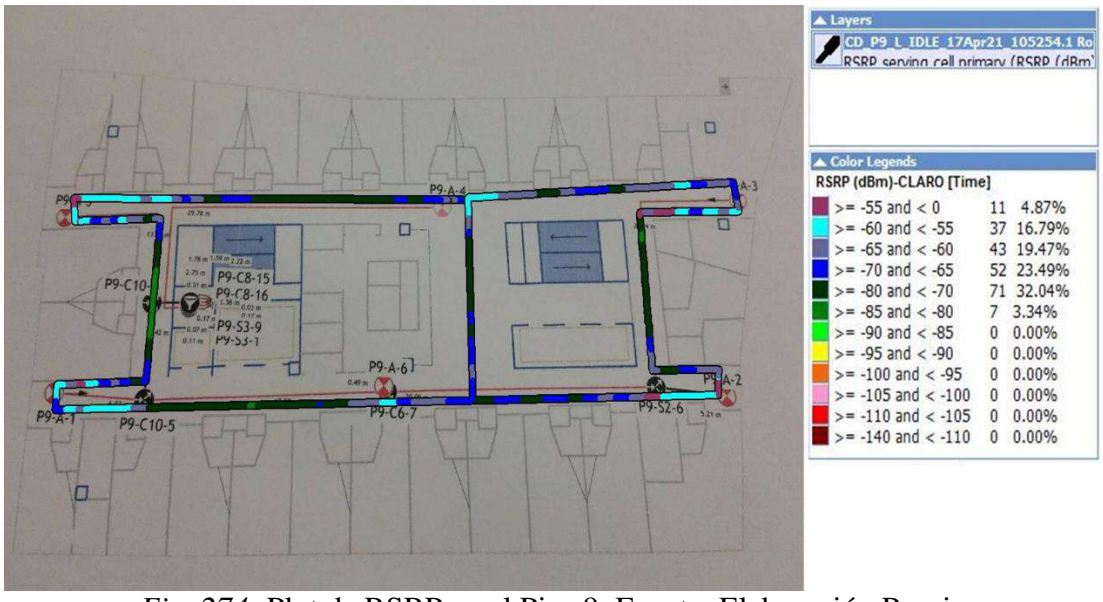



*Fig. 274:* Plot de RSRP en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.7. *Piso 9, SNIR*

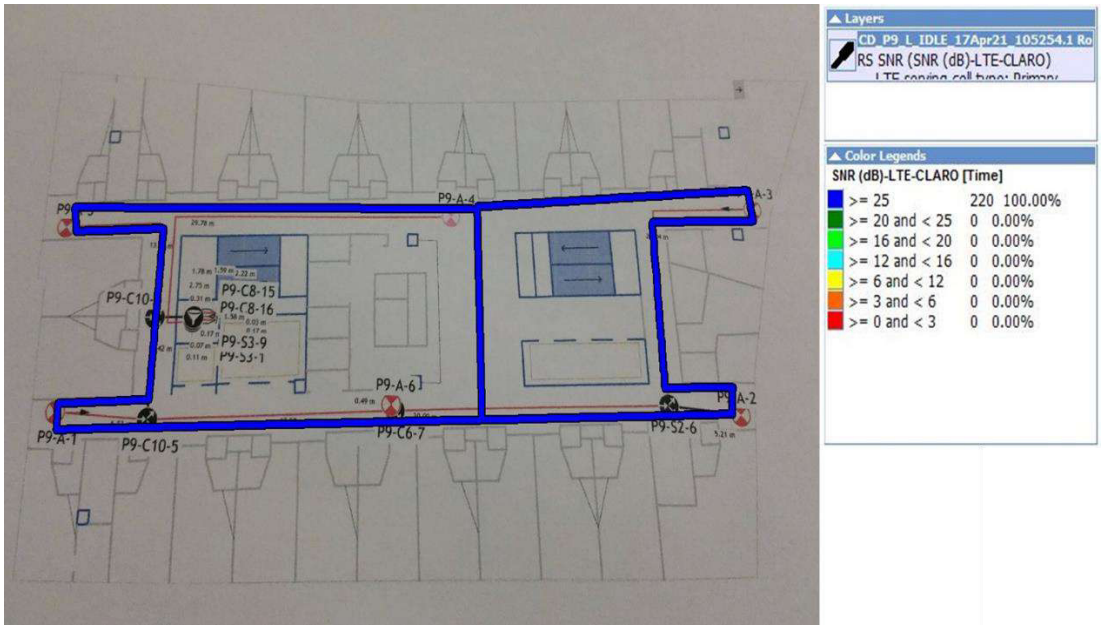



*Fig. 275:* Plot de SNIR en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.8. *Piso 9, PCI*

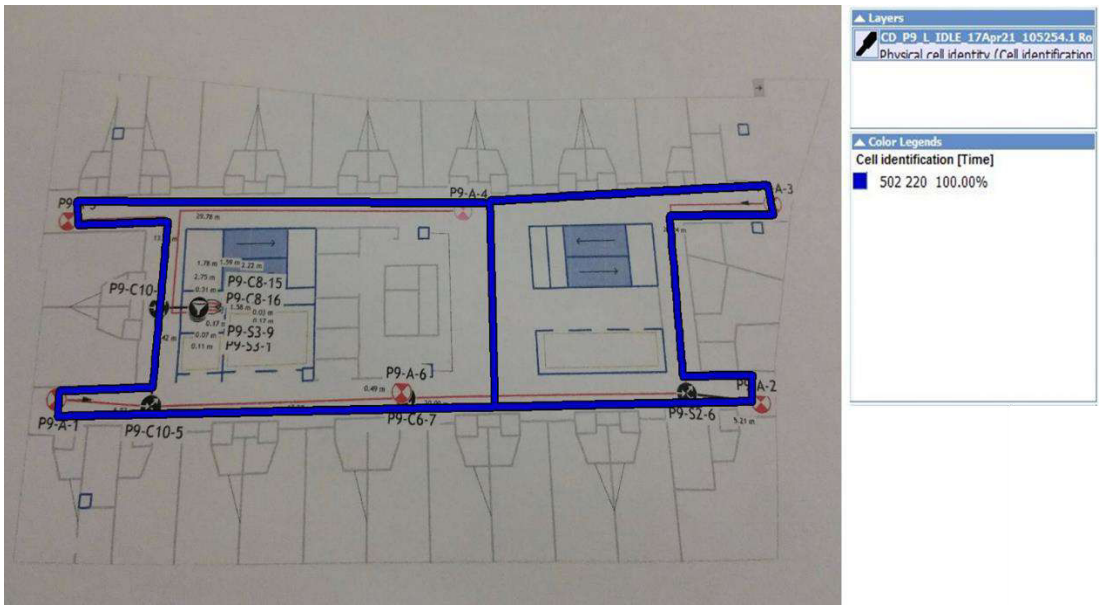



*Fig. 276:* Plot de PCI en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.9. *Piso 9, Throughput DL*

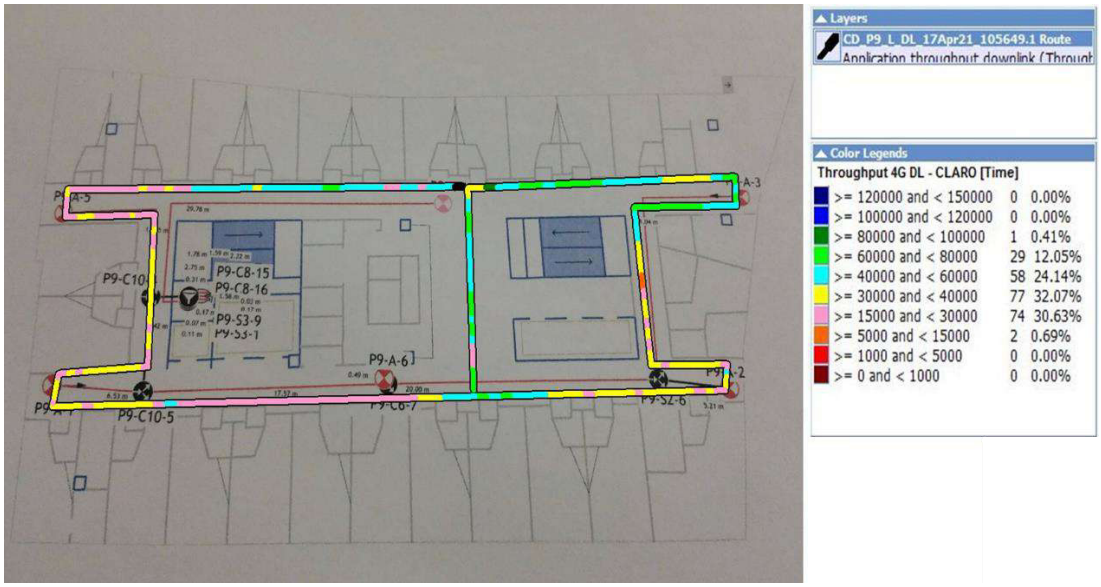



*Fig. 277:* Plot de Throughput DL en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.10. *Piso 9, Throughput UL*

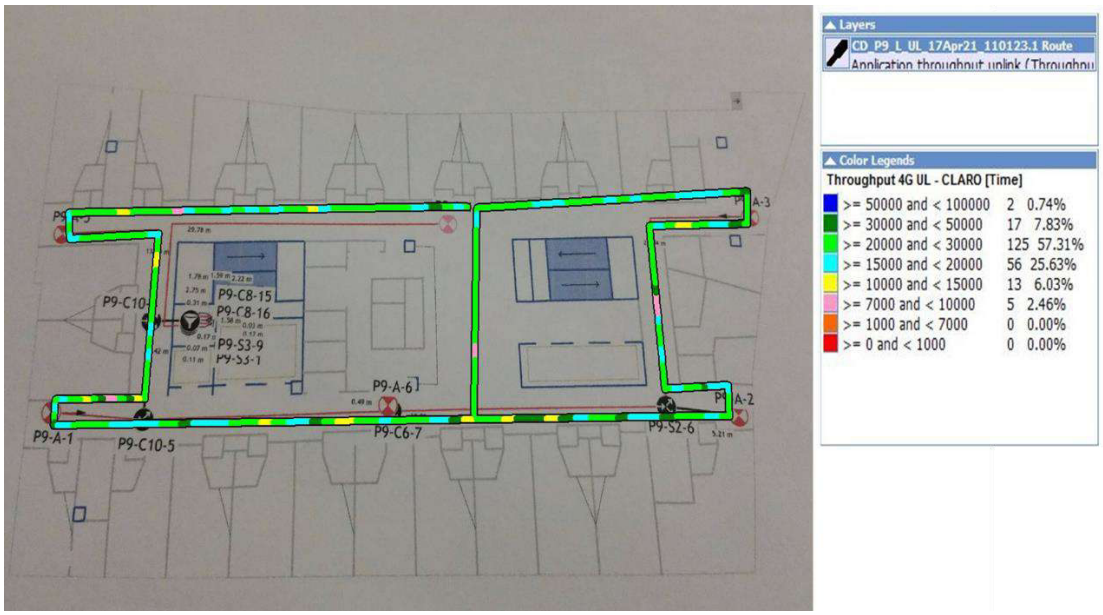



*Fig. 278:* Plot de Throughput UL en el Piso 9. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.11. *Piso 8, RSRP*

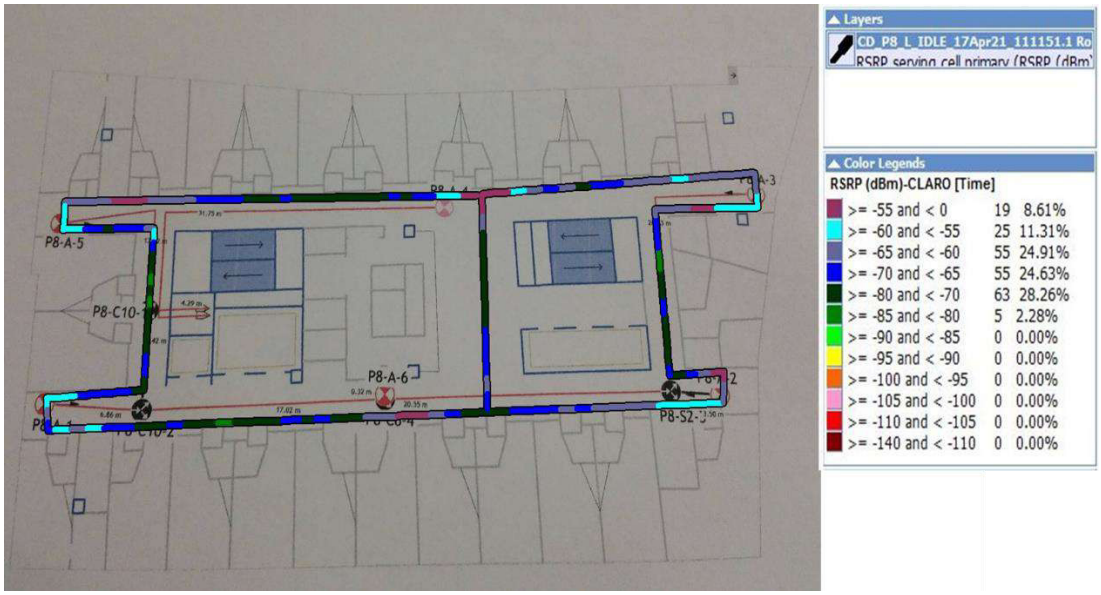



*Fig. 279:* Plot de RSRP en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.12. *Piso 8, SNIR*

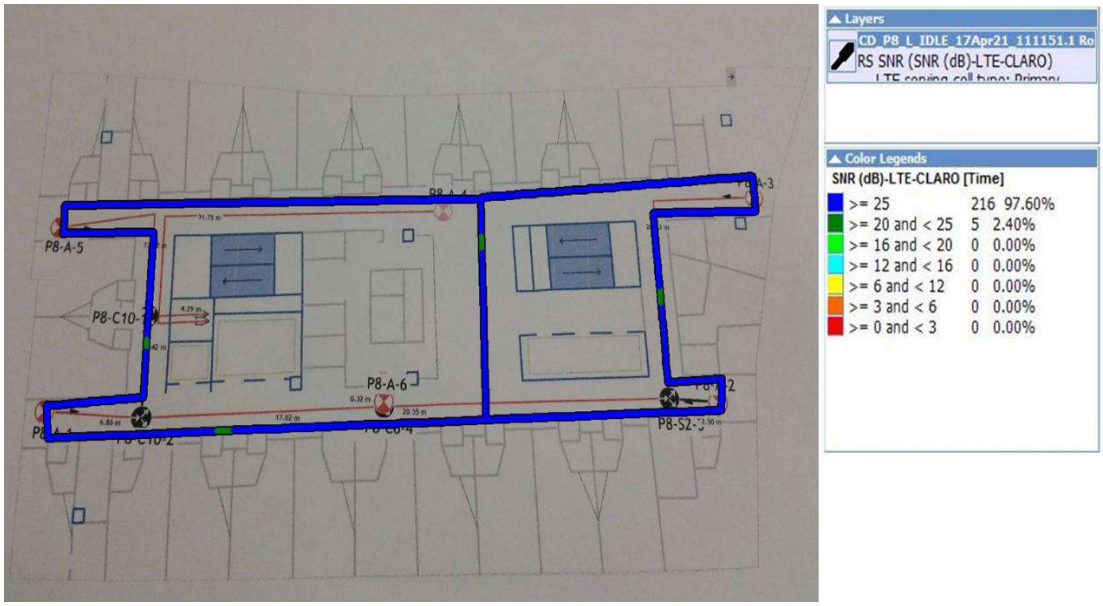



*Fig. 280:* Plot de SNIR en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.13. *Piso 8, PCI*

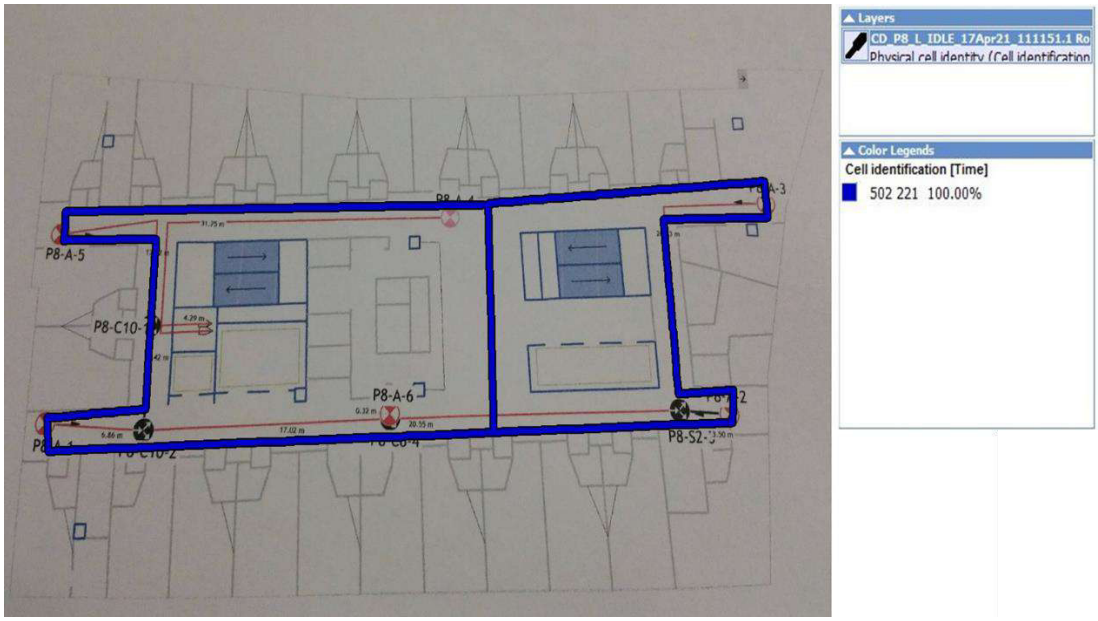



*Fig. 281:* Plot de PCI en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.14. *Piso 8, Throughput DL*

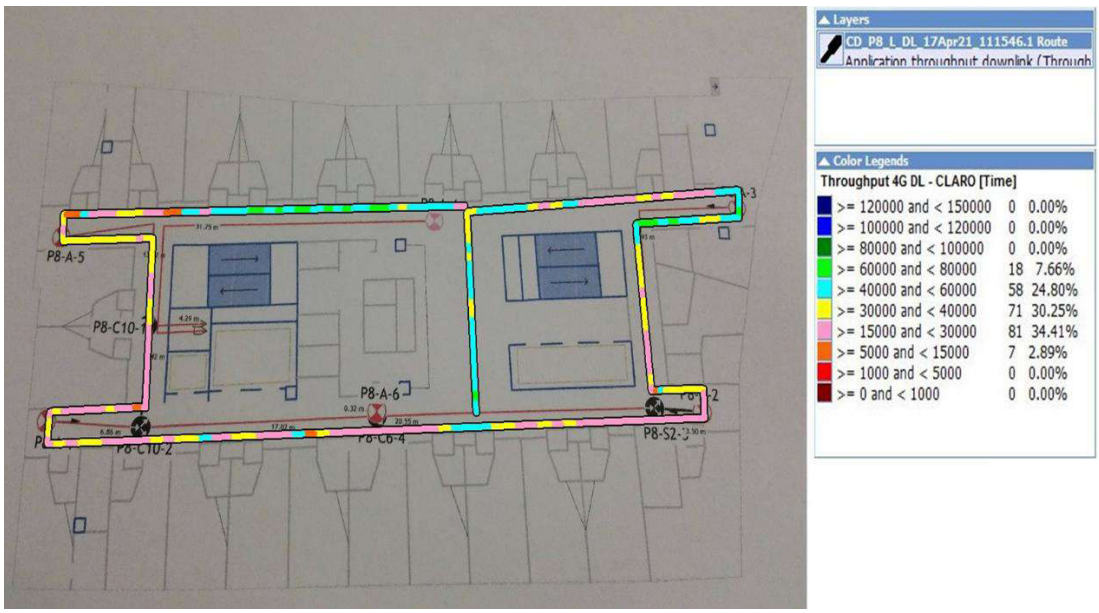



*Fig. 282:* Plot de Throughput DL en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.15. *Piso 8, Throughput UL*

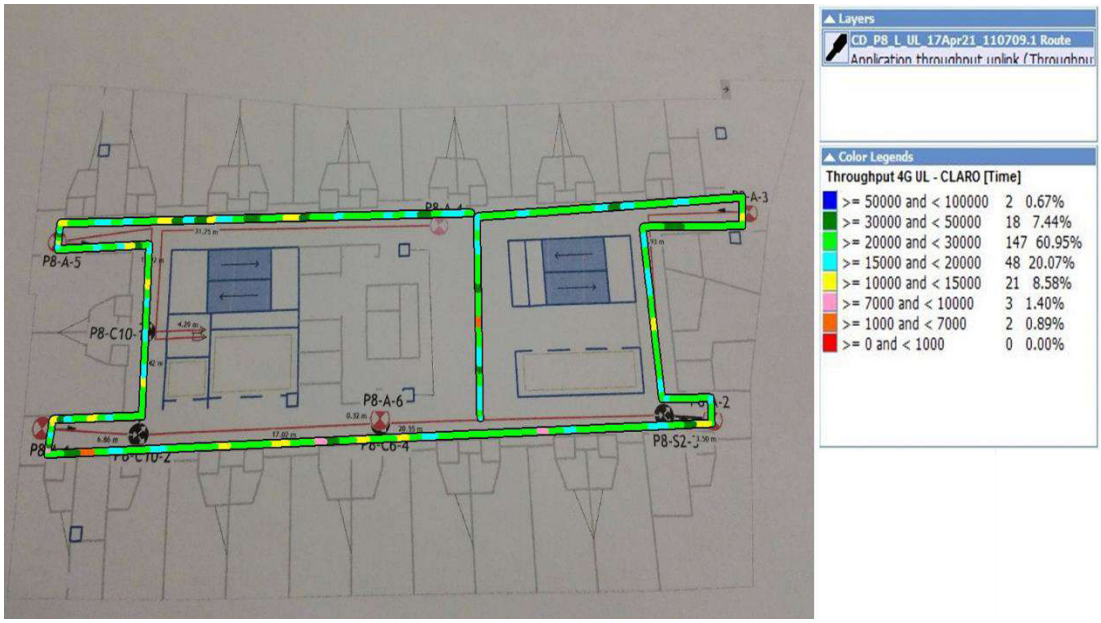



*Fig. 283:* Plot de Throughput UL en el Piso 8. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.16. *Piso 7, RSRP*

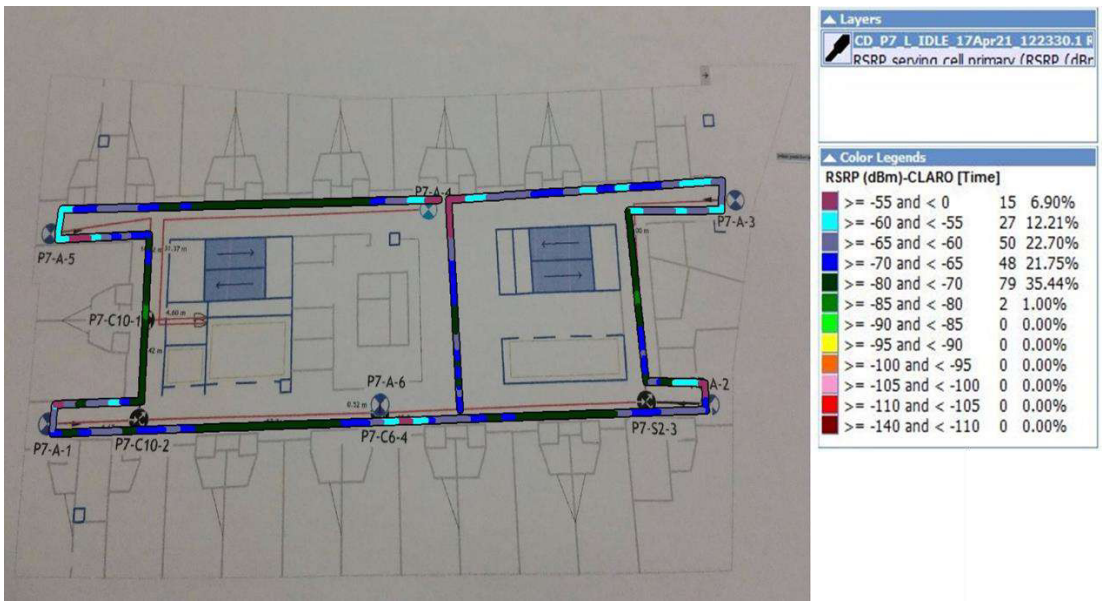



*Fig. 284:* Plot de RSRP en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.17. *Piso 7, SNIR*

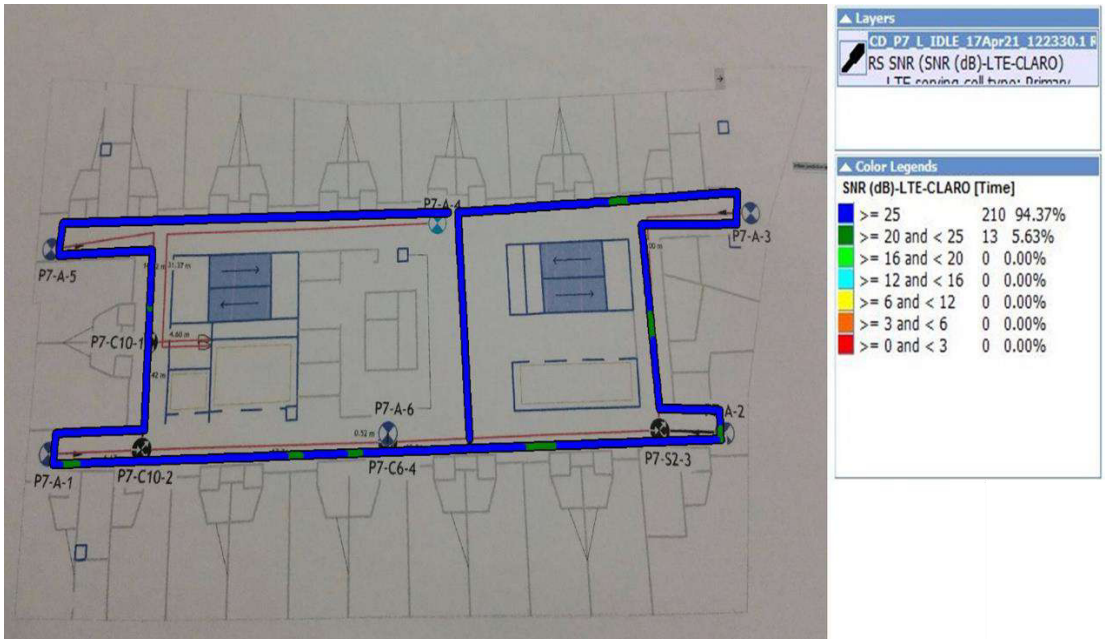



*Fig. 285:* Plot de SNIR en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.18. *Piso 7, PCI*

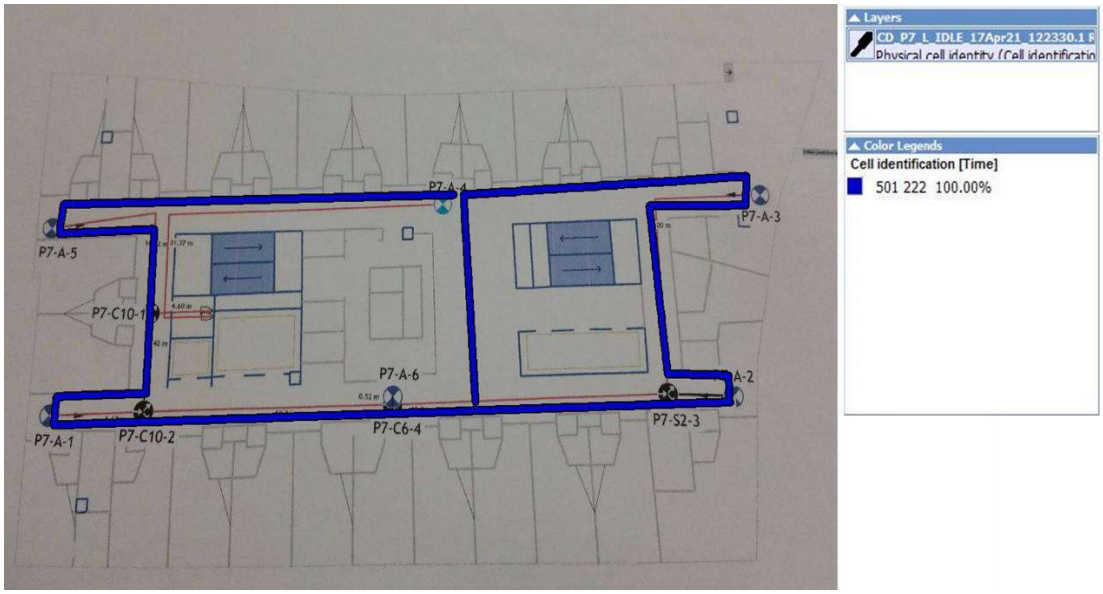



*Fig. 286:* Plot de PCI en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.19. *Piso 7, Throughput DL*

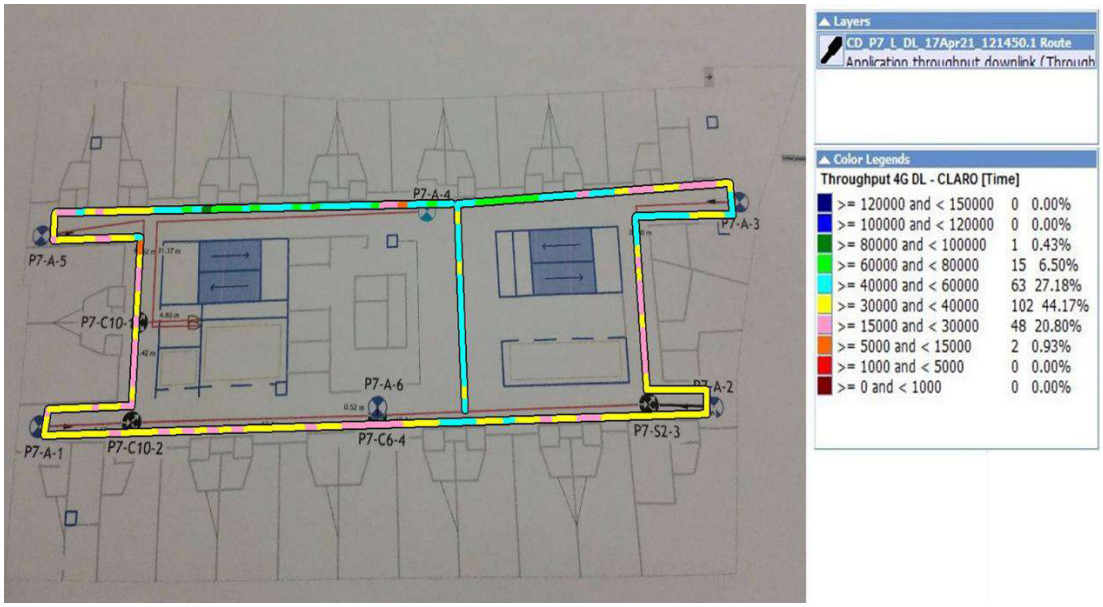



*Fig. 287:* Plot de Throughput DL en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.20. *Piso 7, Throughput UL*

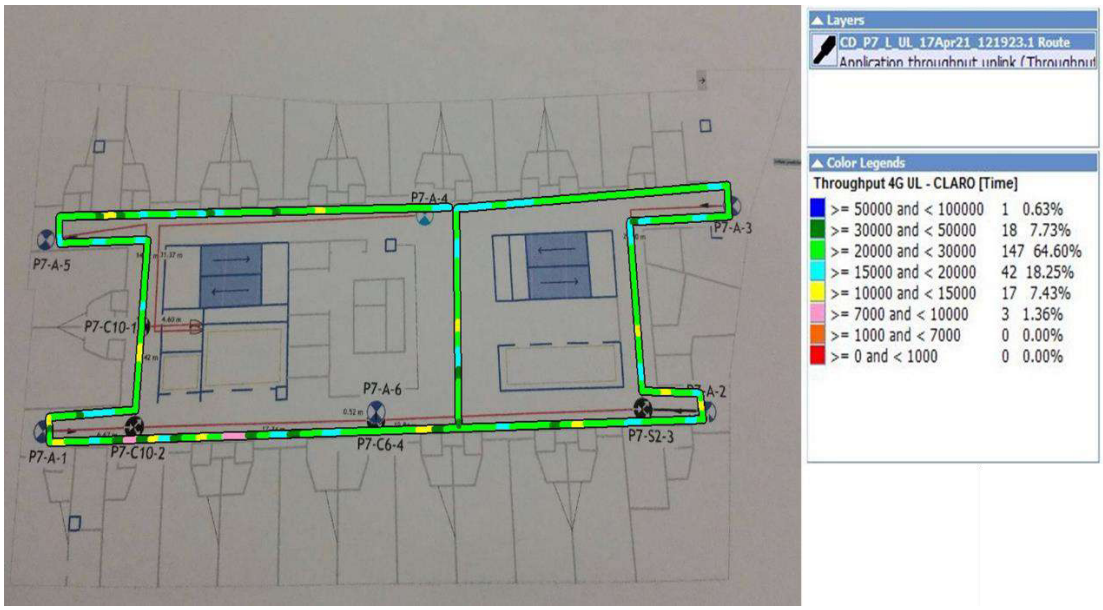



*Fig. 288:* Plot de Throughput UL en el Piso 7. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.21. *Piso 6, RSRP*

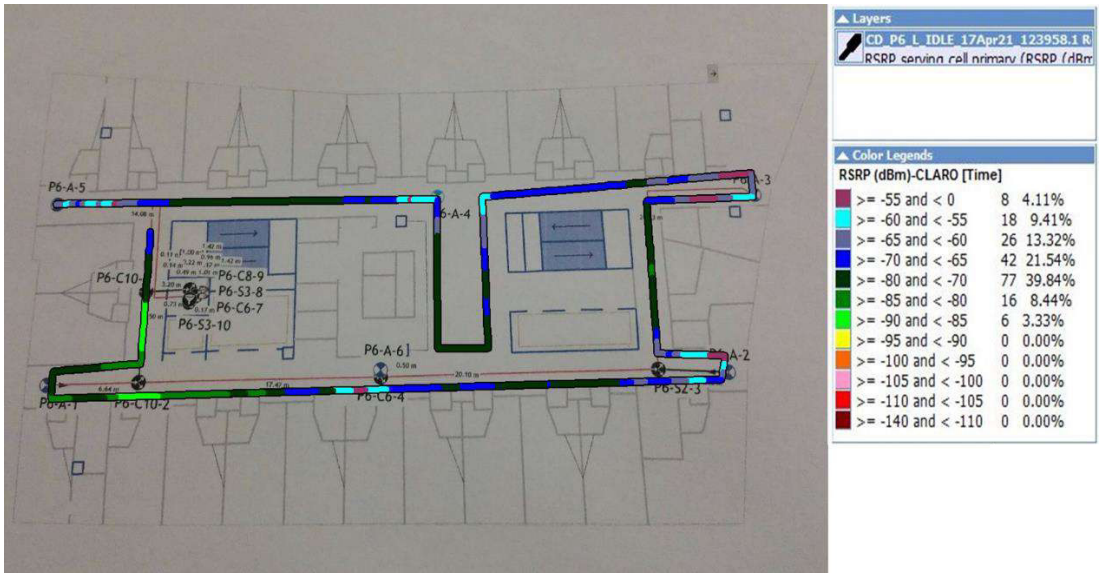



*Fig. 289:* Plot de RSRP en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.22. *Piso 6, SNIR*

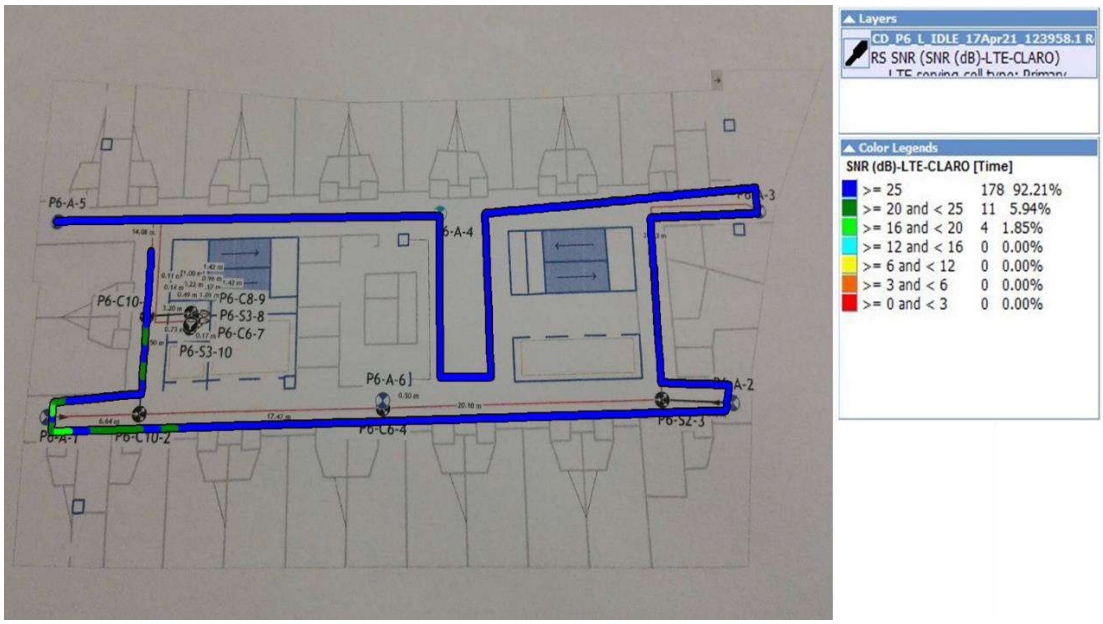



*Fig. 290:* Plot de SNIR en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.23. *Piso 6, PCI*

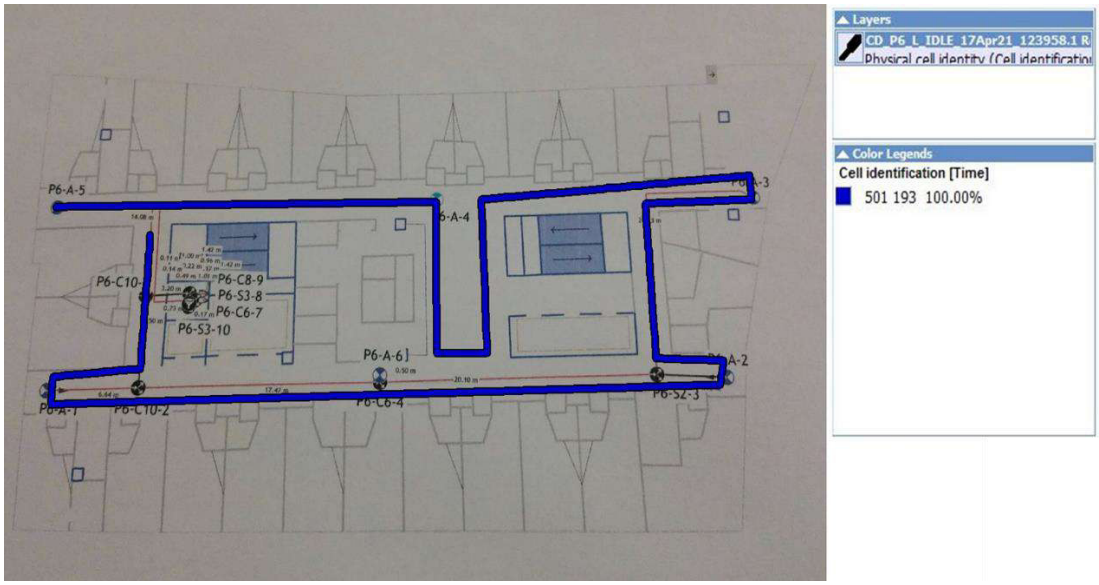



*Fig. 291:* Plot de PCI en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.24. *Piso 6, Throughput DL*

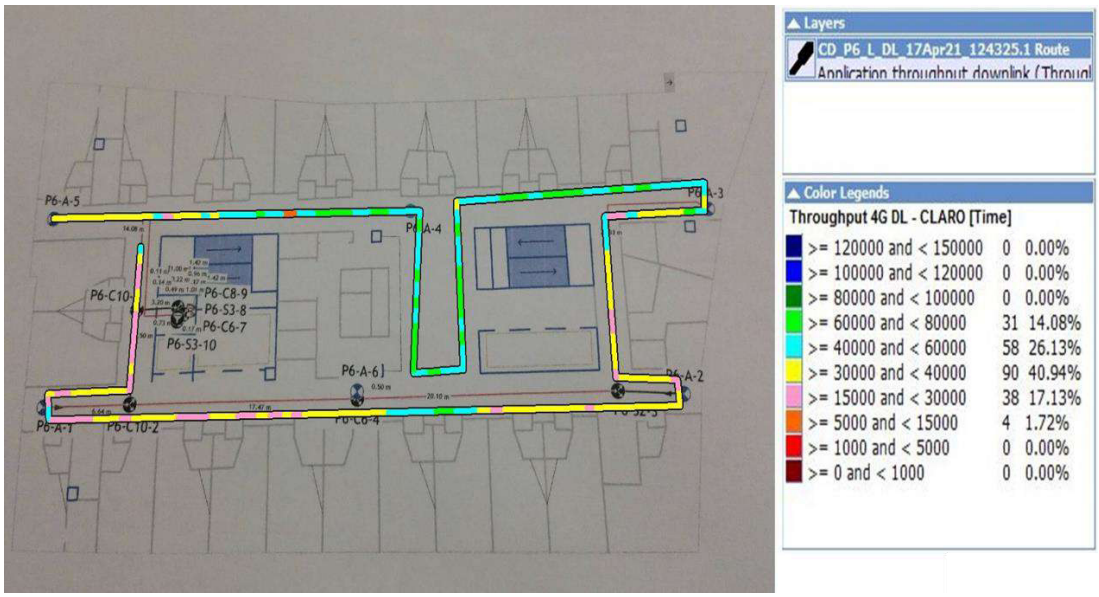



*Fig. 292:* Plot de Throughput DL en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.25. *Piso 6, Throughput UL*

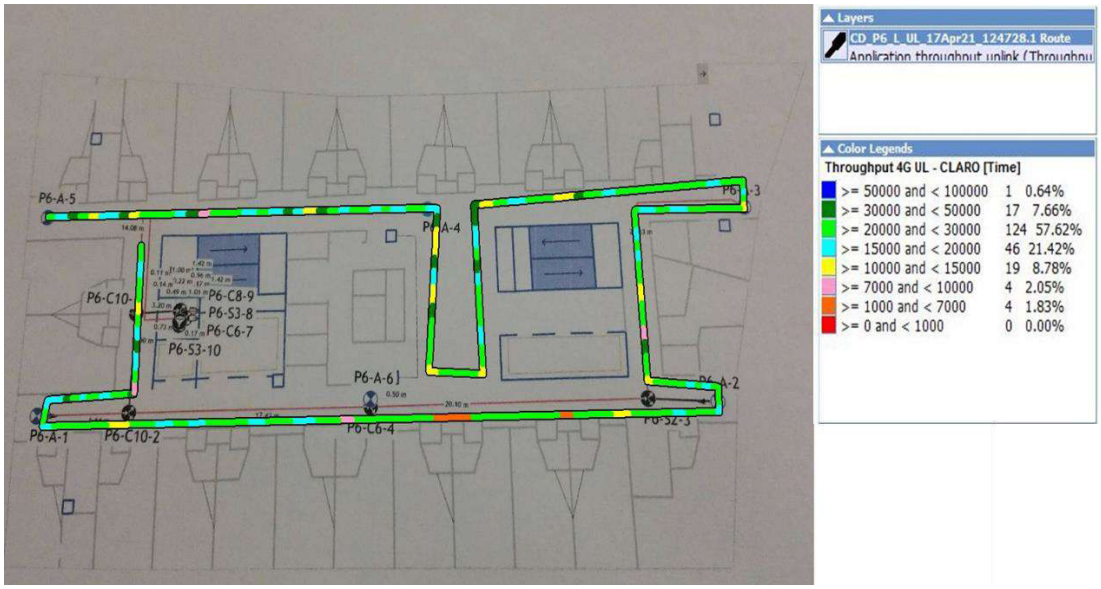



*Fig. 293:* Plot de Throughput UL en el Piso 6. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.26. *Piso 5, RSRP*

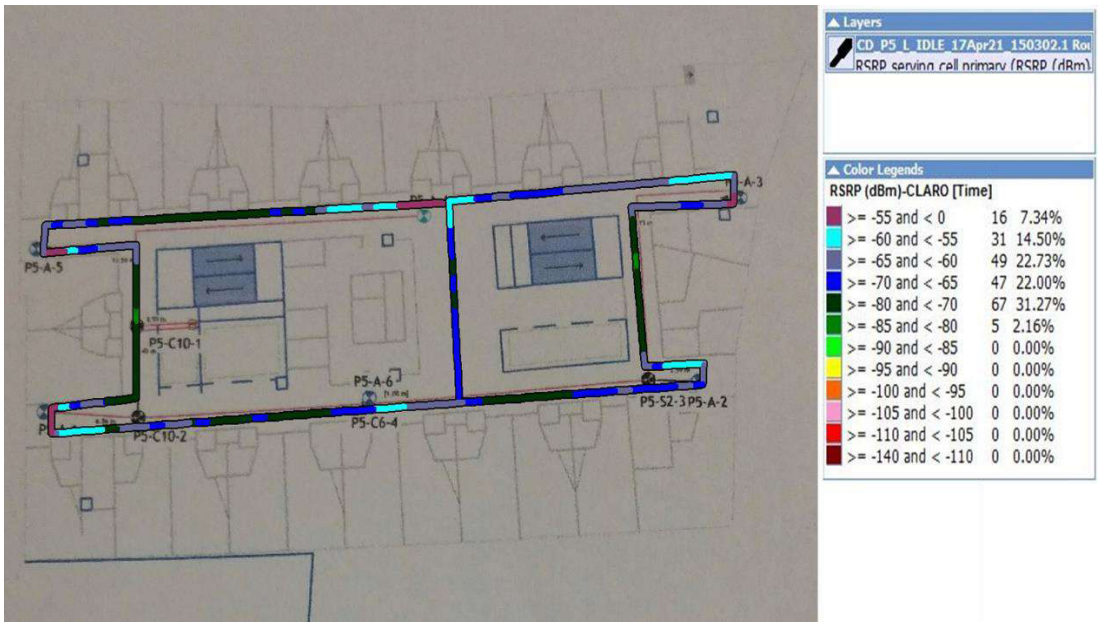



*Fig. 294:* Plot de RSRP en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.27. *Piso 5, SNIR*

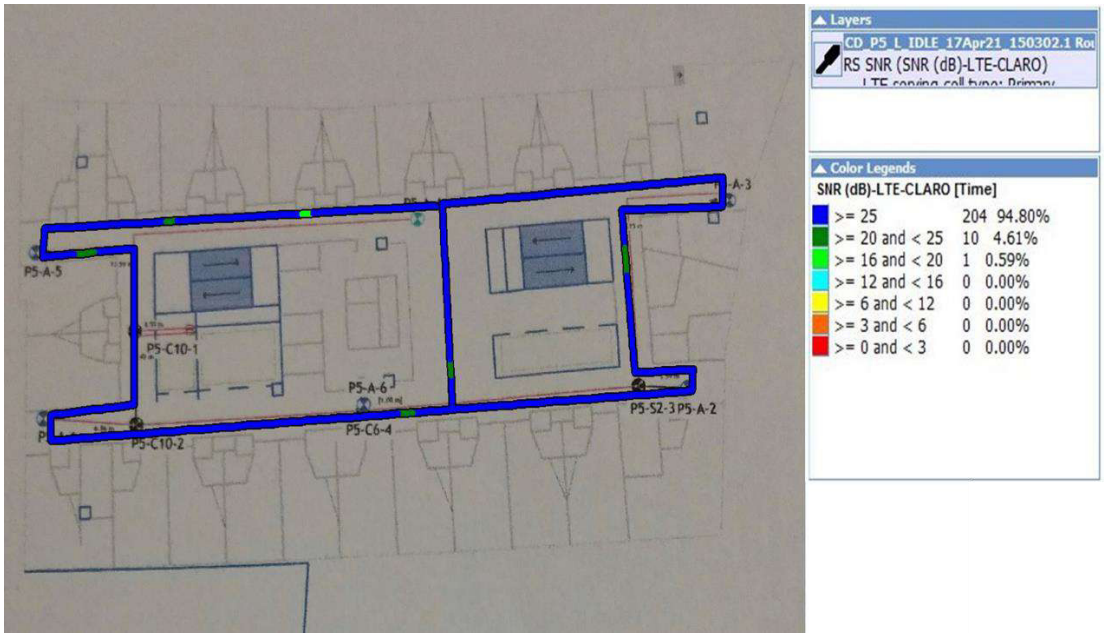



*Fig. 295:* Plot de SNIR en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.28. *Piso 5, PCI*

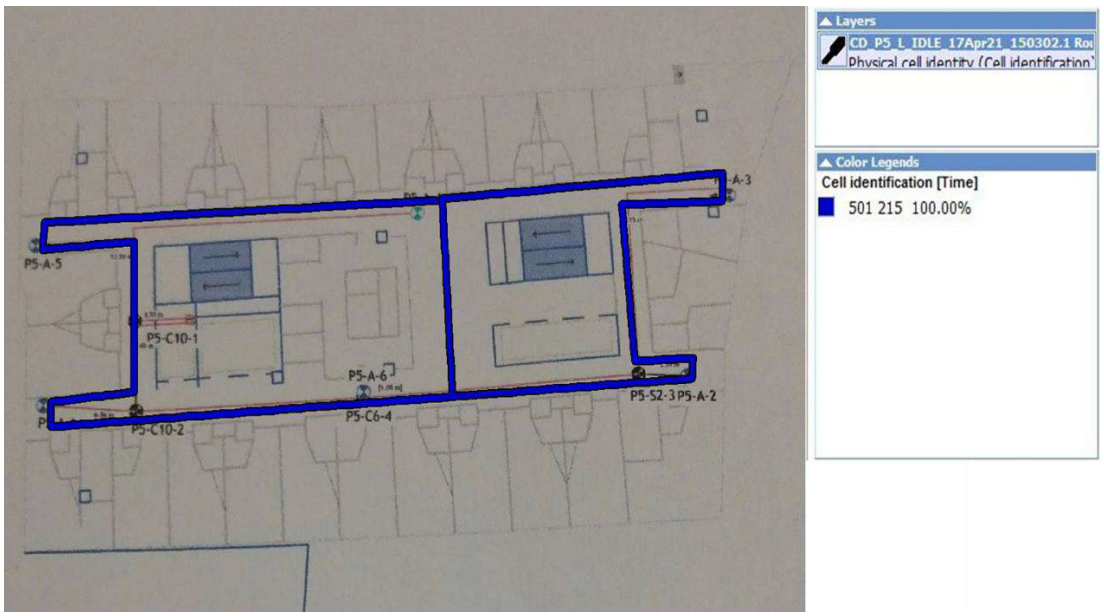



*Fig. 296:* Plot de PCI en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.29. *Piso 5, Throughput DL*

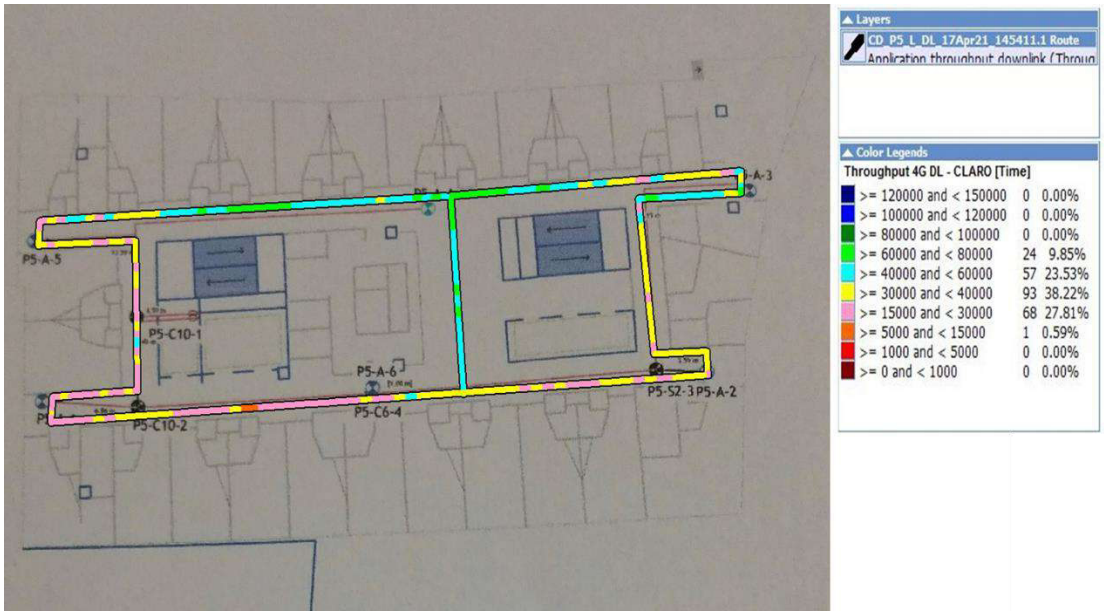



*Fig. 297:* Plot de Throughput DL en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.30. *Piso 5, Throughput UL*




*Fig. 298:* Plot de Throughput UL en el Piso 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.31. *Piso 4, RSRP*




*Fig. 299:* Plot de RSRP en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.32. *Piso 4, SNIR*

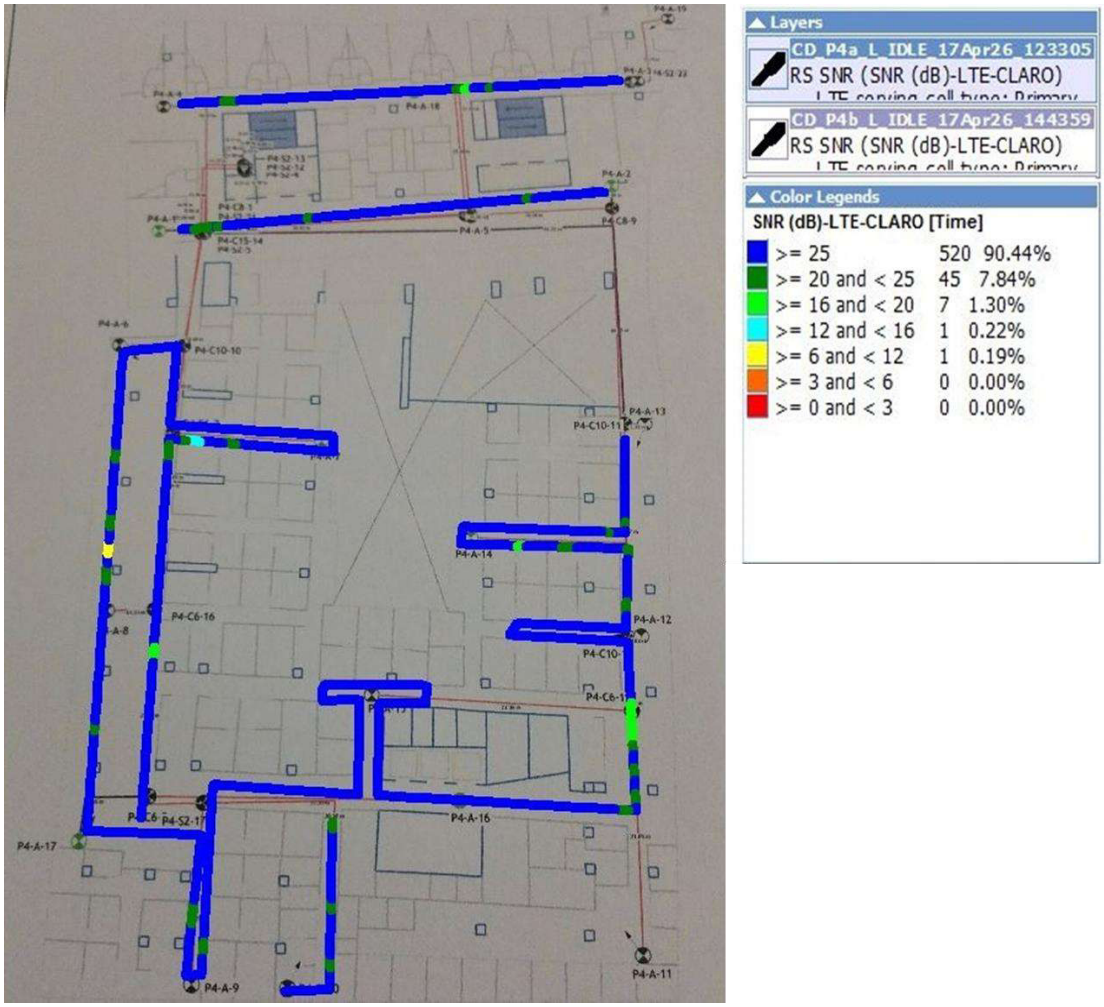



*Fig. 300:* Plot de SNIR en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.33. *Piso 4, PCI*




*Fig. 301:* Plot de PCI en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.34. *Piso 4, Throughput DL*

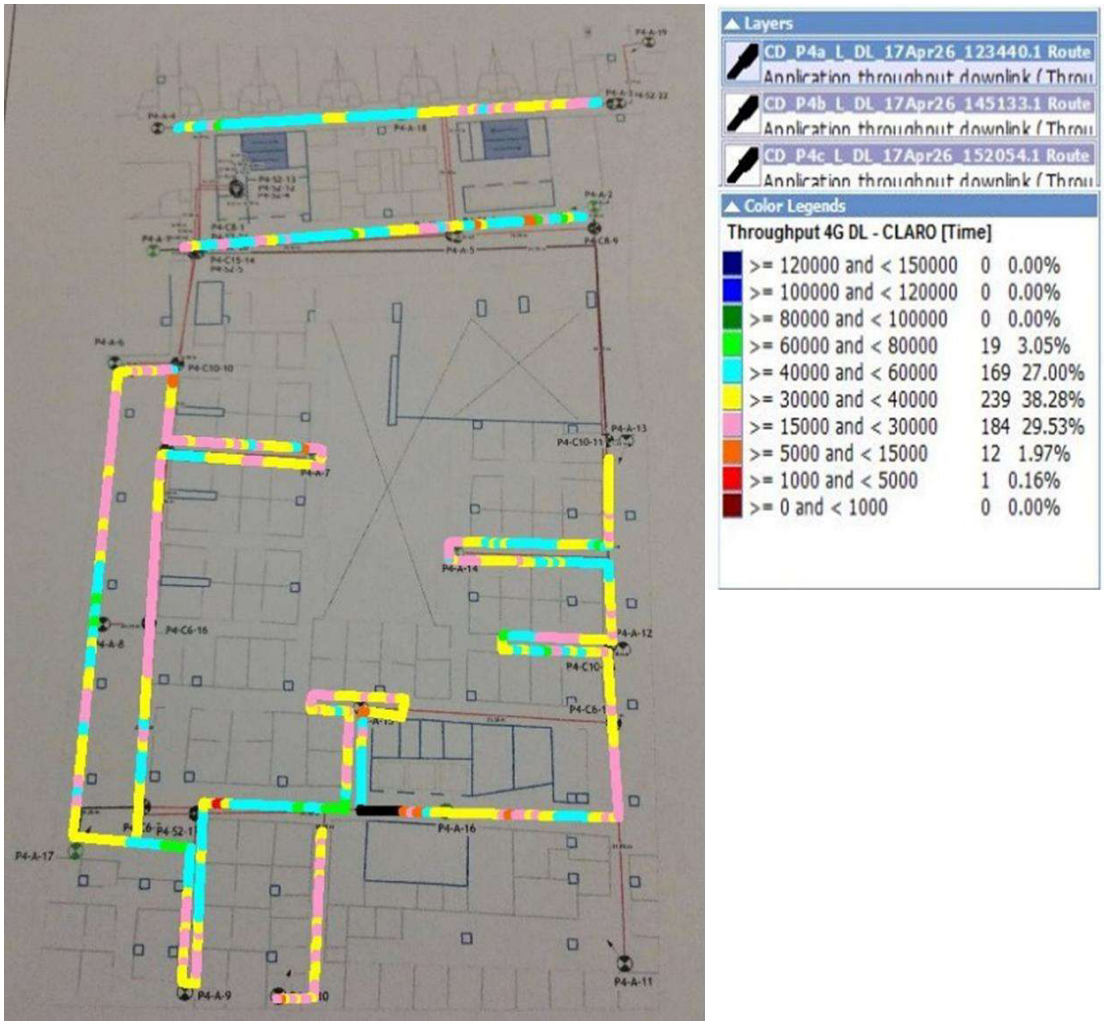



*Fig. 302:* Plot de Throughput DL en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.35. *Piso 4, Throughput UL*

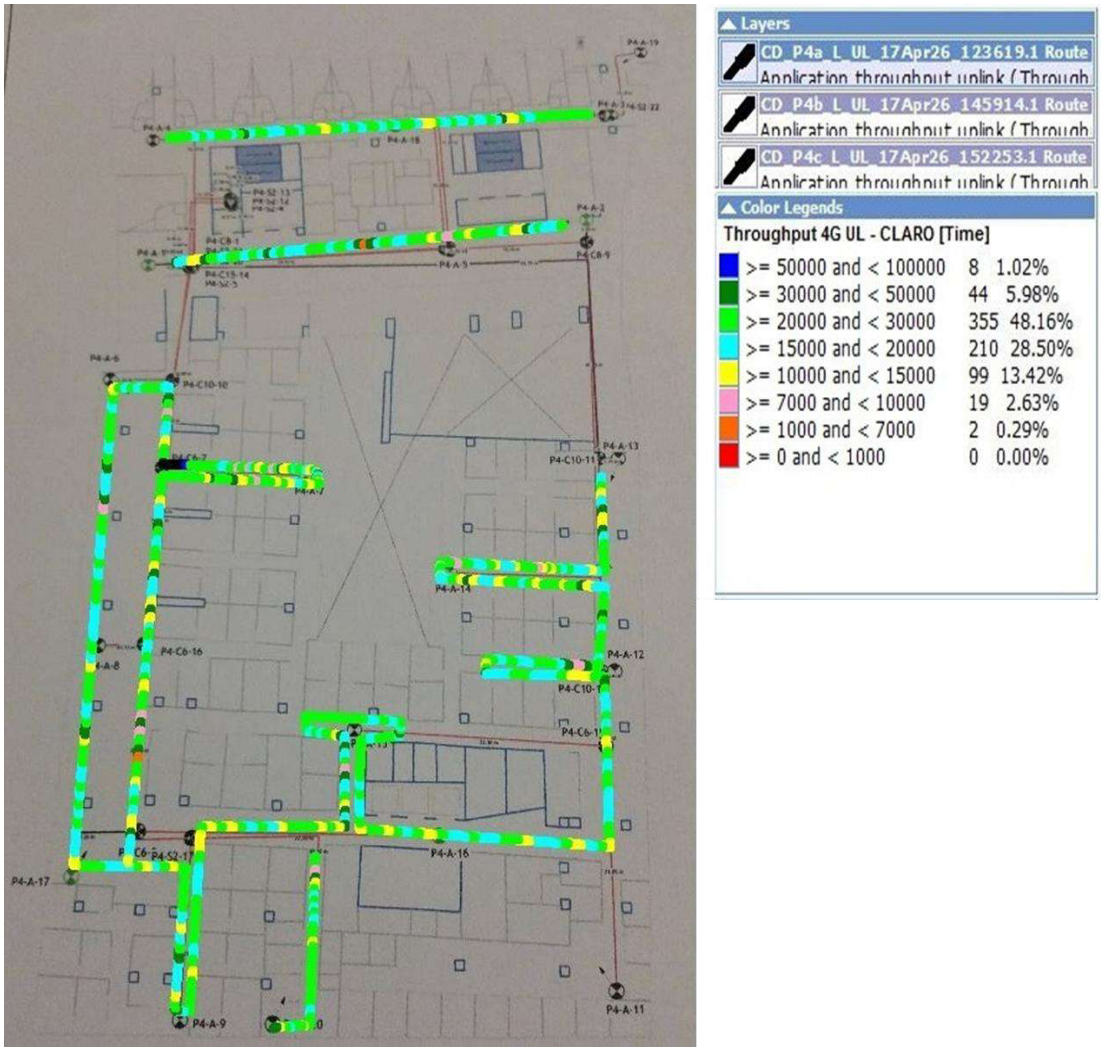



*Fig. 303:* Plot de Throughput UL en el Piso 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.36. *Piso 3, RSRP*

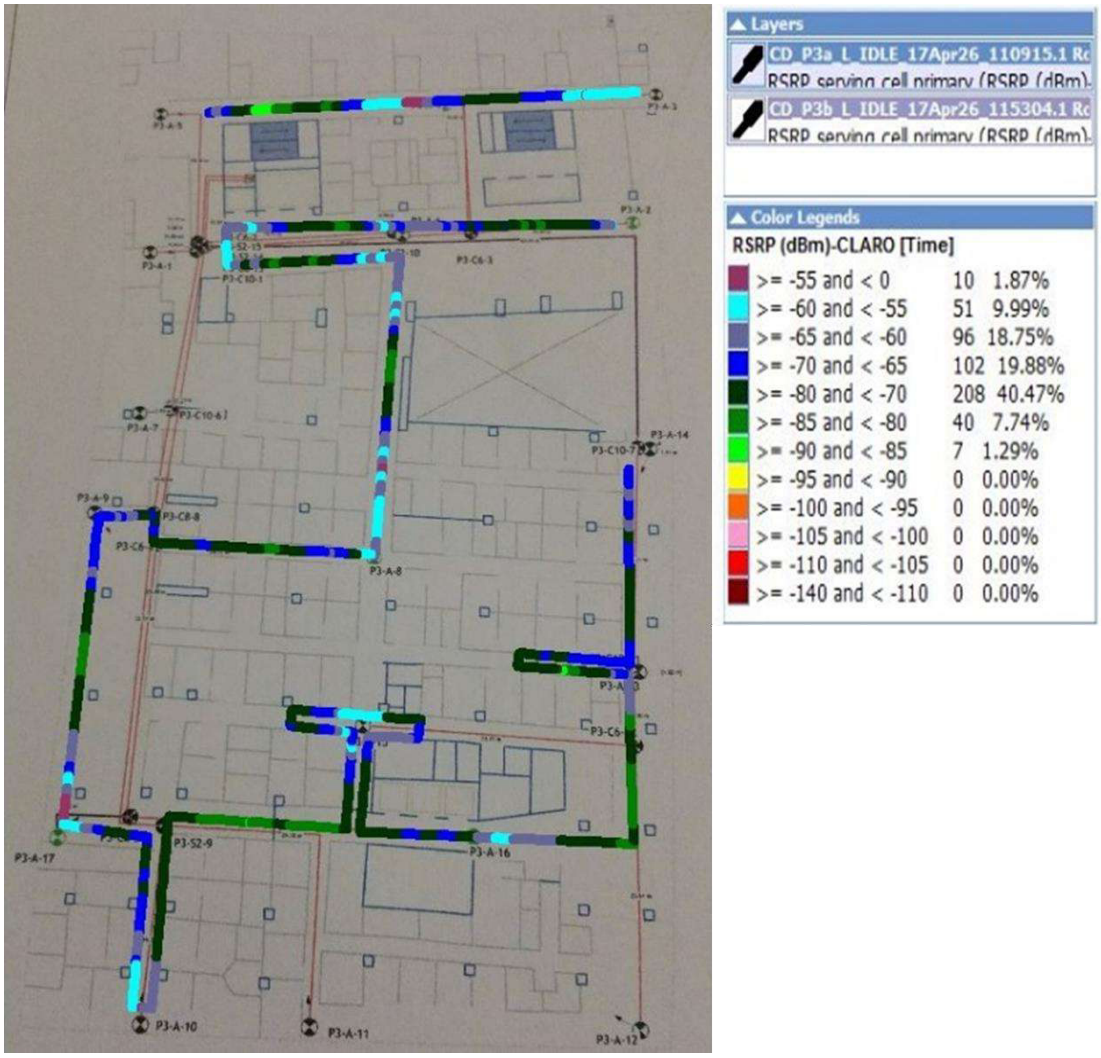



*Fig. 304:* Plot de RSRP en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.37. *Piso 3, SNIR*

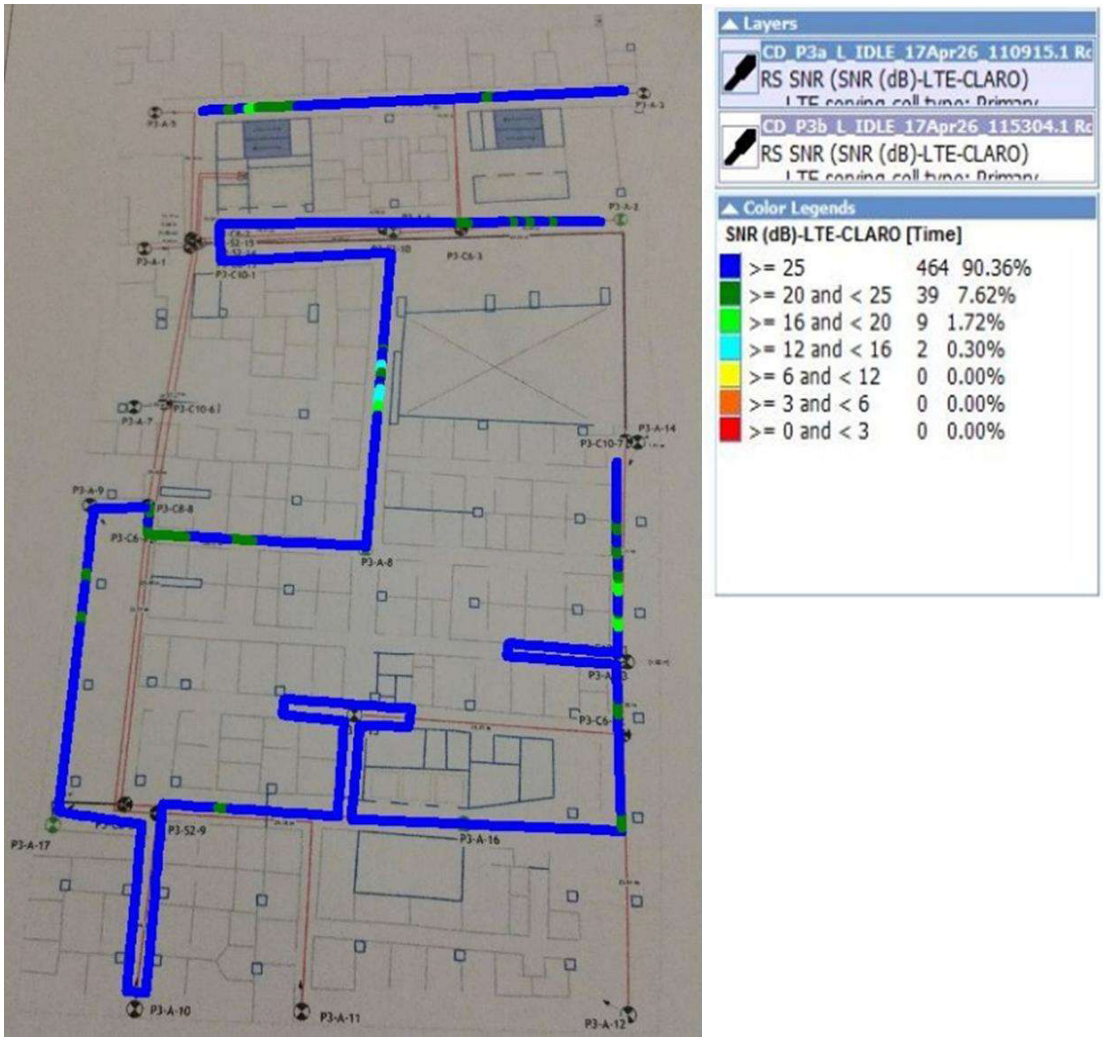



*Fig. 305:* Plot de SNIR en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.38. *Piso 3, PCI*

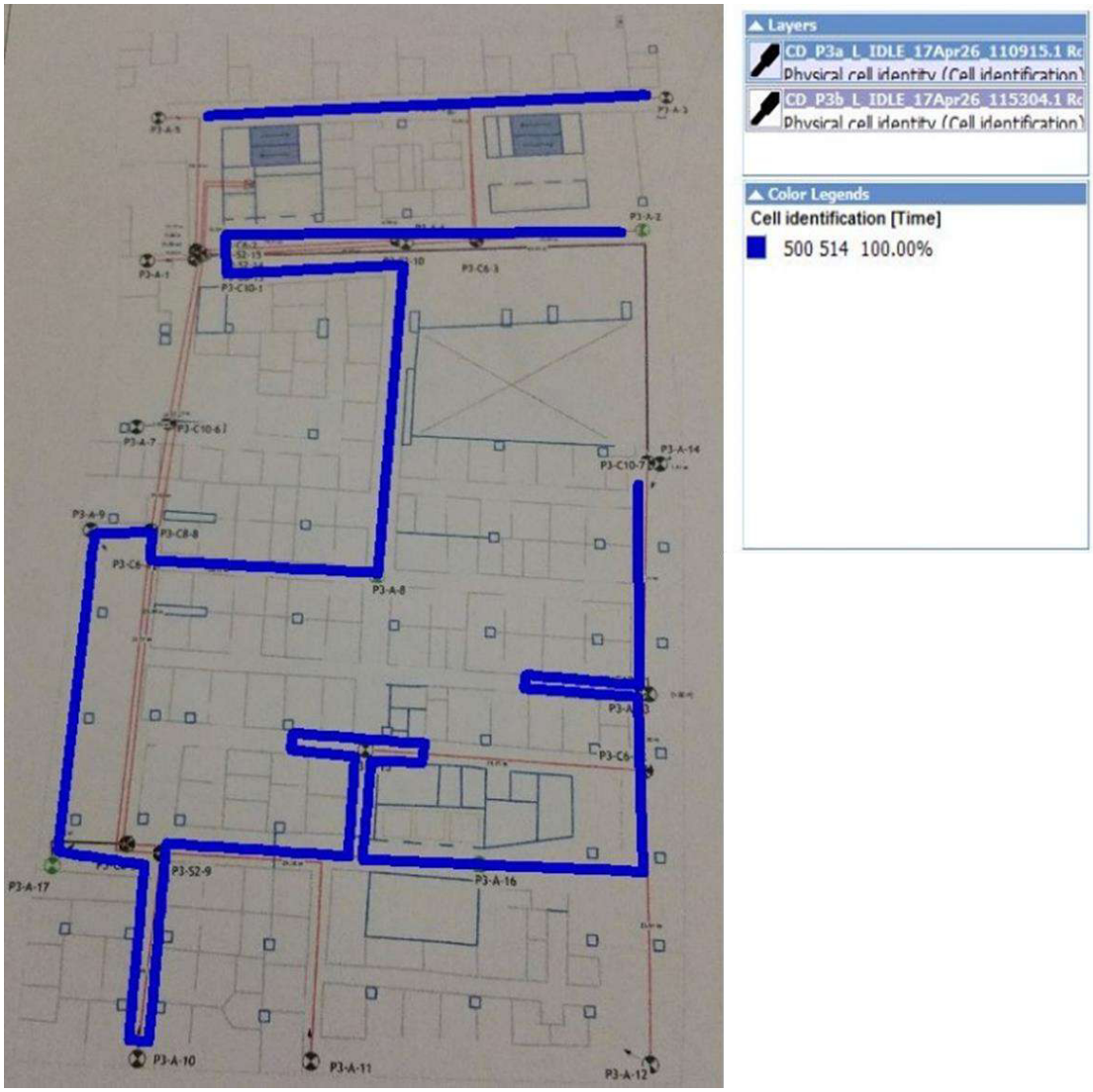



*Fig. 306:* Plot de PCI en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.39. *Piso 3, Throughput DL*

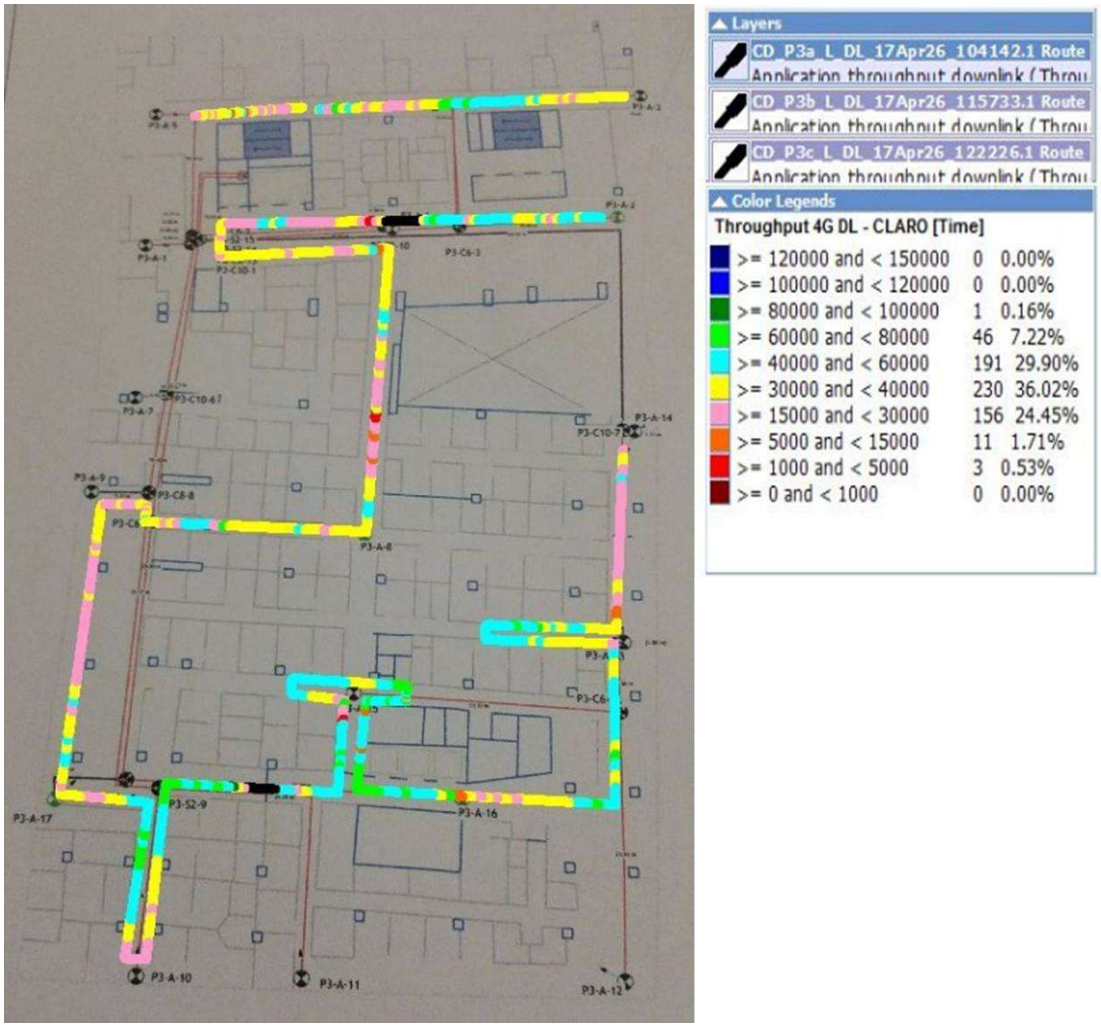



*Fig. 307:* Plot de Throughput DL en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.40. *Piso 3, Throughput UL*

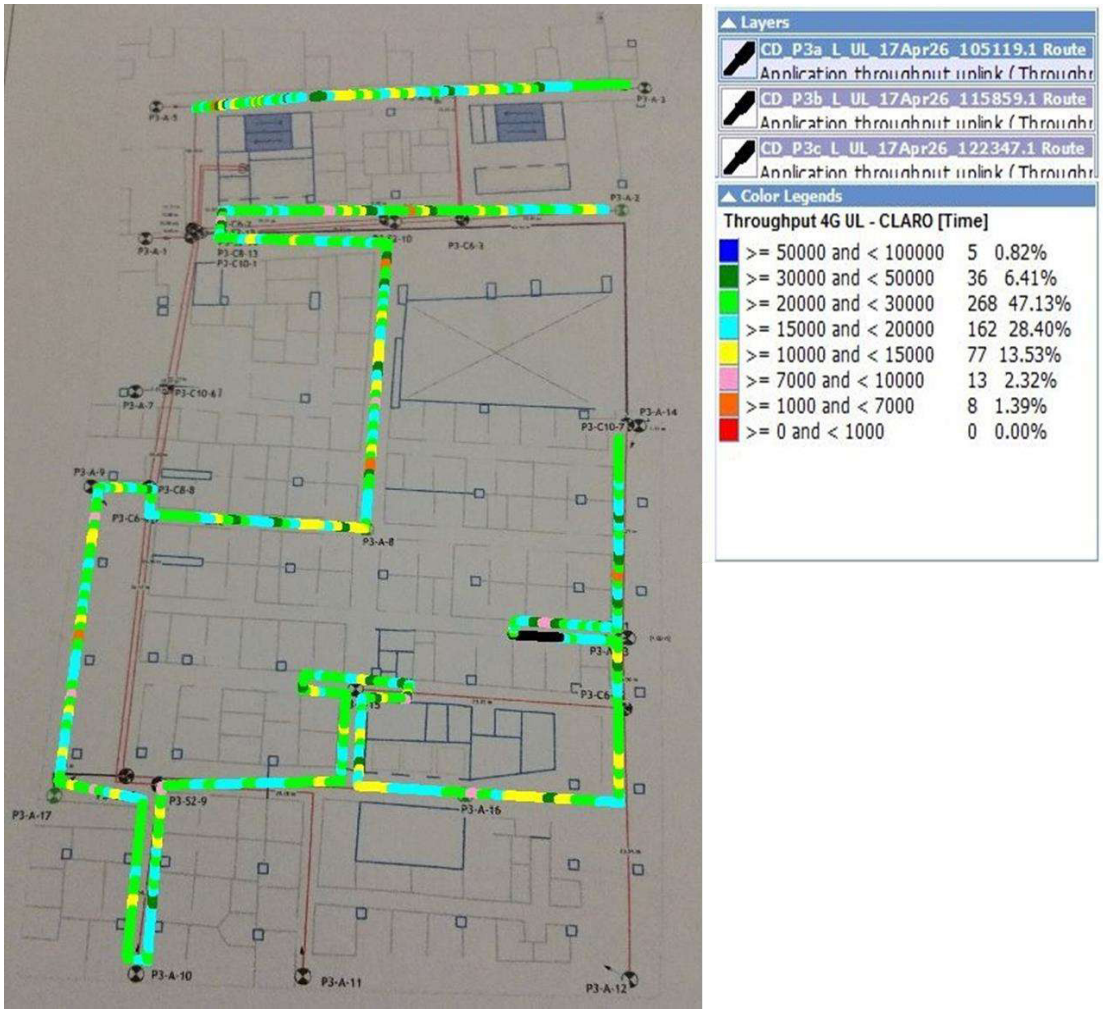



*Fig. 308:* Plot de Throughput UL en el Piso 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.41. *Piso 2, RSRP*




*Fig. 309:* Plot de RSRP en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.42. *Piso 2, SNIR*

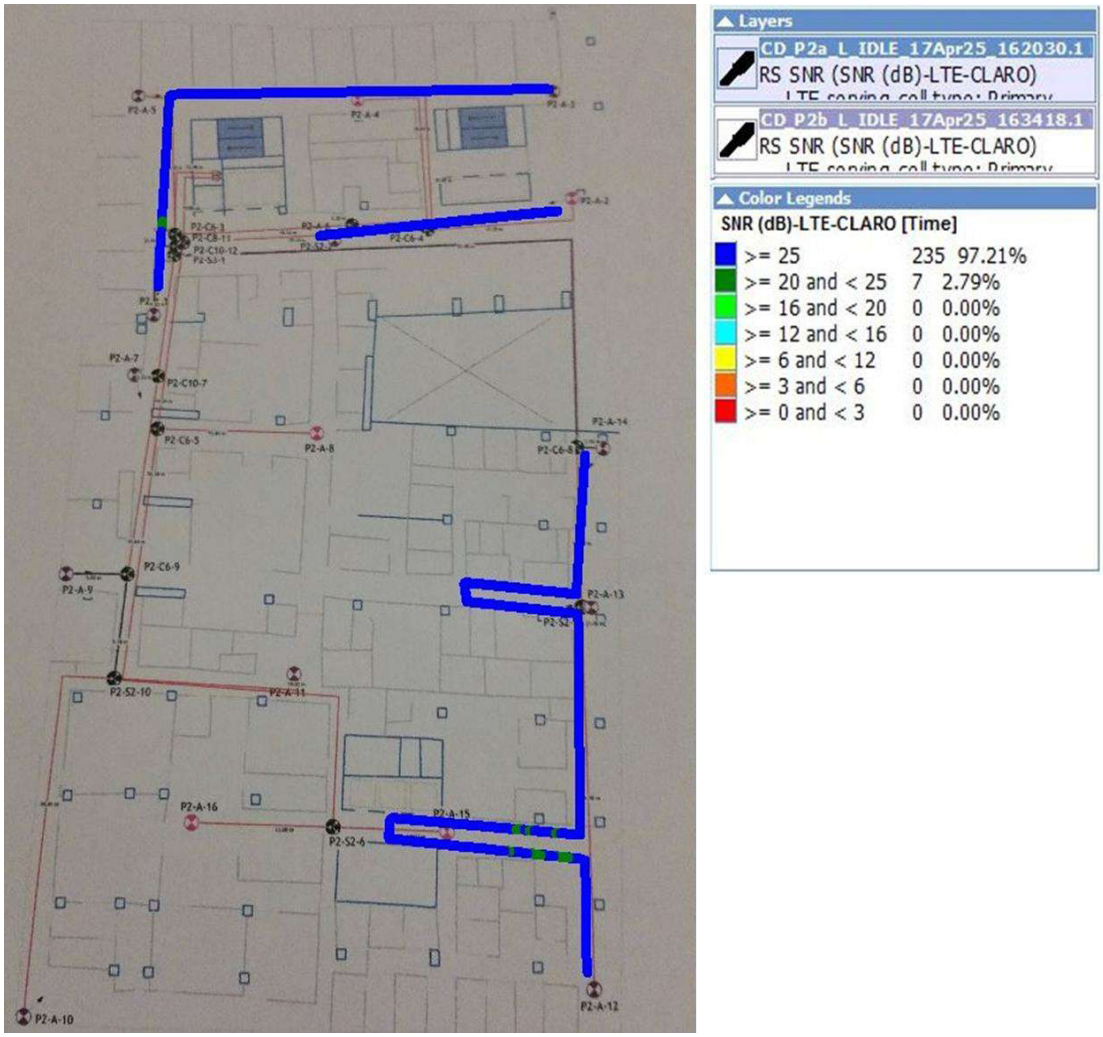



*Fig. 310:* Plot de SNIR en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.43. *Piso 2, PCI*

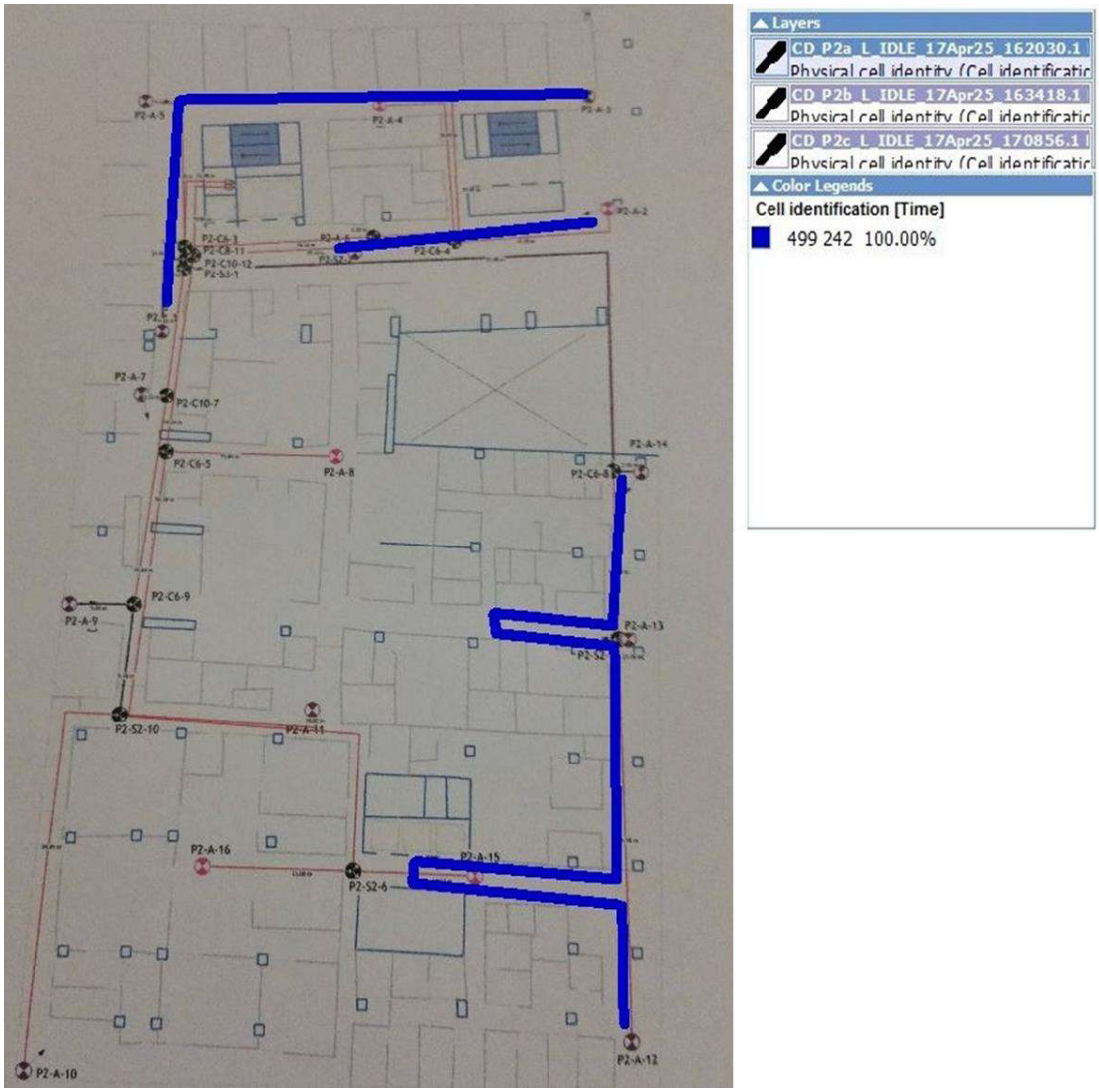



*Fig. 311:* Plot de PCI en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.44. *Piso 2, Throughput DL*




*Fig. 312:* Plot de Throughput DL en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.45. *Piso 2, Throughput UL*




*Fig. 313:* Plot de Throughput UL en el Piso 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.46. *Sótano 1, RSRP*

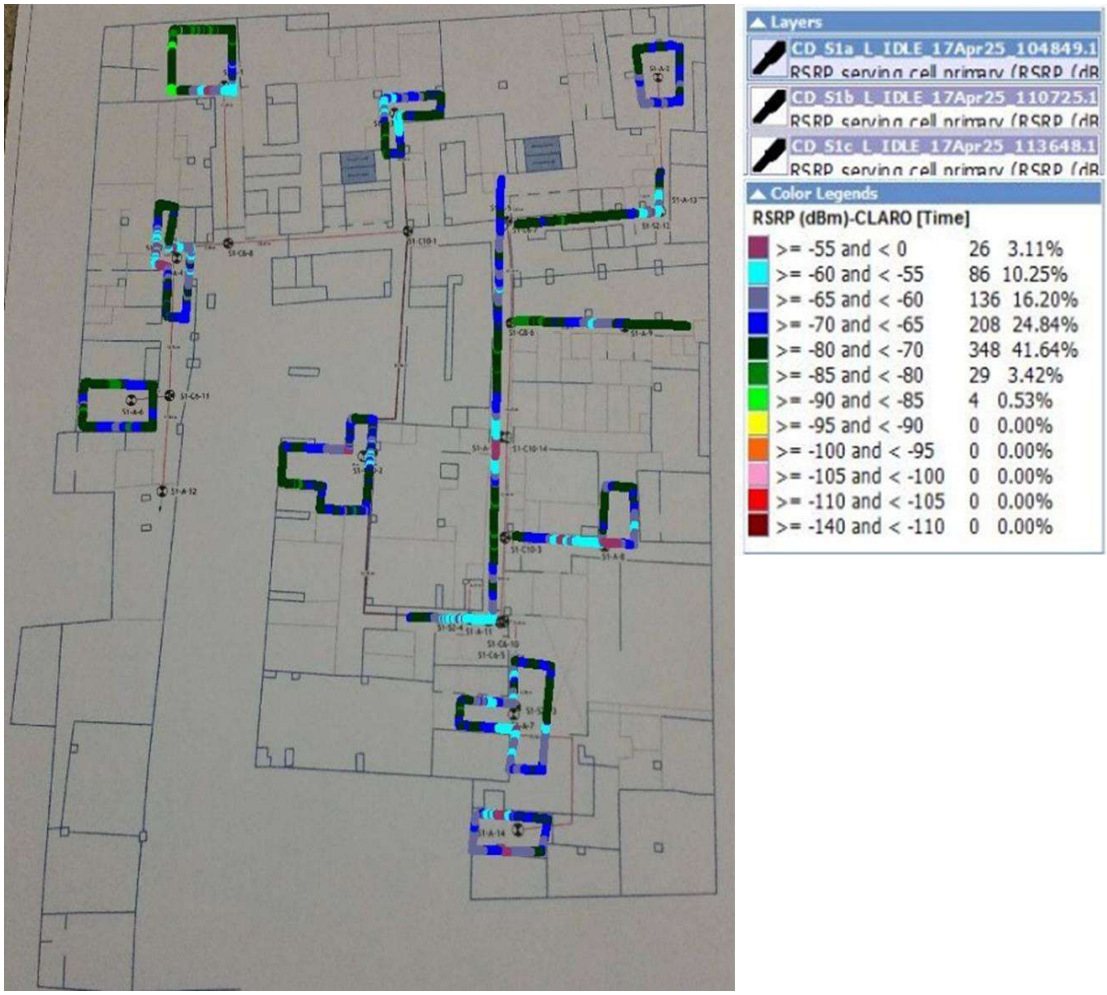



*Fig. 314:* Plot de RSRP en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.47. *Sótano 1, SNIR*

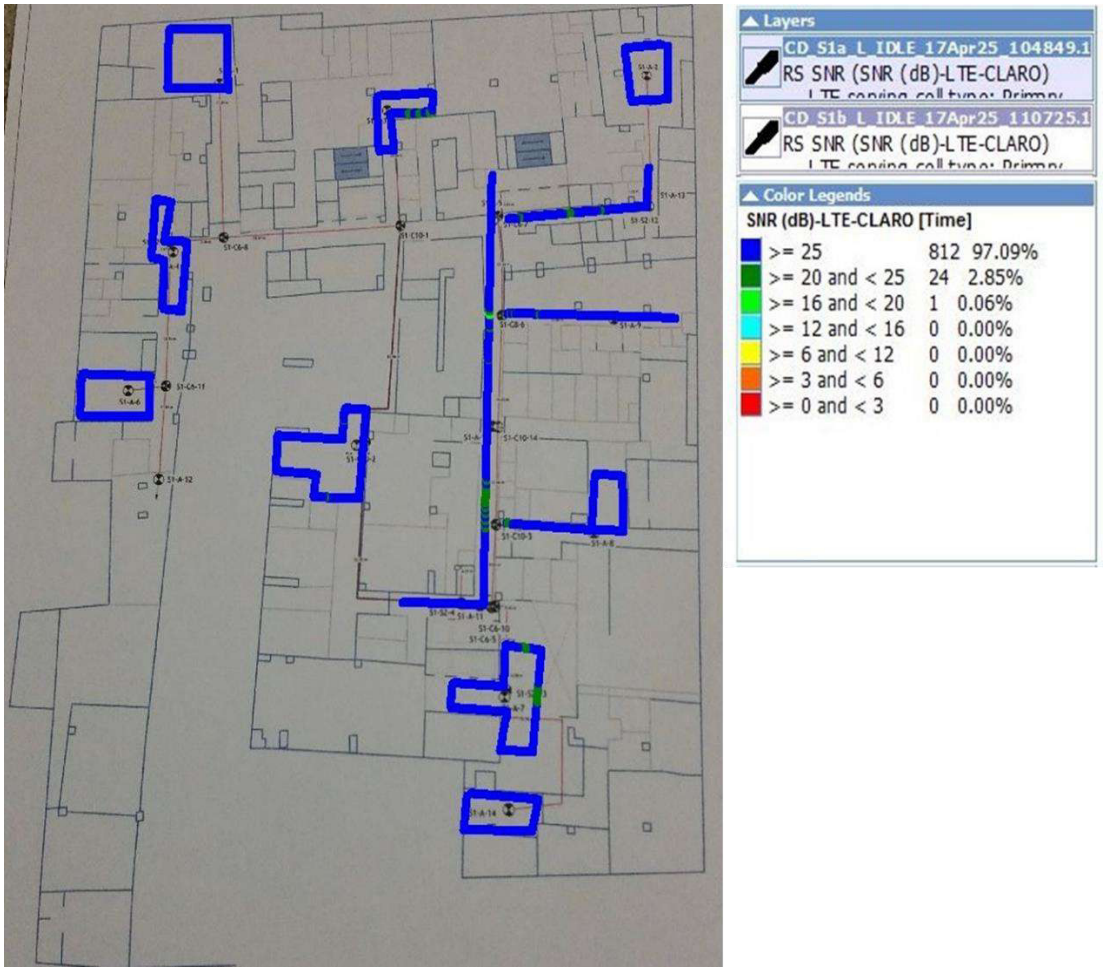



*Fig. 315:* Plot de SNIR en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.48. *Sótano 1, PCI*

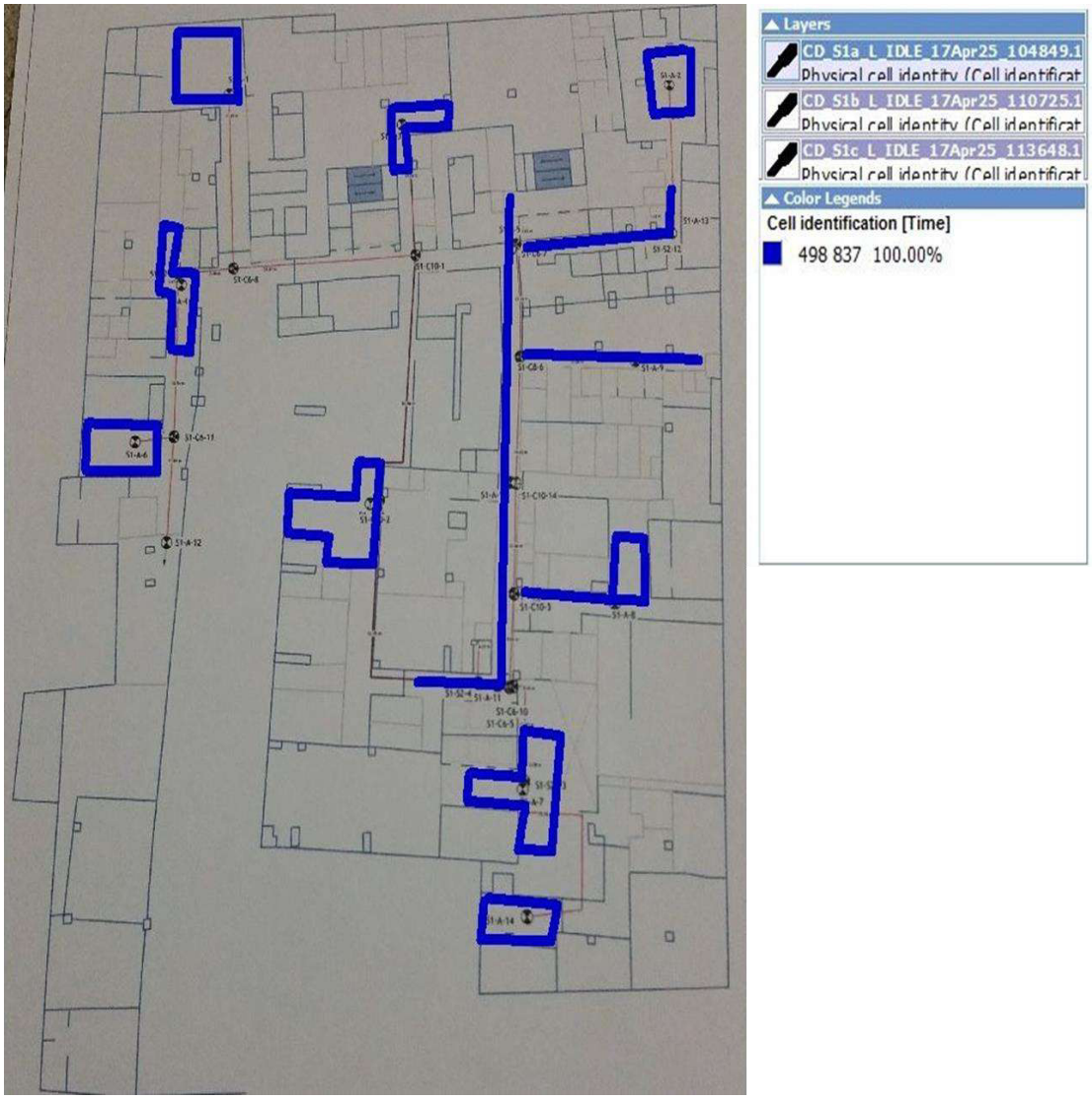



*Fig. 316:* Plot de PCI en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.49. *Sótano 1, Throughput DL*

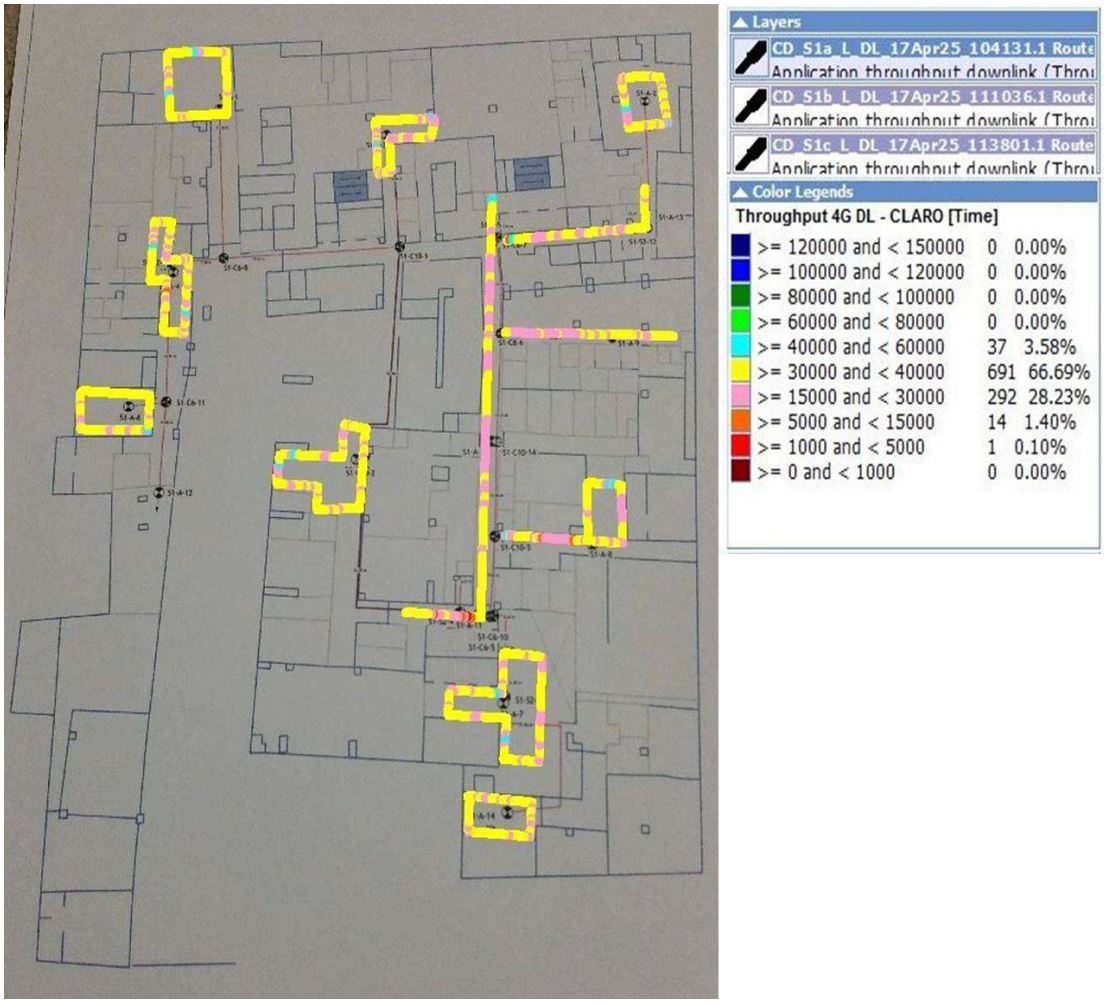



*Fig. 317:* Plot de Throughput DL en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.50. *Sótano 1, Throughput UL*

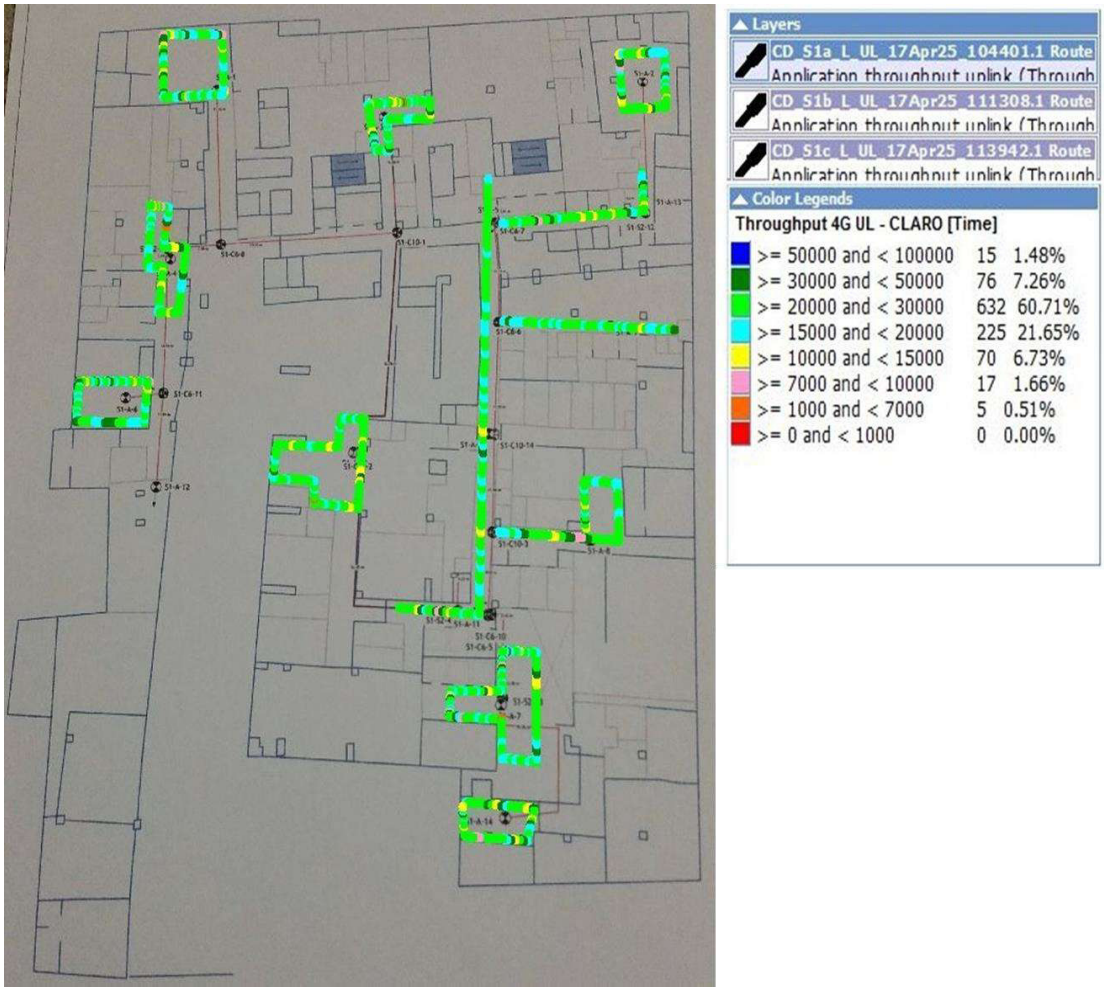



*Fig. 318:* Plot de Throughput UL en el Sótano 1. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.51. *Sótano 2, RSRP*

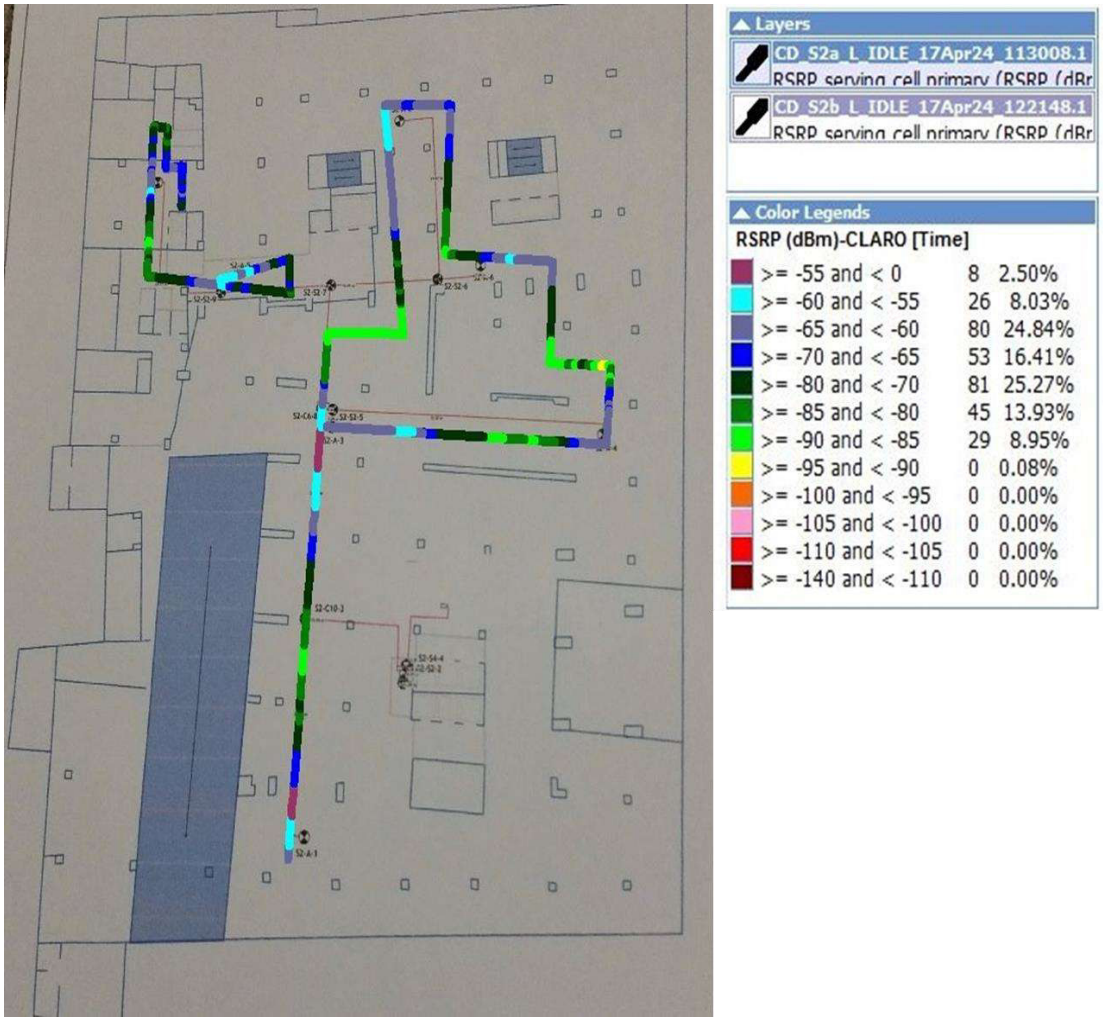



*Fig. 319:* Plot de RSRP en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.52. *Sótano 2, SNIR*

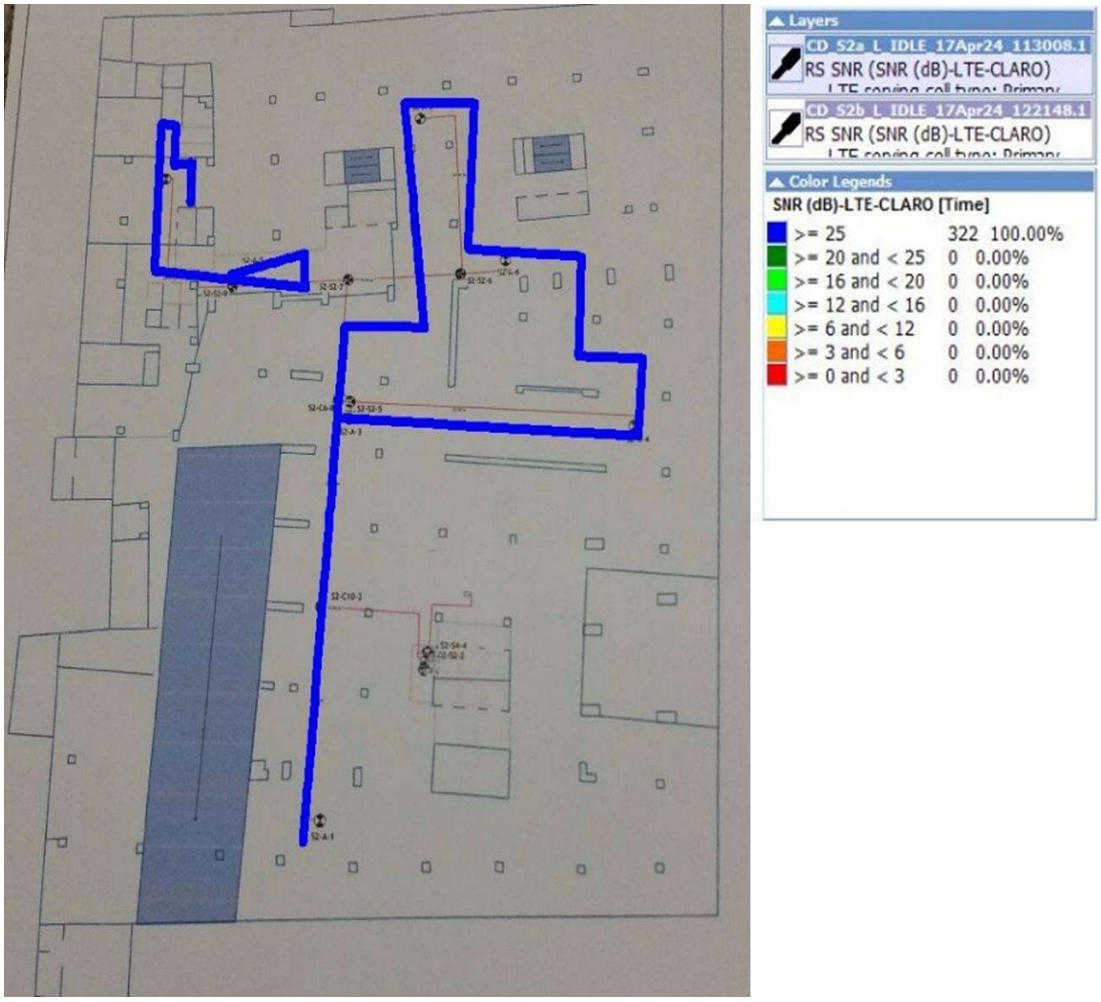



*Fig. 320:* Plot de SNIR en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.53. *Sótano 2, PCI*

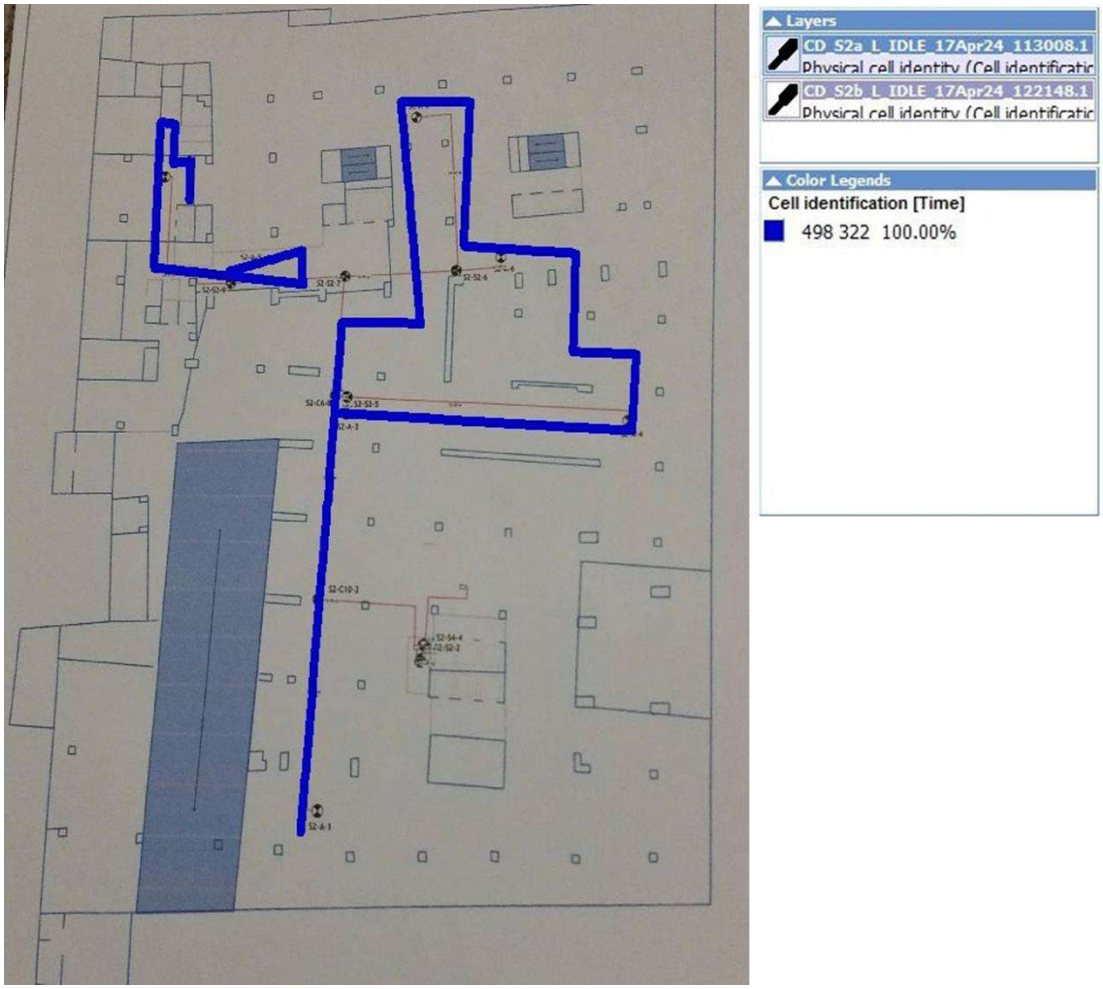



*Fig. 321:* Plot de PCI en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.54. *Sótano 2, Throughput DL*

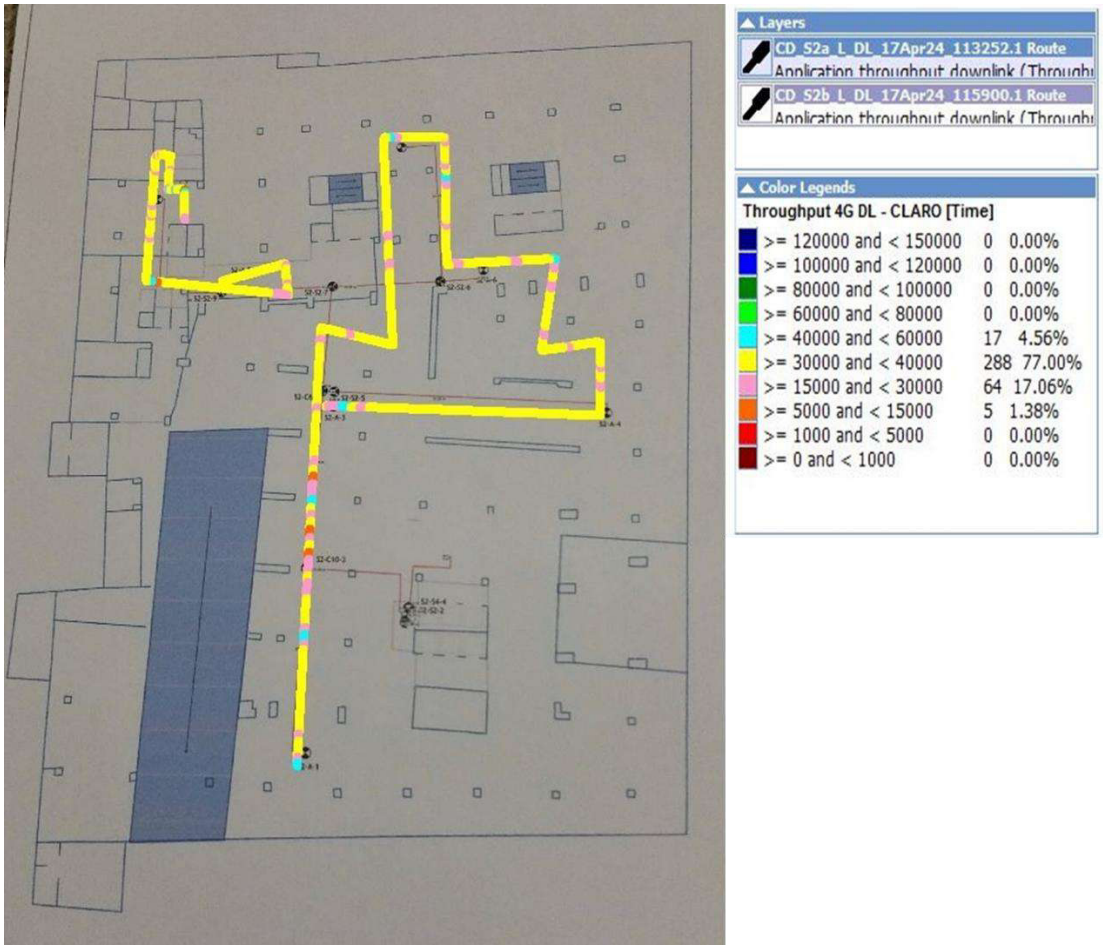



*Fig. 322:* Plot de Throughput DL en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.55. *Sótano 2, Throughput UL*

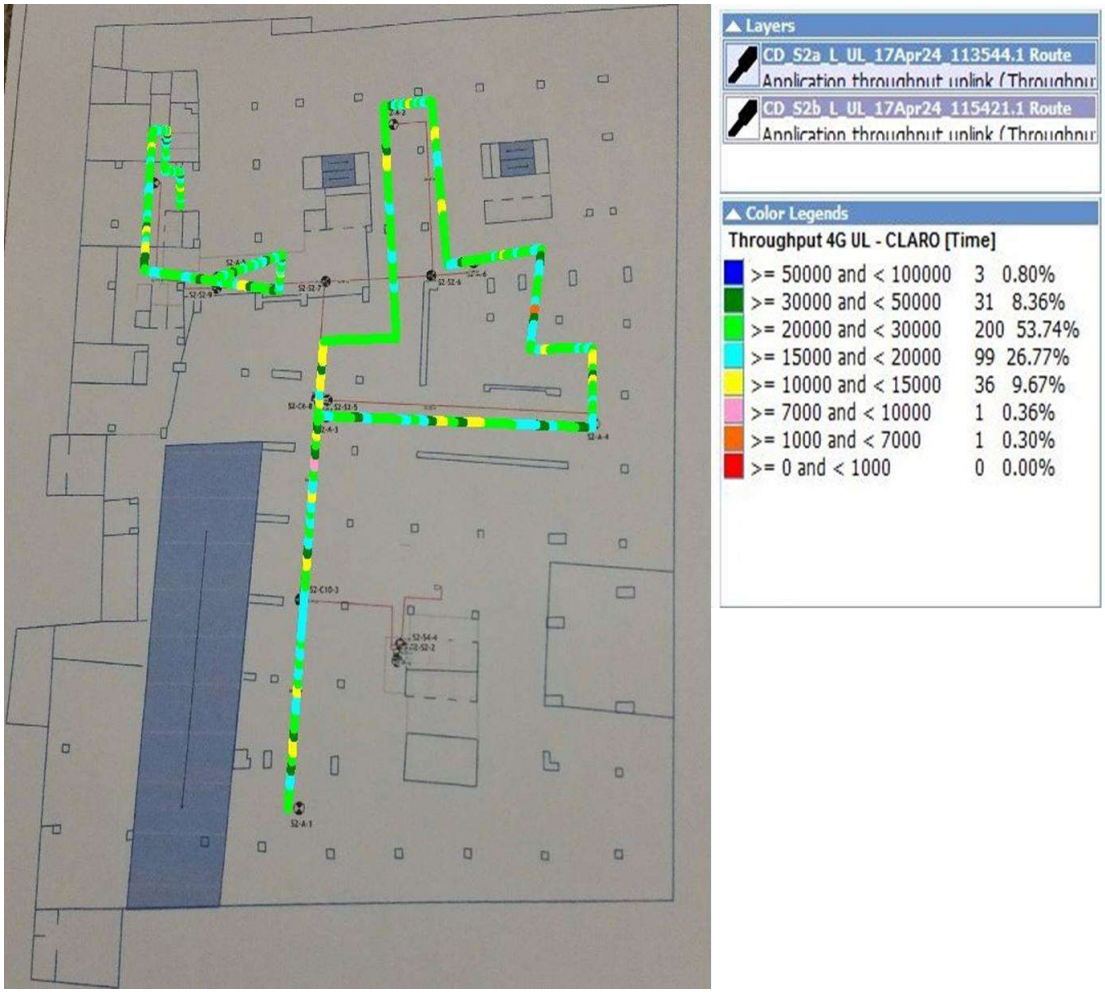



*Fig. 323:* Plot de Throughput UL en el Sótano 2. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.56. *Sótano 3, RSRP*

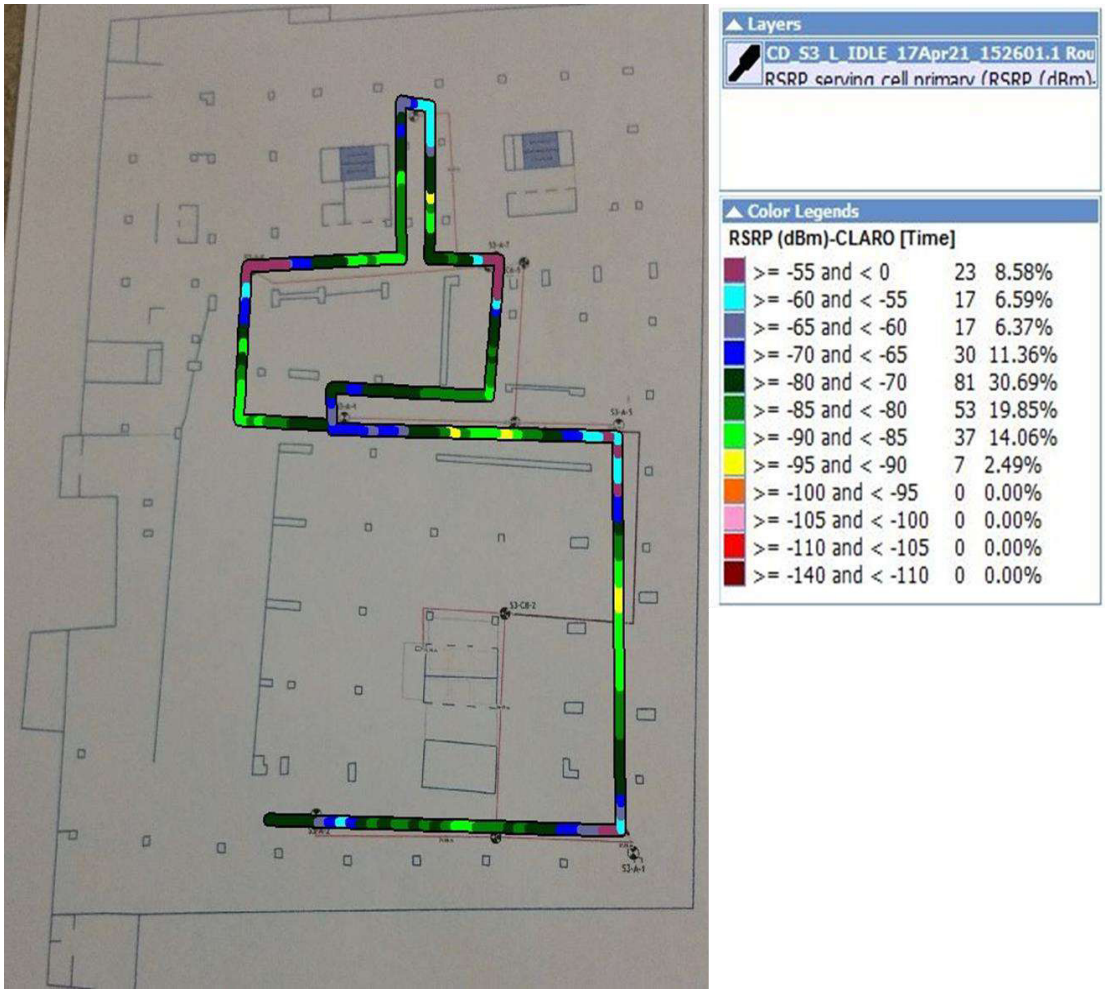



*Fig. 324:* Plot de RSRP en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.57. *Sótano 3, SNIR*

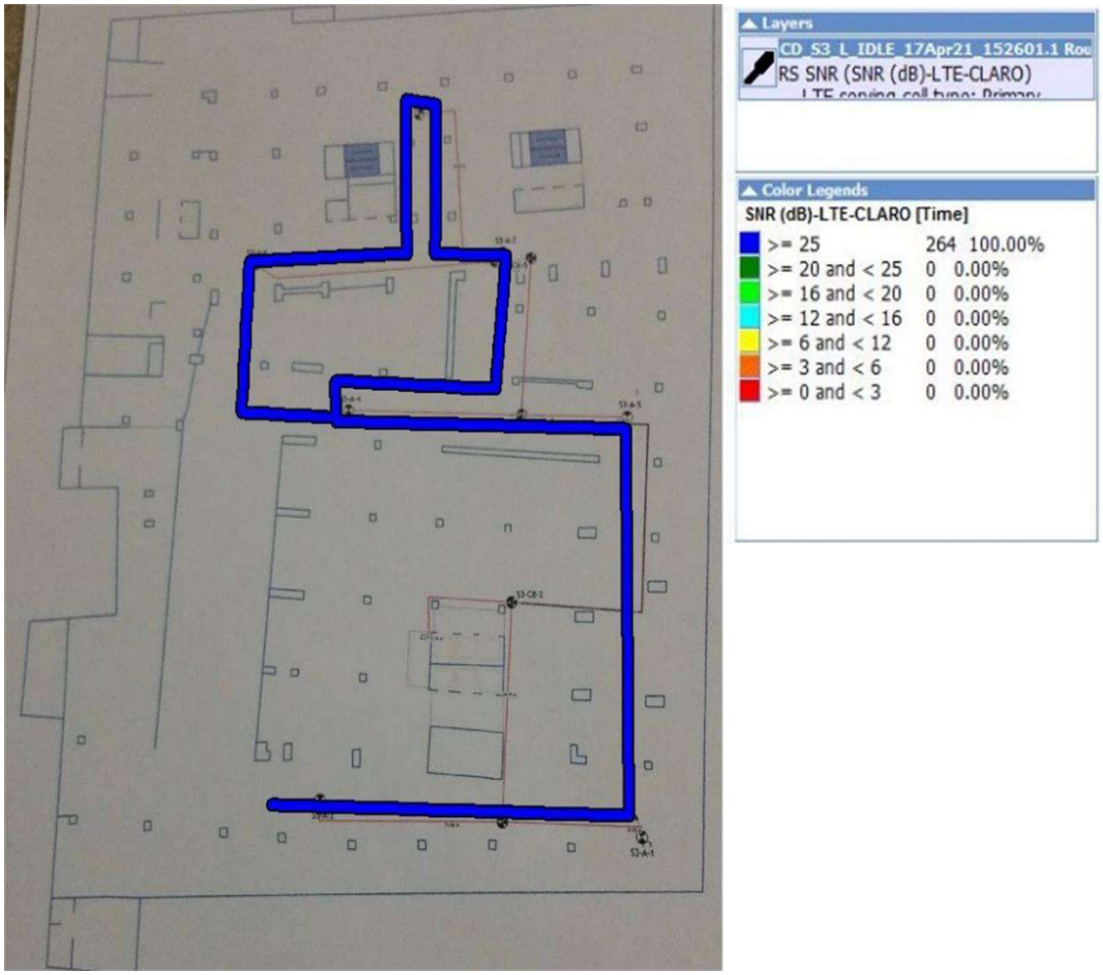



*Fig. 325:* Plot de SNIR en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.58. *Sótano 3, PCI*

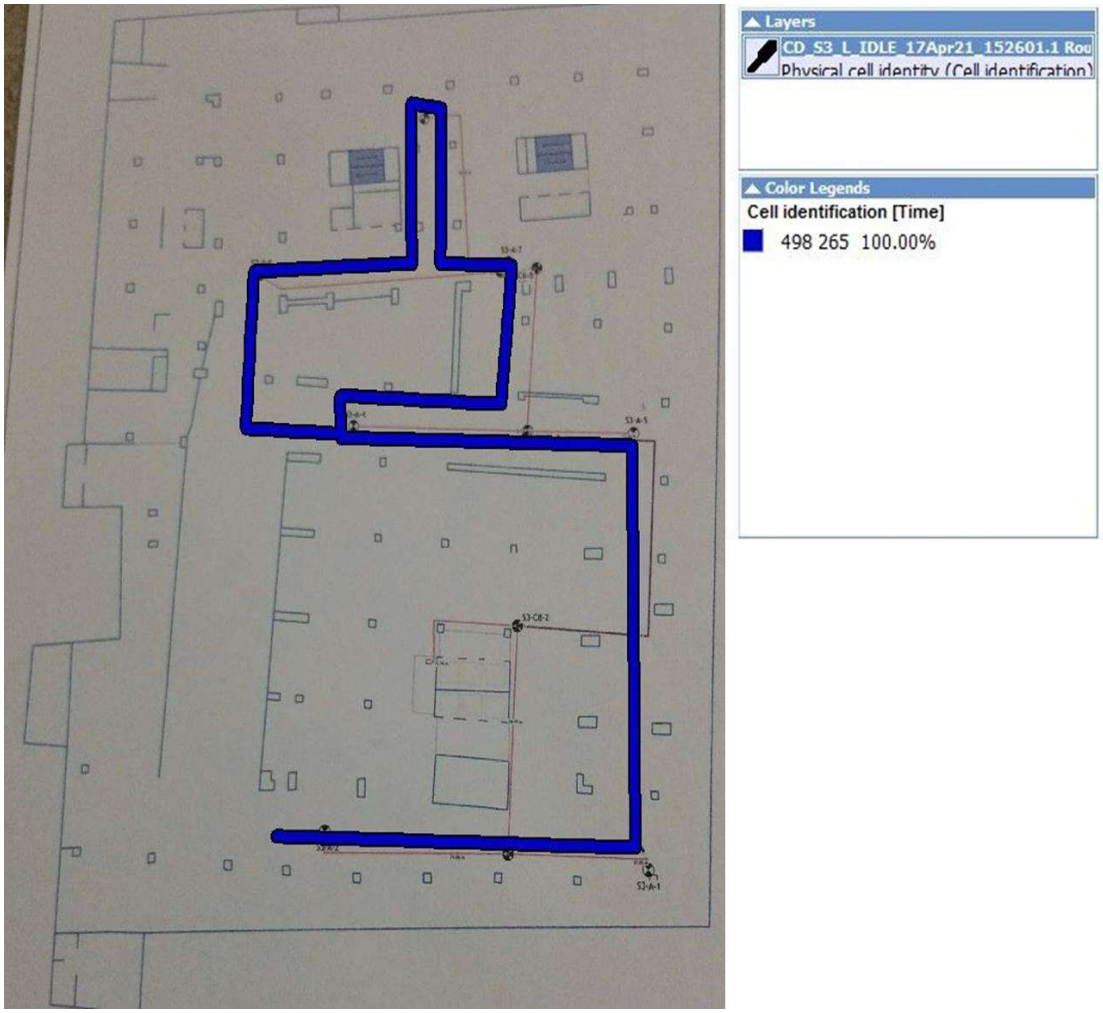



*Fig. 326:* Plot de PCI en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.59. *Sótano 3, Throughput DL*

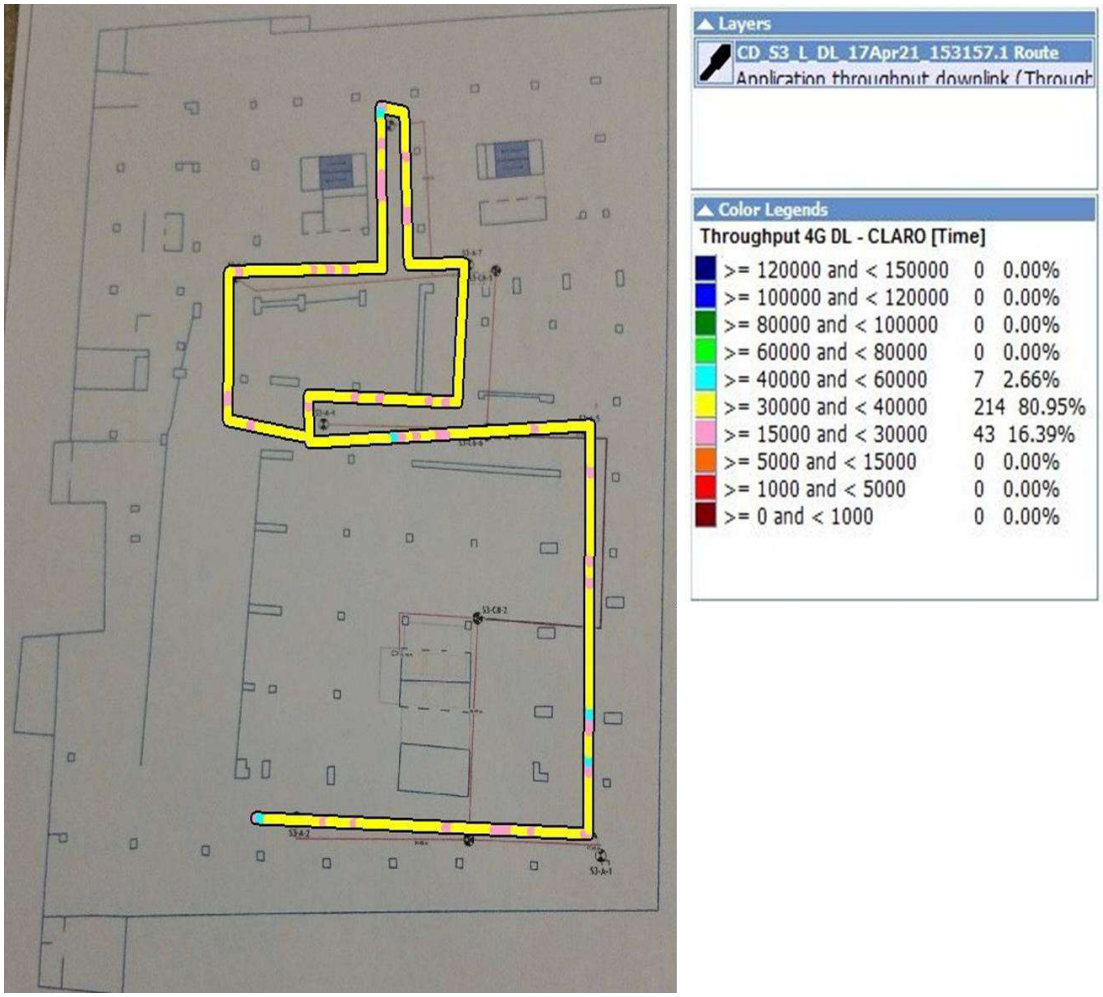



*Fig. 327:* Plot de Throughput DL en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.60. *Sótano 3, Throughput UL*

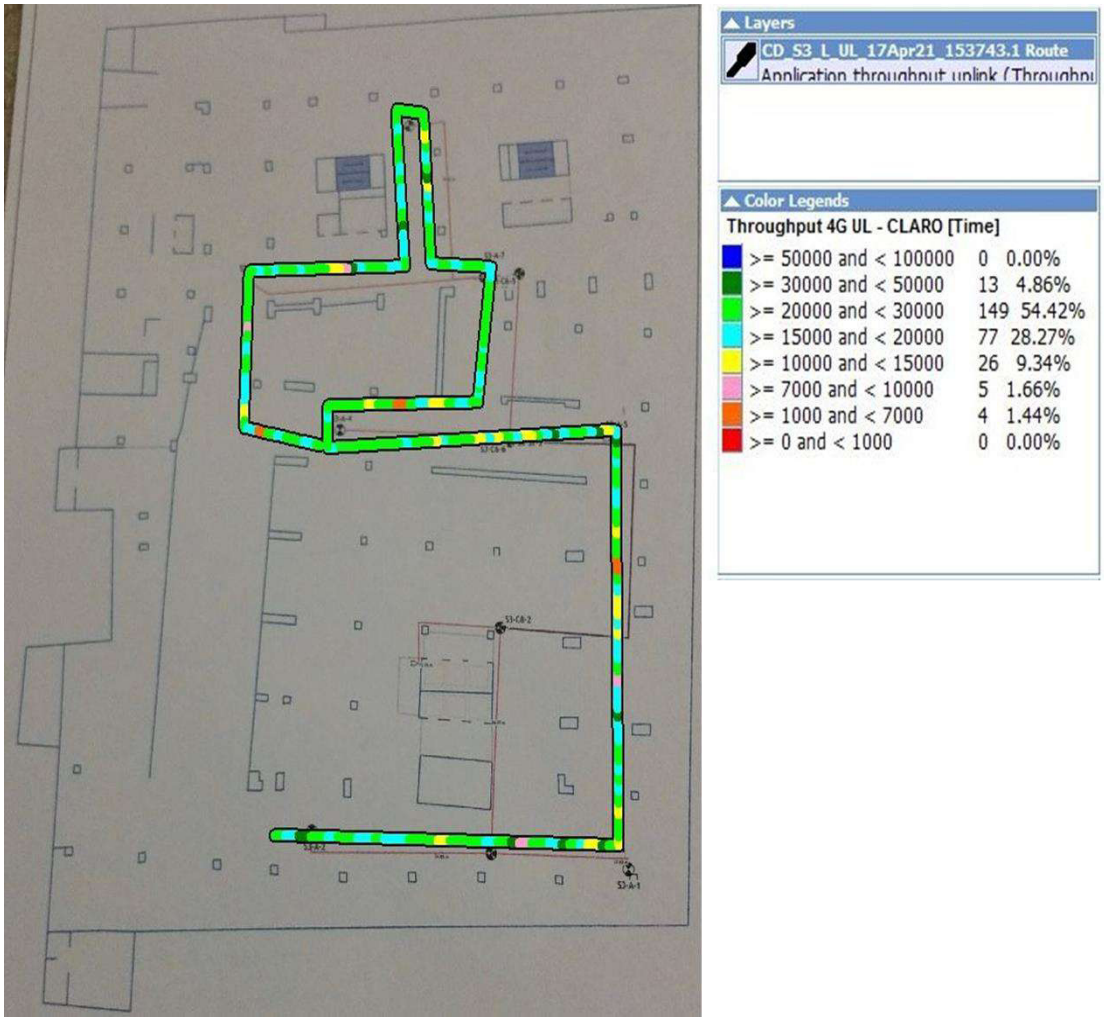



*Fig. 328:* Plot de Throughput UL en el Sótano 3. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.61. *Sótano 4, RSRP*

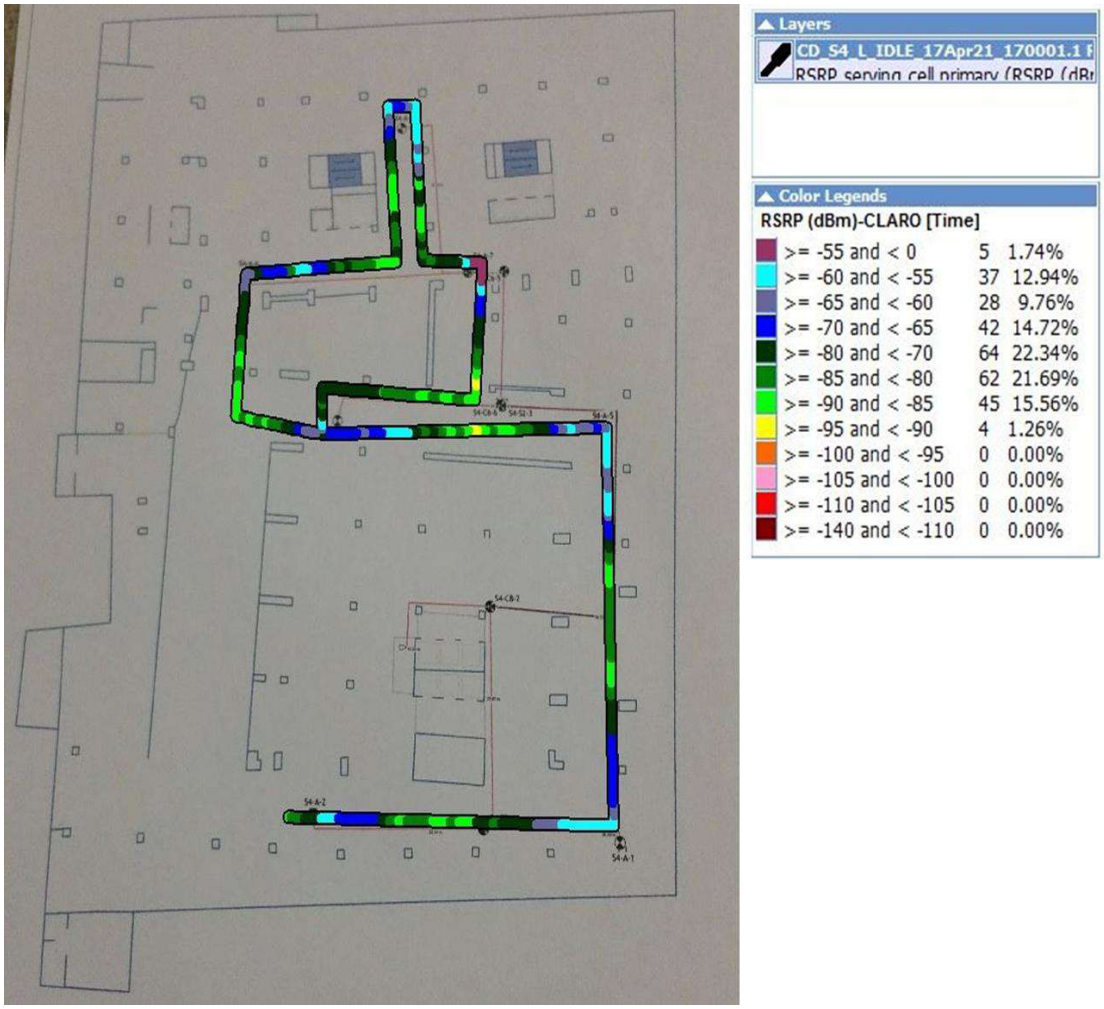



*Fig. 329:* Plot de RSRP en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.62. *Sótano 4, SNIR*

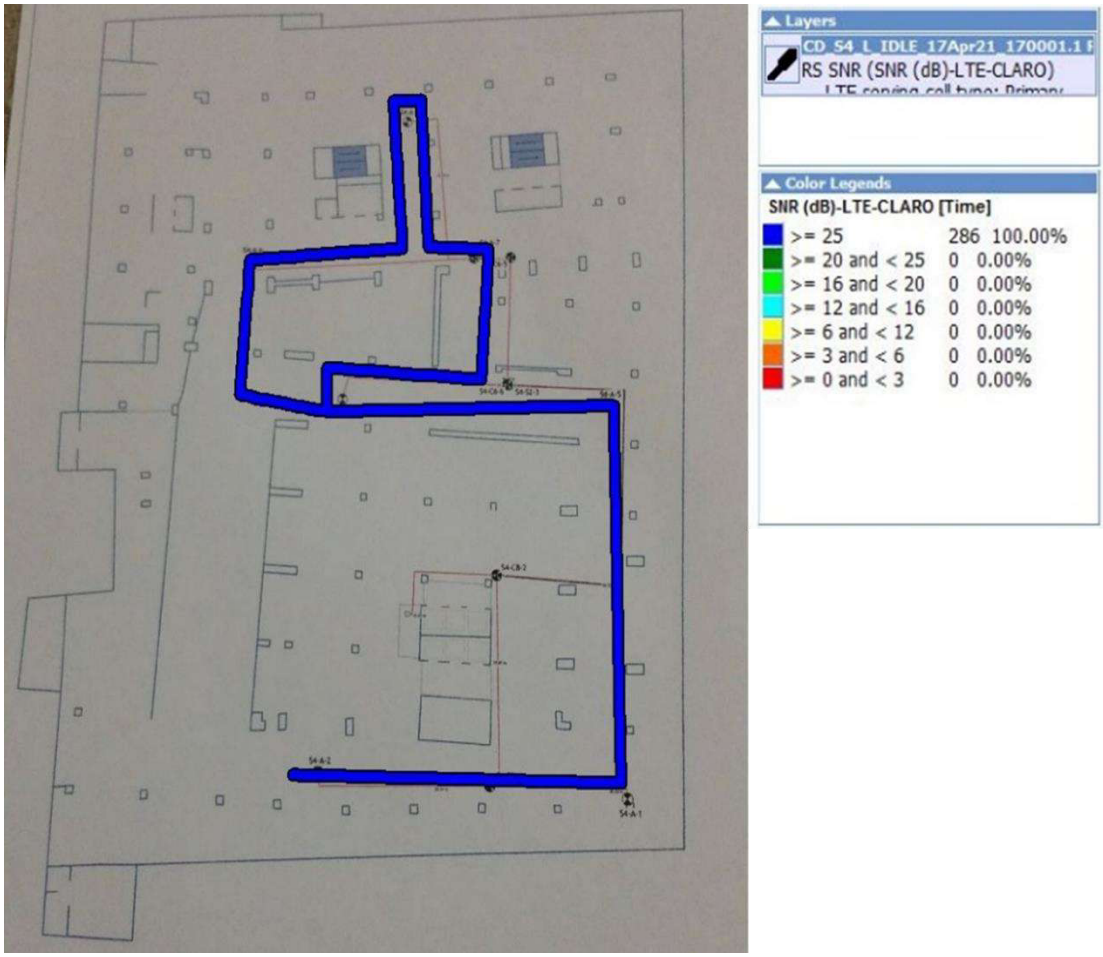



*Fig. 330:* Plot de SNIR en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.63. *Sótano 4, PCI*

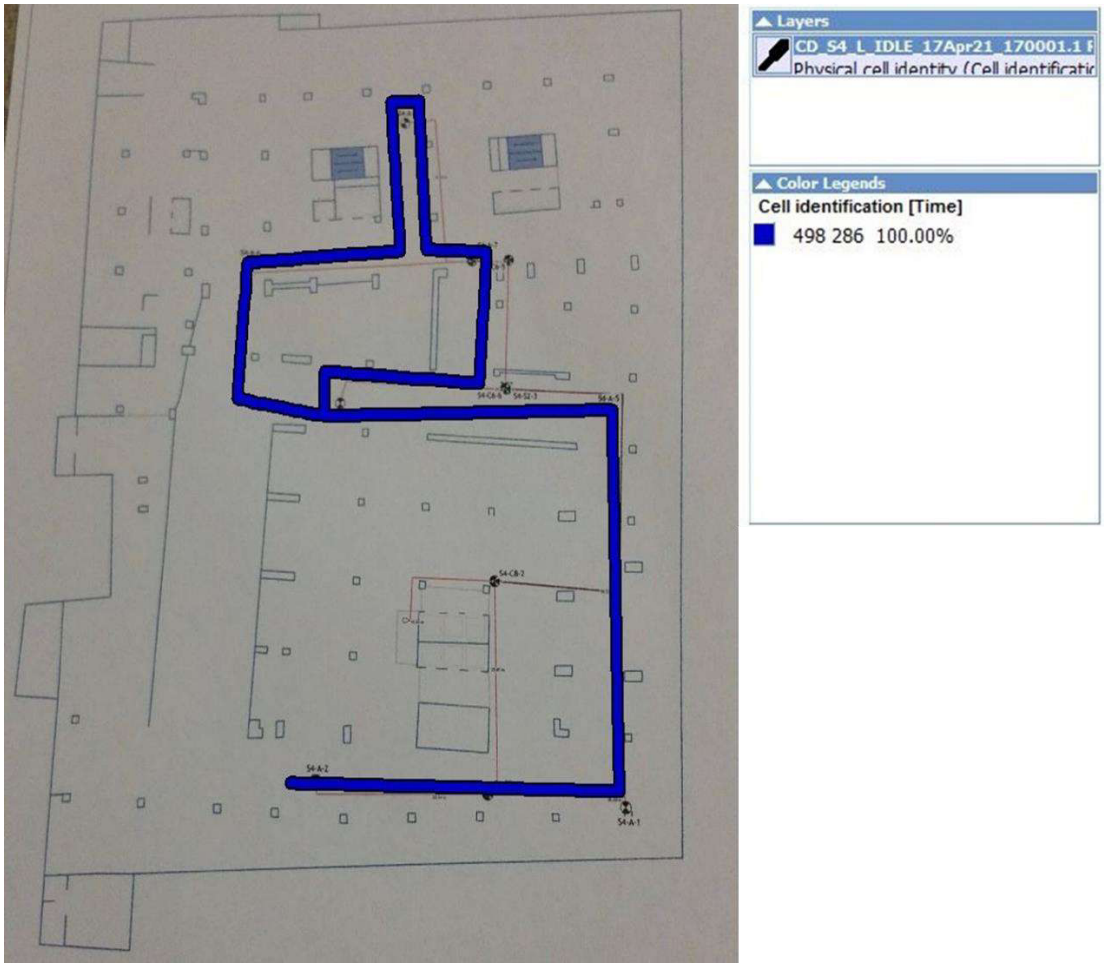



*Fig. 331:* Plot de PCI en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.64. *Sótano 4, Throughput DL*

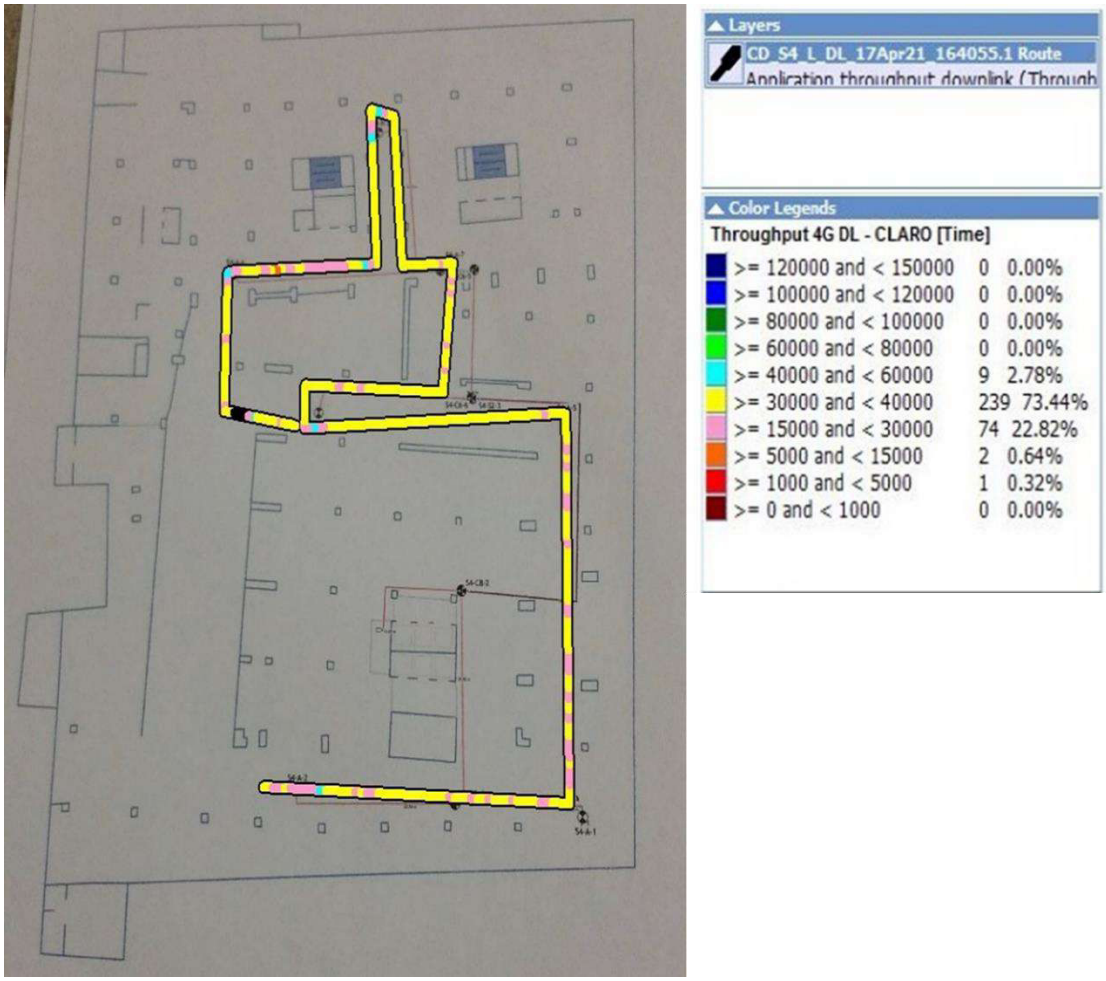



*Fig. 332:* Plot de Throughput DL en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.65. *Sótano 4, Throughput UL*

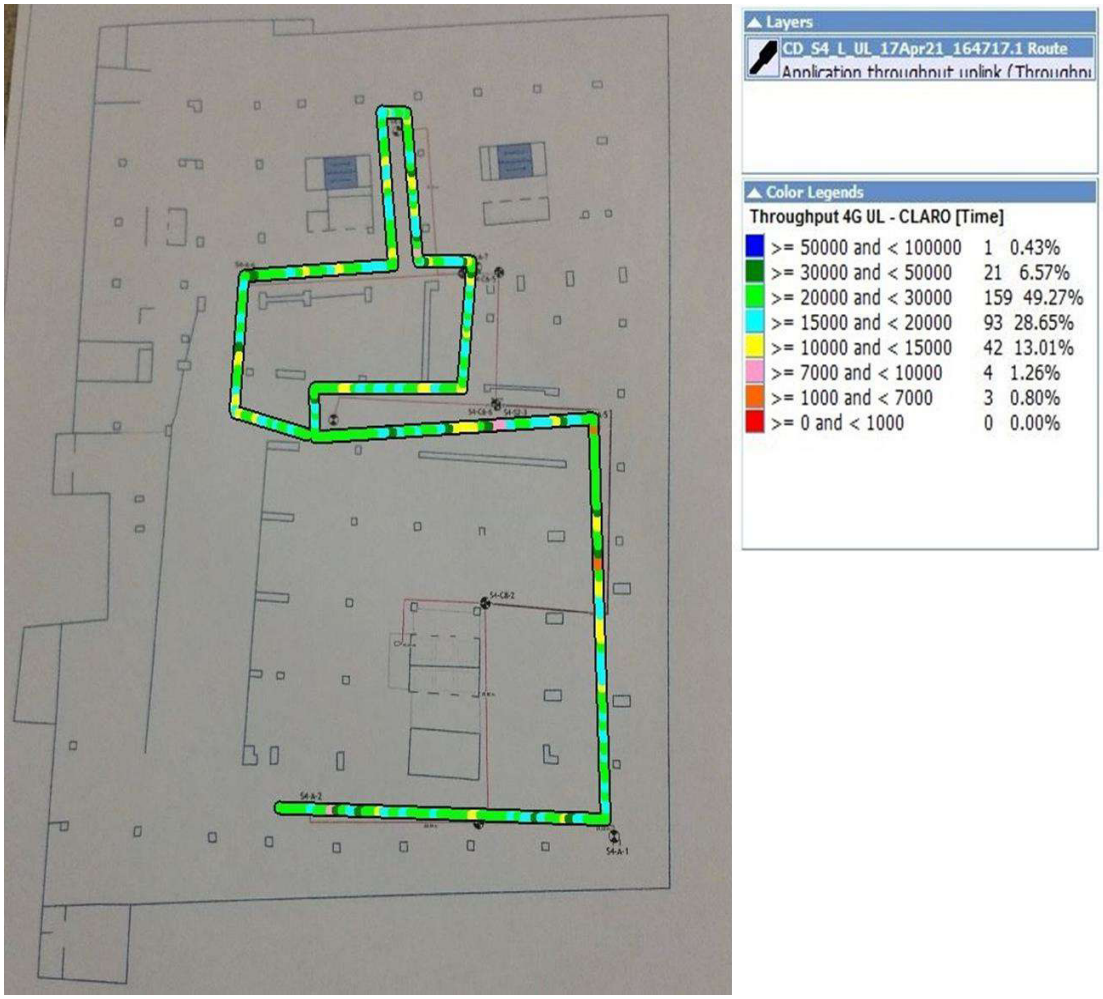



*Fig. 333:* Plot de Throughput UL en el Sótano 4. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.66. *Sótano 5, RSRP*

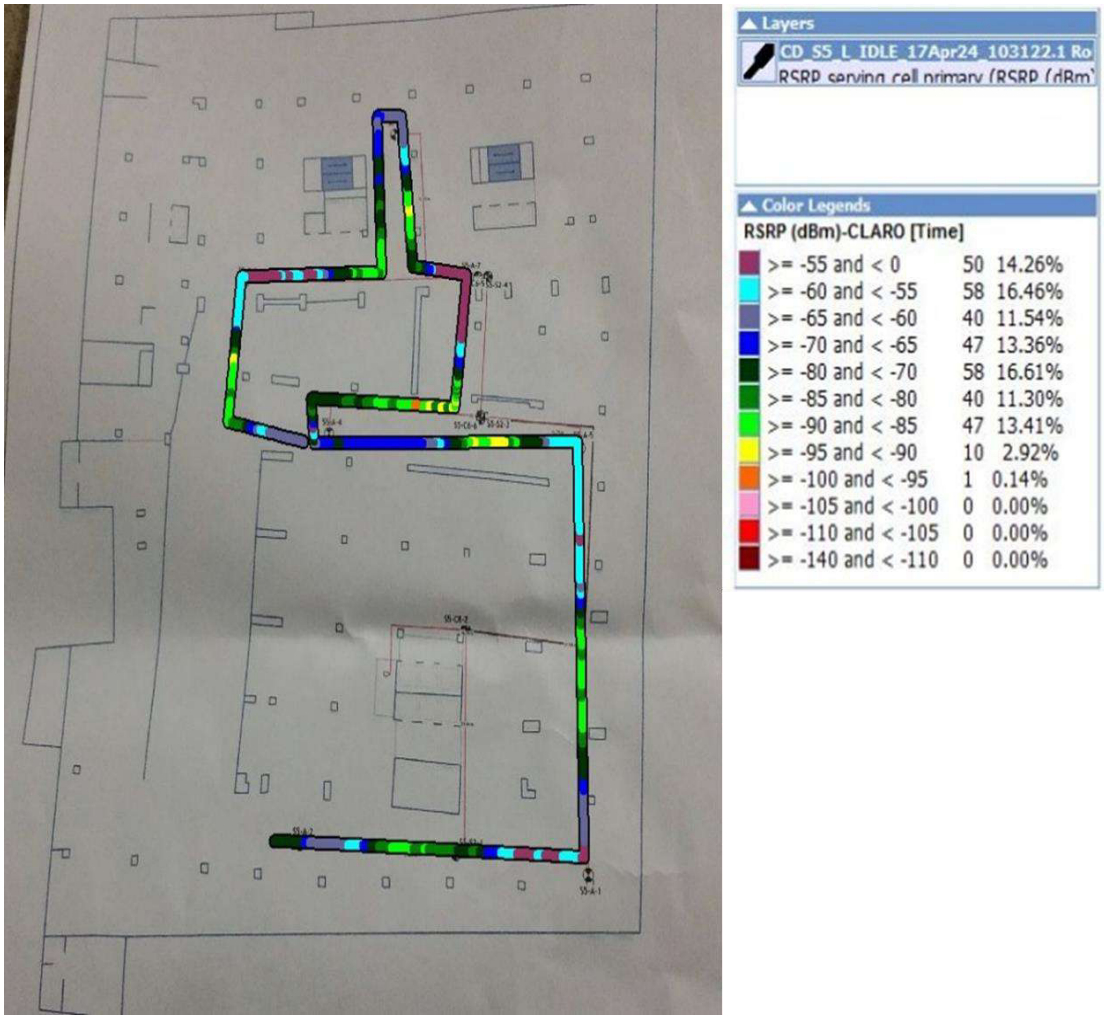



*Fig. 334:* Plot de RSRP en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.67. *Sótano 5, SNIR*

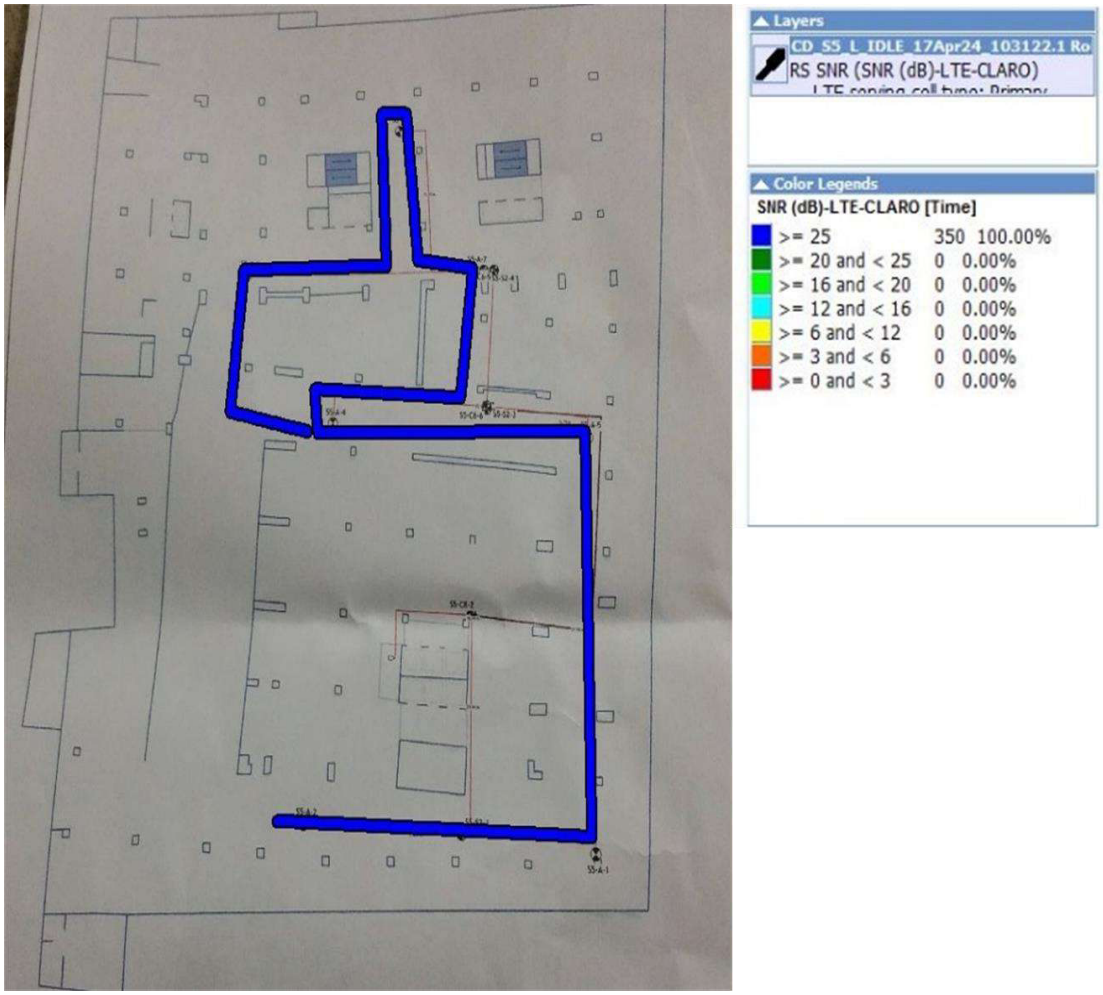



*Fig. 335:* Plot de SNIR en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.68. *Sótano 5, PCI*

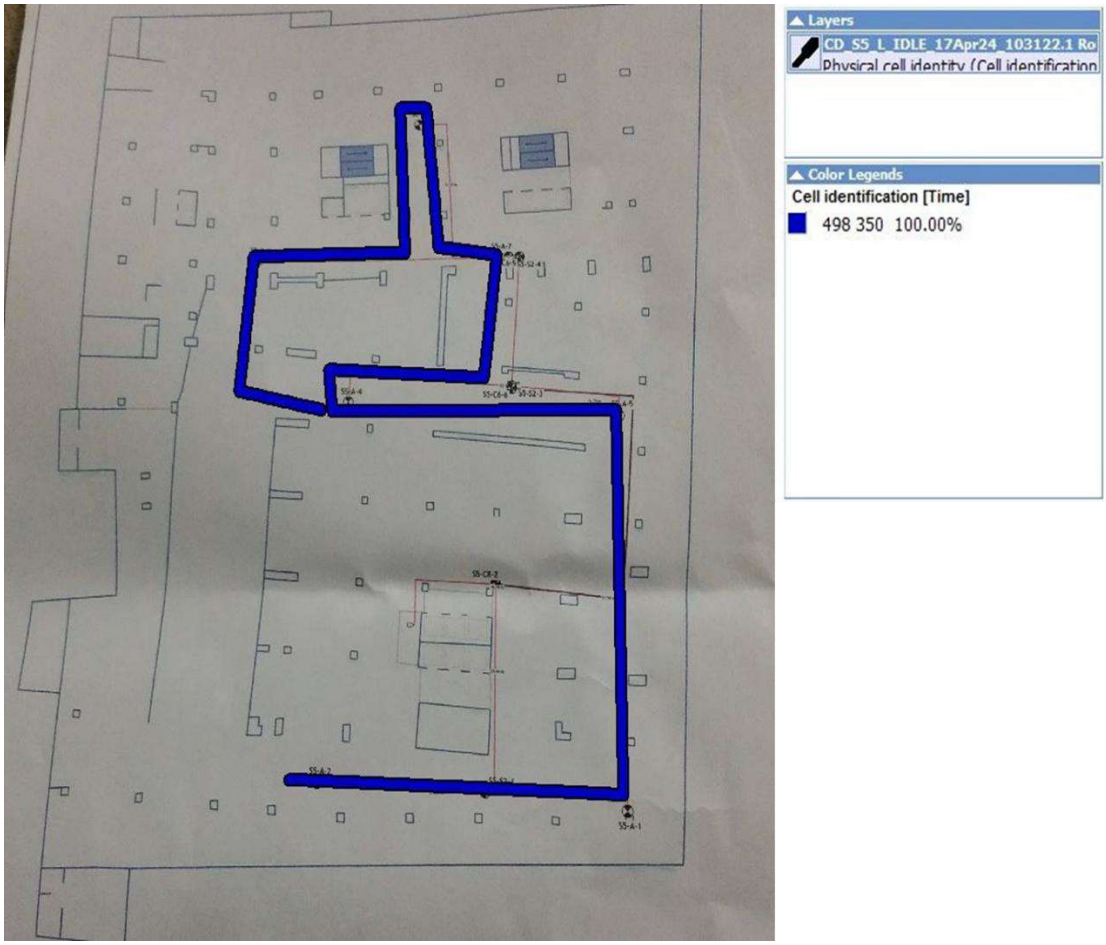



*Fig. 336:* Plot de PCI en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.69. *Sótano 5, Throughput DL*

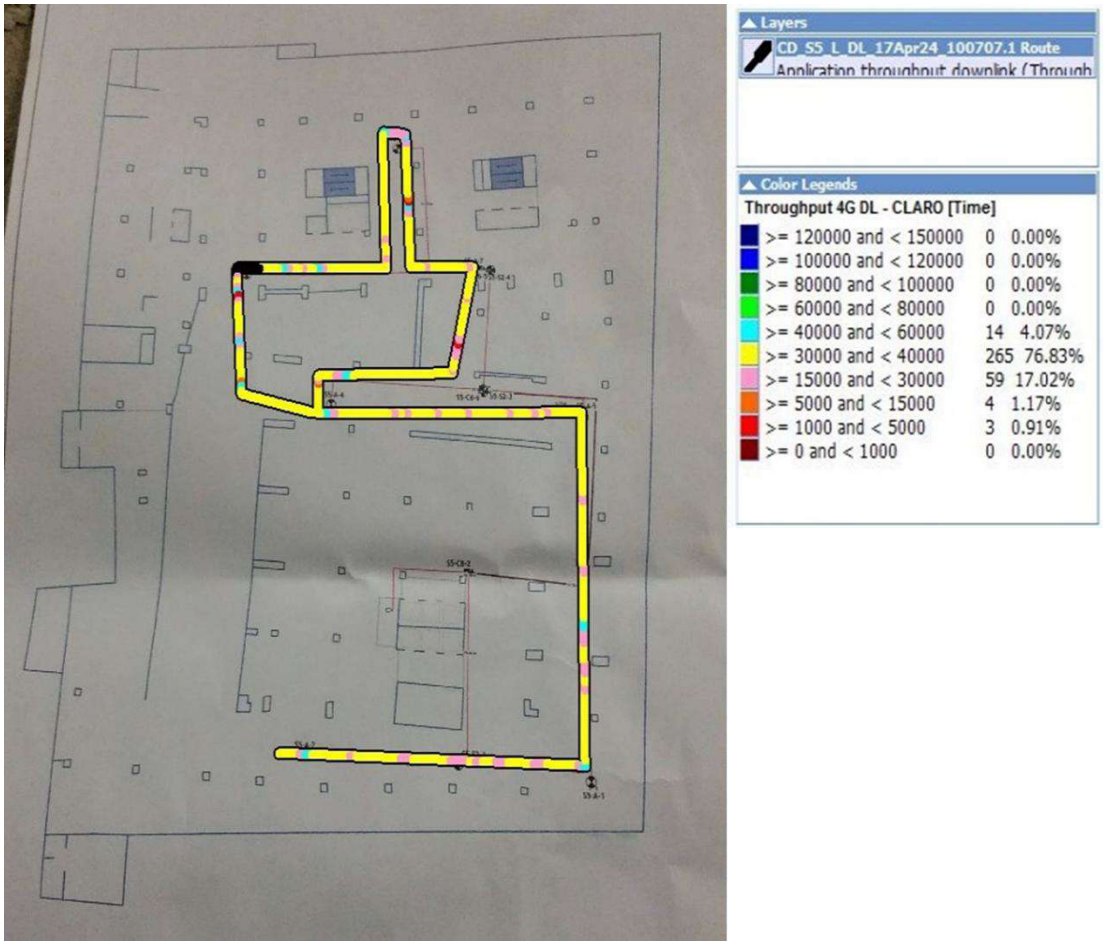



*Fig. 337:* Plot de Throughput DL en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

### 7.8.2.70. *Sótano 5, Throughput UL*

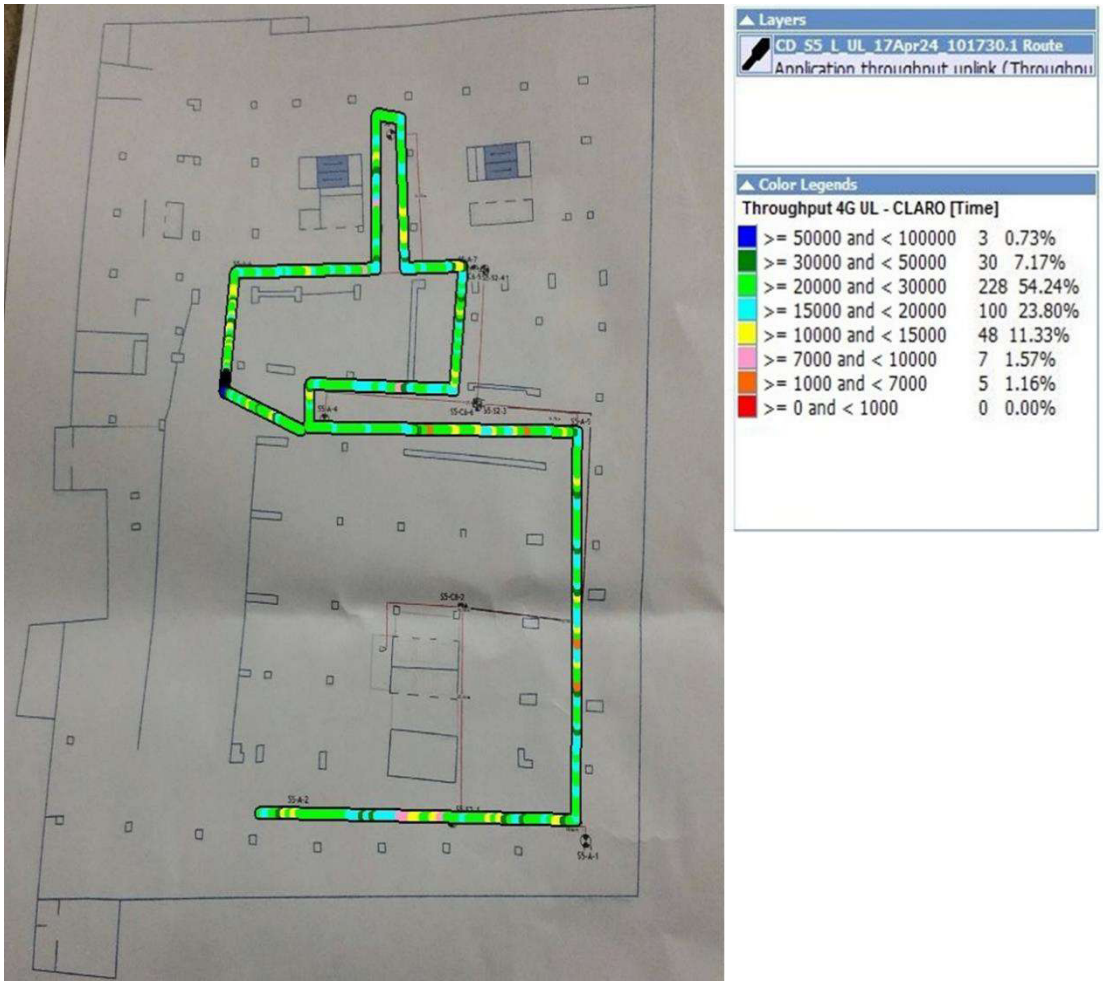



*Fig. 338:* Plot de Throughput UL en el Sótano 5. Fuente: Elaboración Propia

## 7.9. MEDICIONES FINALES EXTERNAS

### 7.9.1. Mediciones 3G

#### 7.9.1.1. *Outdoor, RSCP*

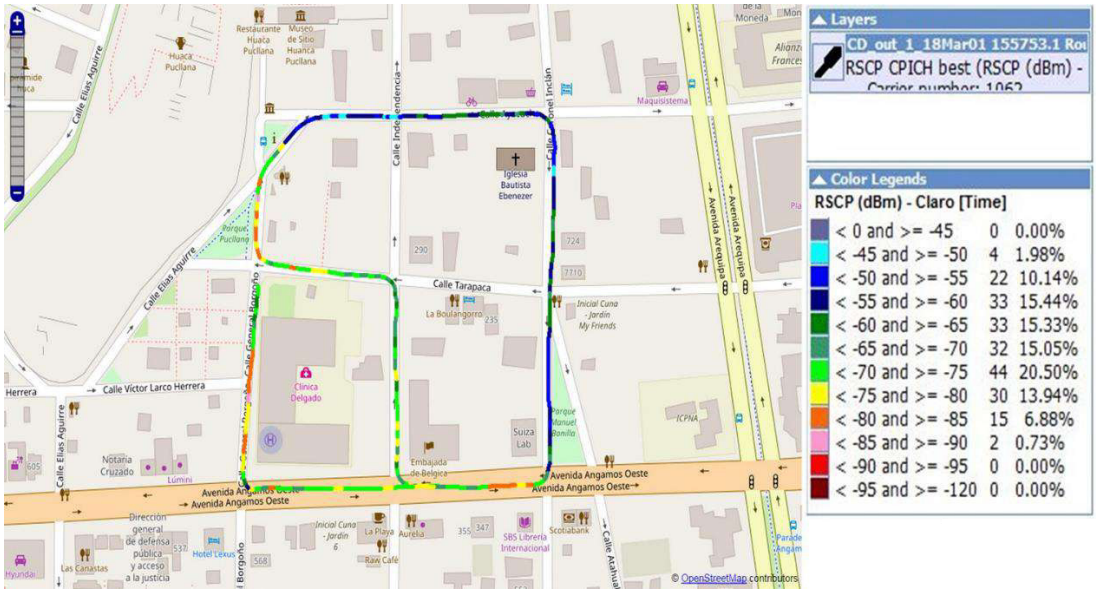



*Fig. 339:* Plot de RSCP en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.1.2. *Outdoor, Ec/No*

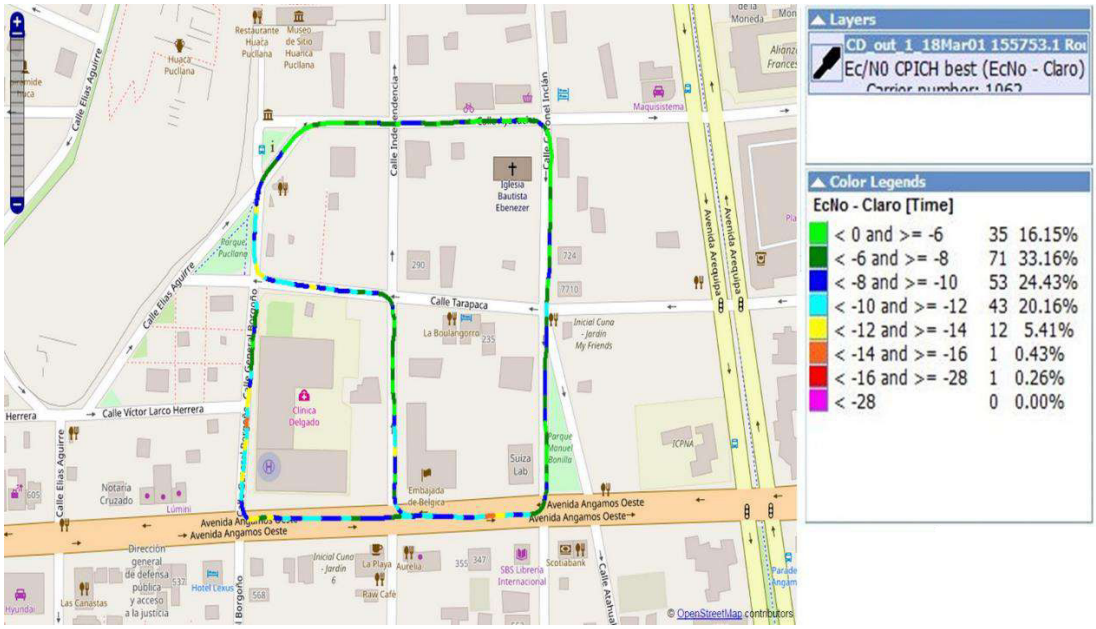



*Fig. 340:* Plot de Ec/No en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.1.3. *Outdoor, Scrambling Code*

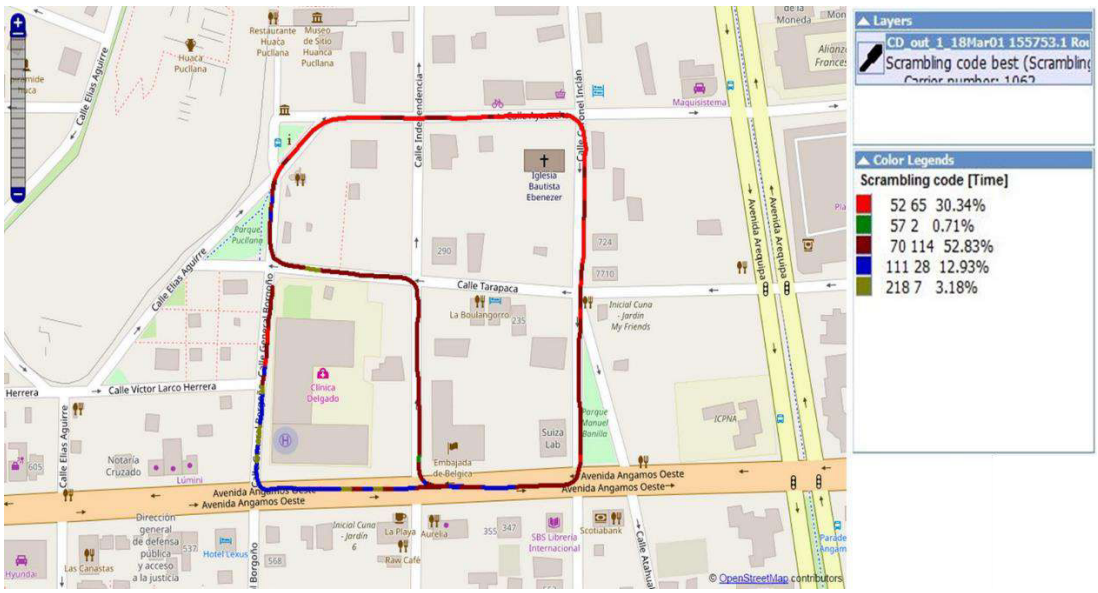



*Fig. 341:* Plot de Scrambling Code en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.1.4. *Outdoor, RSCP filtrado por Scrambling Code 0*

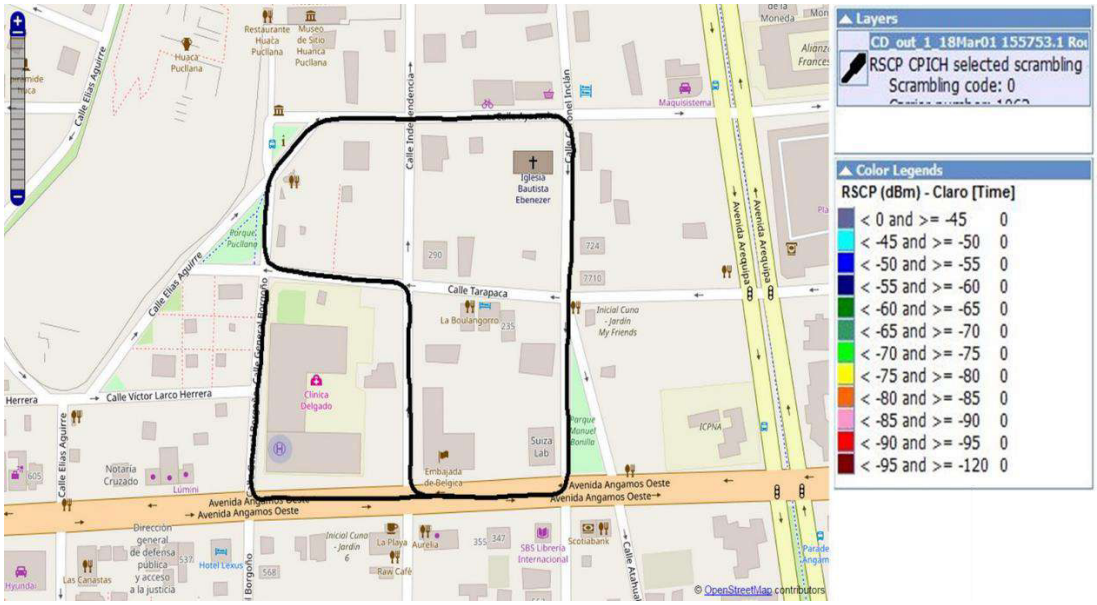



*Fig. 342:* Plot de RSCP filtrado por PSC 0 en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.1.5. *Outdoor, RSCP filtrado por Scrambling Code 1*

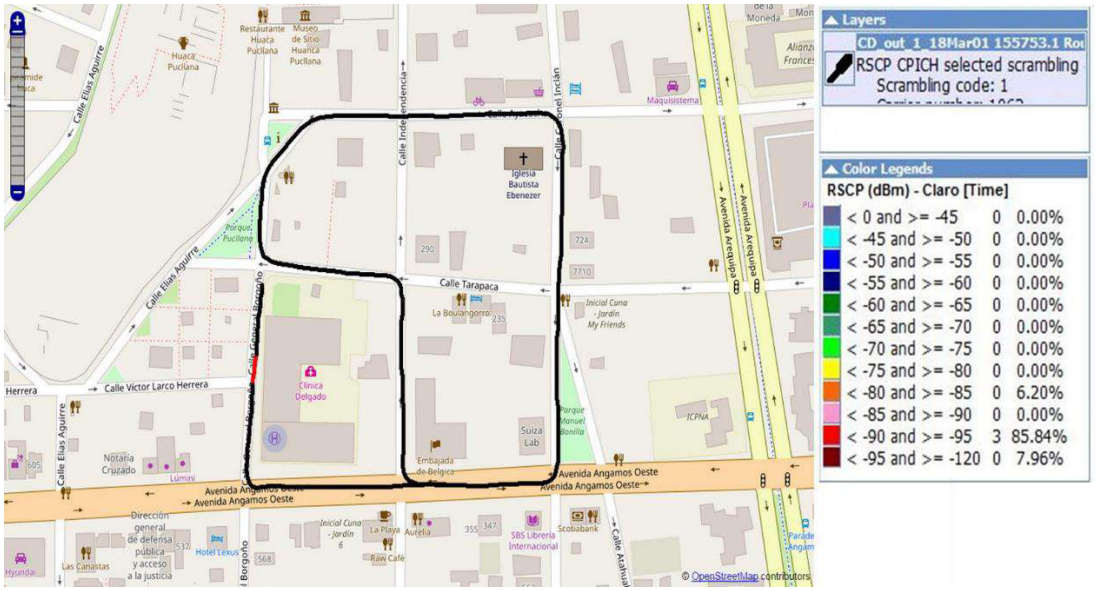



*Fig. 343:* Plot de RSCP filtrado por PSC 1 en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.1.6. *Outdoor, RSCP filtrado por Scrambling Code 5*

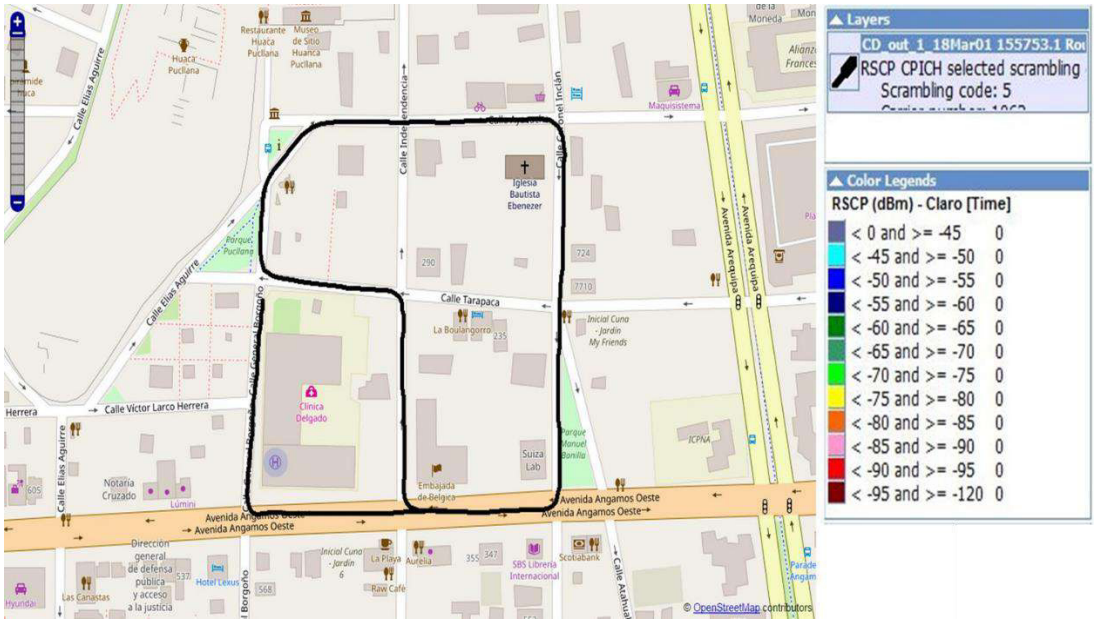



*Fig. 344:* Plot de RSCP filtrado por PSC 5 en los alrededores de la Clínica Delgado.
Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.1.7. *Outdoor, RSCP filtrado por Scrambling Code 6*

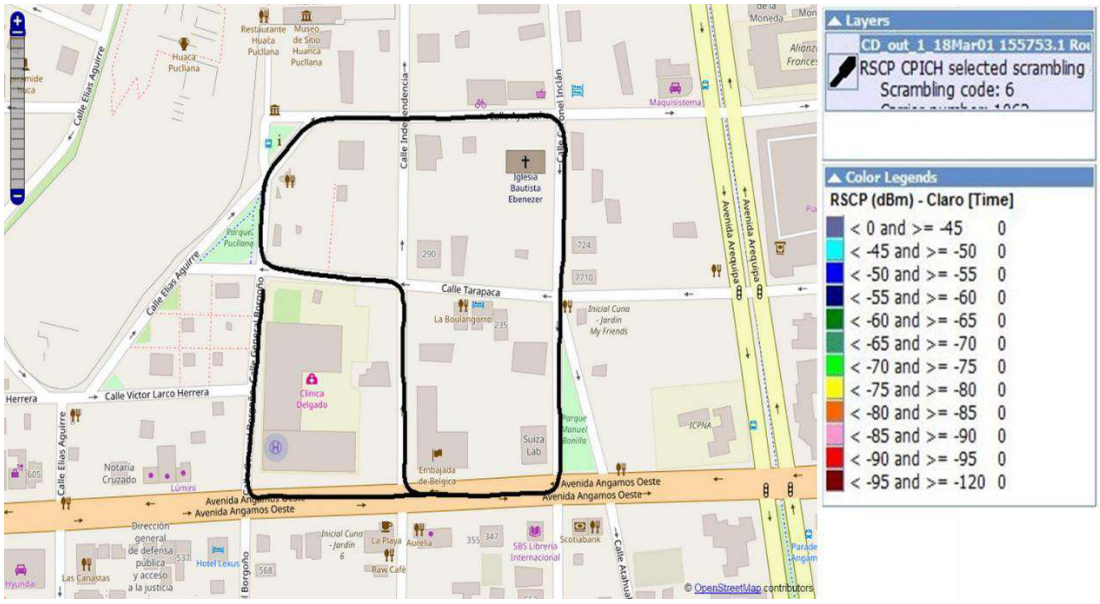



*Fig. 345:* Plot de RSCP filtrado por PSC 6 en los alrededores de la Clínica Delgado.
Fuente: Elaboración Propia

#### 7.9.1.8. *Outdoor, RSCP filtrado por Scrambling Code 7*

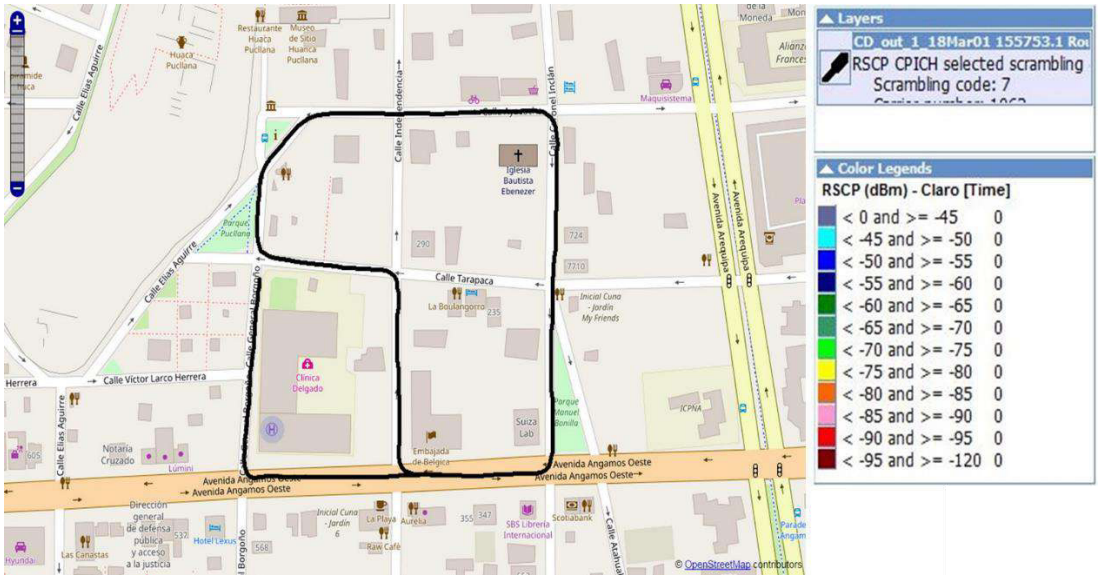



*Fig. 346:* Plot de RSCP filtrado por PSC 7 en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.2. Mediciones 4G

#### 7.9.2.1. *Outdoor, RSRP*

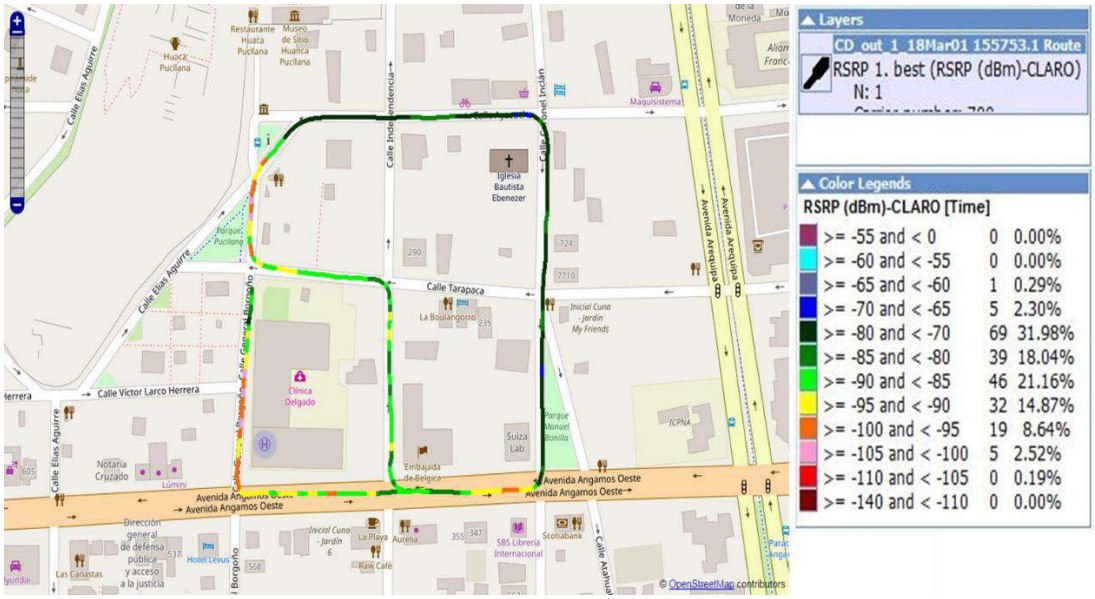



*Fig. 347:* Plot de RSRP en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.2.2. *Outdoor, SNIR*

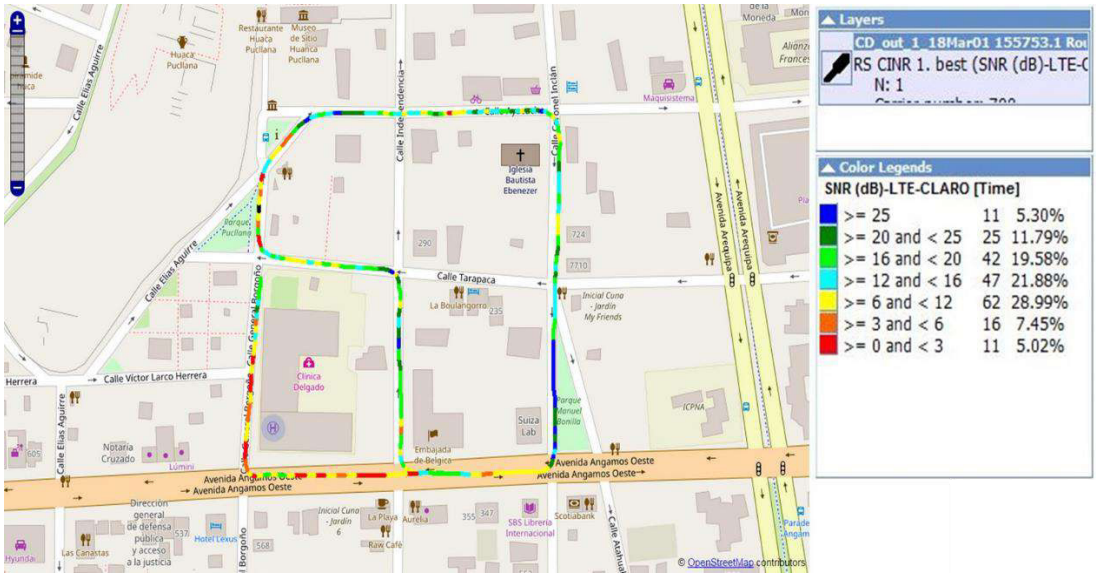



*Fig. 348:* Plot de SNIR en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.2.3. *Outdoor, PCI*

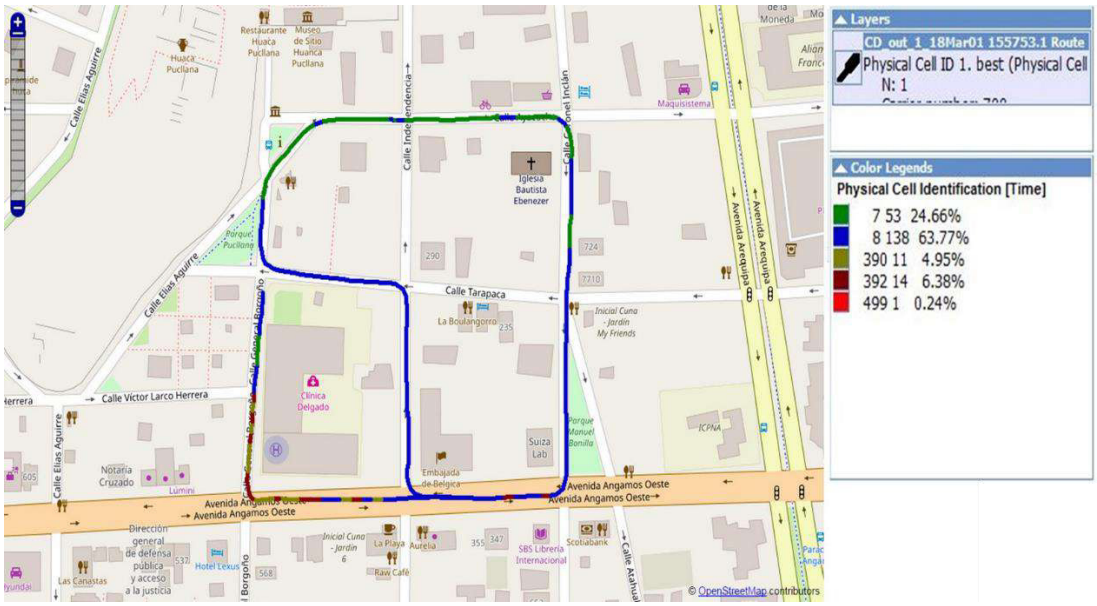



*Fig. 349:* Plot de PCI en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.2.4. *Outdoor, RSRP filtrado por PCI 498*

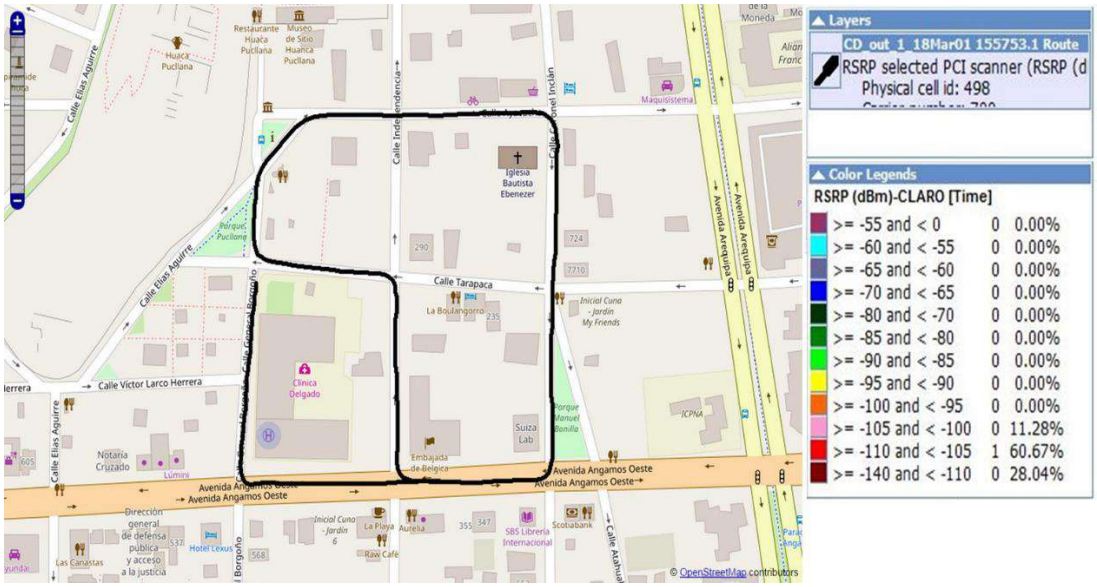



*Fig. 350:* Plot de RSRP filtrado por PCI 498 en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.2.5. *Outdoor, RSRP filtrado por PCI 499*

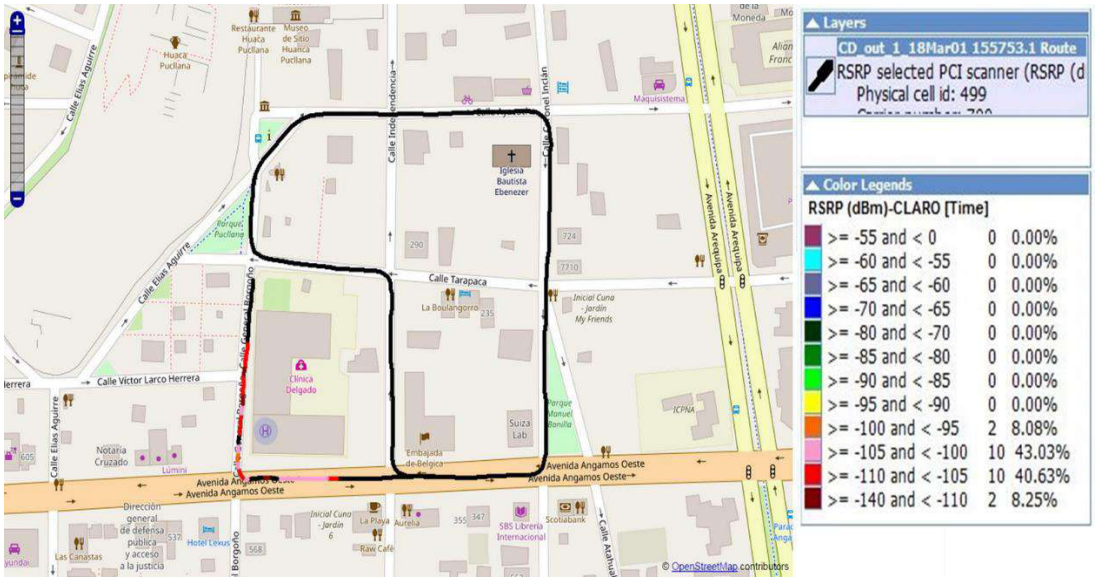



*Fig. 351:* Plot de RSRP filtrado por PCI 499 en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.2.6. *Outdoor, RSRP filtrado por PCI 500*

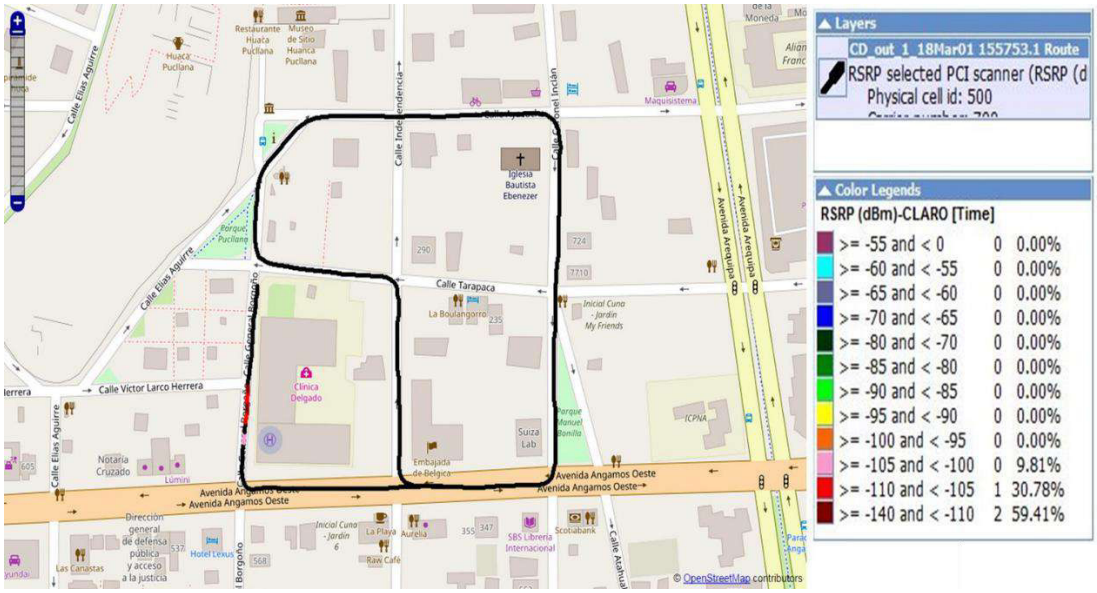



*Fig. 352:* Plot de RSRP filtrado por PCI 500 en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.2.7. *Outdoor, RSRP filtrado por PCI 501*

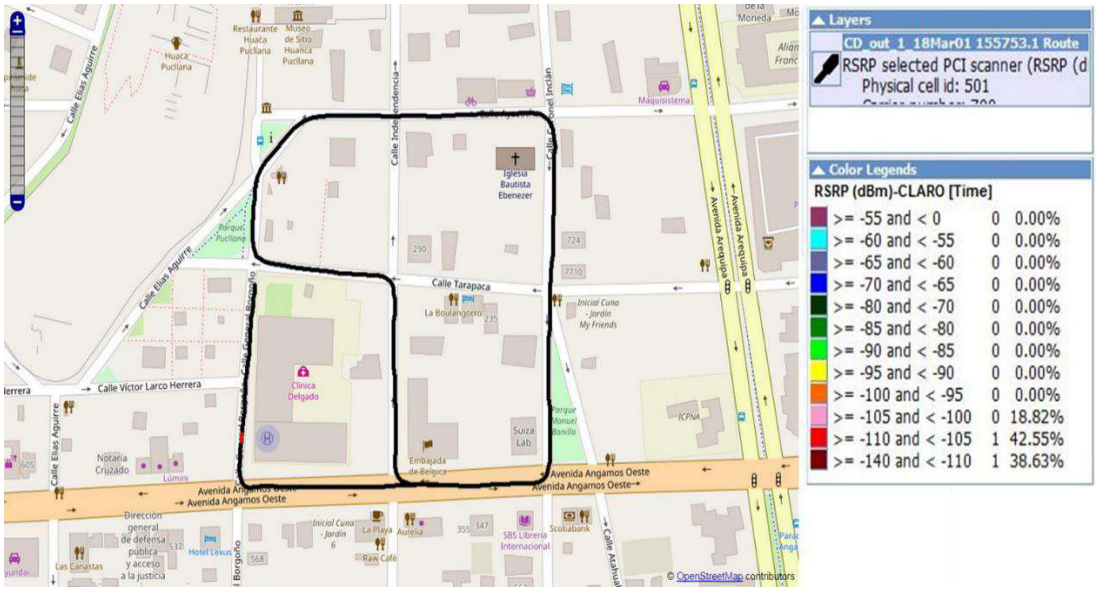



*Fig. 353:* Plot de RSRP filtrado por PCI 501 en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia

### 7.9.2.8. *Outdoor, RSRP filtrado por PCI 502*

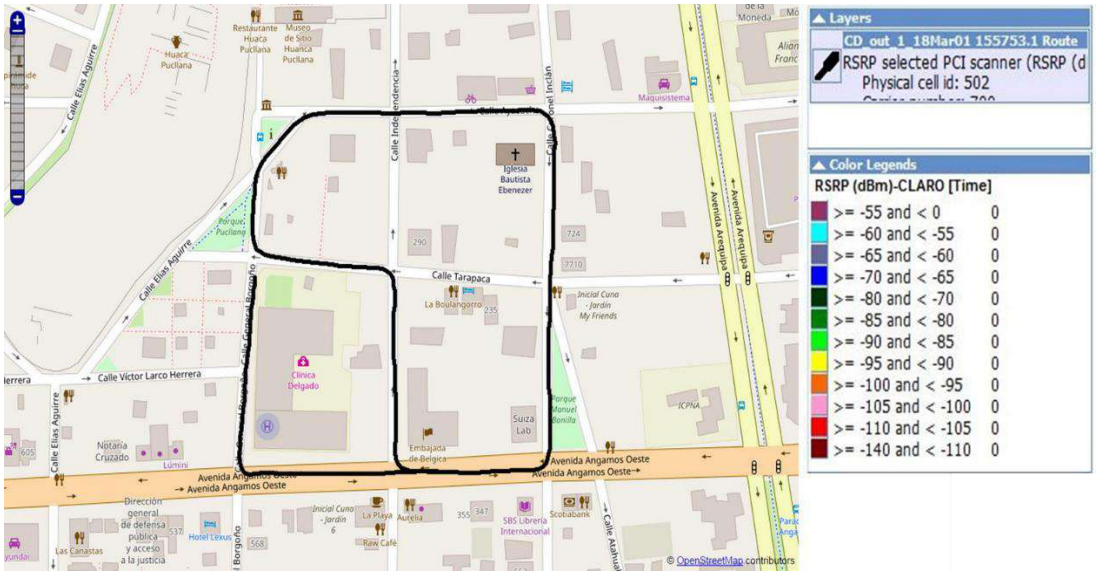



*Fig. 354:* Plot de RSRP filtrado por PCI 502 en los alrededores de la Clínica Delgado. Fuente: Elaboración Propia