

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y
ETIQUETADO PARA EVITAR INSEGURIDAD EN LOS
AMBIENTES LABORALES EN TRANSMISIÓN DE DATOS
EN UNA RADIO BASE DE ENTEL S.A.

Proyecto de Grado Presentando para Obtener
el Grado de Licenciatura

POR: NELSON LUCIO CUARETI CONDORI

TUTOR: M. SC. LUIS RICHARD MÁRQUEZ GONZALES

LA PAZ - BOLIVIA

Marzo, 2022

➤ DEDICATORIA

A Dios: Por haberme dado vida, salud, perseverancia y la fuerza necesaria para alcanzar este objetivo.

A mis padres Santiago Cuareti Layme y Lucia Condori Yujra: Quienes me apoyaron, me guiaron, me dieron su amor incondicional y depositaron su confianza en mí para culminar mis estudios y alcanzar mis metas.

A mi familia a la madre de mis hijo **Sabina Mamani** y mis Hijos Henry y Alexis

A la familia de mis hermanas Mary, Betty y Virginia: fue ella que me dio su apoyo, su confianza incondicionalmente y fue el pilar fundamental para mis éxitos.

➤ AGRADECIMIENTO

Mi tutor de proyecto de grado: M. SC. Luis Richard Márquez Gonzales, por su larga experiencia en el campo de las telecomunicaciones fue quien condujo mis propósitos a un final con éxito.

En especial al **Lic. Nixon Emiliano Vargas Mamani** Q.D.D.G.

A todos los docentes de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones:

Quienes aportaron a mis conocimientos en la tecnología de la electrónica y las telecomunicaciones.

RESUMEN

Nuestro país se encuentra en vías de crecimiento económico y, este crecimiento se tiene que traducir en expansión tecnológica; por lo tanto, tener información en tiempo real y de la forma más rápida y eficiente posible es de vital importancia.

El país se ve en la obligación de montar redes de comunicación, para lo cual se debe atender la demanda de instalación de torres de telecomunicaciones, las cuales deben ser instaladas dentro y fuera de la ciudad y siendo estas estructuras de gran altura, deben de tener imperiosamente un estudio riguroso en cuanto a la estructura para que ésta no falle y cause alguna fatalidad a la población

Este proyecto pretende dar a conocer la importancia del diseño de señalización en el área de la comunicación visual, enfocado principalmente a la problemática visual que se genera en las radio bases en la ciudad de La Paz, por la falta de señalización y etiquetado, de tal manera que se convierte en una razón necesaria el poder solucionar y mejorar la problemática visual en el servicio de la comunicación GSM móvil, promoviendo un sistema visual controlado y ordenado tanto para compañías, y dueños de la comunicación. Mediante las investigaciones realizadas se obtuvo datos importantes que delatan la necesidad urgente de realizar acciones para mejorar el aspecto en la comunicación

Por esta razón el presente proyecto está basado en la optimización del sistema de seguridad y etiquetado para evitar inseguridad en los ambientes laborales en transmisión de datos radio base Entel, La Paz 2021, realizando una mayor precisión de los tiempos del mantenimiento preventivos y correctivos para el personal de servicio.

El sistema del etiquetado basados a las normas de instalación de los proveedores de equipos y de la empresa Huawei y con las norma TIA/EIA 222F para mejor desempeño de instalación de servicios en la radio base para establecer la mejor propuesta técnico-económica.

Este fin es de dar a conocer la importancia de la señalización y etiquetado en las radio bases de Entel operadores en Bolivia para servicios de micro ondas en instalaciones de radio bases como servicios de GSM Móvil en el área de la comunicación, enfocando principalmente a la problemática en los sitios para el personal de mantenimiento e instalaciones de servicios de comunicación para el usuario.

ÍNDICE DE PÁGINAS

CAPÍTULO 1

1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3. OBJETIVOS	6
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	6
1.4. JUSTIFICACION	7
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA.	7
1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.	8
1.4.3. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.....	8
1.4.4. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	8
1.5. DELIMITACIONES	8
1.5.1. DELIMITACION GENERAL	9
1.5.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL	9
1.5.3. DELIMITACIÓN ESPACIAL O GEOGRÁFICA.	9
1.6. METODOLOGÍA.	10
1.6.1. INVESTIGACIÓN APLICADA.....	11

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. HISTORIA	12
2.1.1. HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES EN BOLIVIA	14
2.2. ASPECTOS GENERALES DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES Y ELECCIÓN DE LA TORRE A ANALIZAR	15
2.2.1. TIPOS DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES	15
2.2.2. CLASIFICACIÓN DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES	15
2.2.3. TORRES ARRIOSTRADAS O ATIRANTADAS	16
2.2.4. TORRES AUTOSOPORTADAS	17
2.2.5. TORRES MONOPOLO	19
2.2.5.1. ASPECTOS TÉCNICOS A CONSIDERAR DURANTE Y DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN DE UNA TORRE DE TELECOMUNICACIONES	20

2.3. ESTUDIO DE LA TORRE AUTOSOPORTADAS	22
2.3.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ACERO	22
2.4. CONSIDERACIONES DE VIENTO	24
2.5. CRITERIOS DE DISEÑO	24
2.5.1. TIPOS DE ACERO ESTRUCTURAL	24
2.5.2. SECCIONES COMERCIALES Y EJES PRINCIPALES	26
2.5.3. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS	28
2.5.4. CARGAS.....	29
2.5.4.1. CARGA MUERTA	29
2.5.4.2. CARGA VIVA	30
2.5.4.3. CARGA DE GRANIZO.....	30
2.5.4.4. CARGA DE VIENTO.....	31
2.5.4.5. CATEGORÍAS DE RUGOSIDAD DE TERRENO	32
2.5.4.5.1. CATEGORÍAS DE EXPOSICIÓN.....	32
2.5.4.6. FACTOR DE DIRECCIONALIDAD.....	33
2.5.4.7. CATEGORÍA TOPOGRÁFICA	34
2.5.4.8. COEFICIENTES DE LA CATEGORÍA TOPOGRÁFICA	35
2.5.4.9. COEFICIENTE DE PRESIÓN DE LA VELOCIDAD	35
2.5.4.10. FACTOR REDUCCIÓN DE ALTURA	36
2.5.4.11. PRESIÓN DE VIENTO	36
2.5.4.12. FACTOR DE EFECTO RÁFAGA	36
2.5.4.13. FACTOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO.....	37
2.5.4.14. FUERZA DE VIENTO DE DISEÑO	38
2.5.4.15. FUERZA DE VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA F_{st}	38
2.5.4.16. FUERZA DE VIENTO SOBRE ACCESORIOS F_A	39
2.5.4.17. FUERZA DE VIENTO SOBRE ANTENAS MW.....	42
2.6. EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL CELULAR.	43
2.6.1. INTRODUCCIÓN.....	46
2.6.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIÓN	46
2.6.2.1. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN CON CANAL INALÁMBRICO.....	46
2.6.2.2. TEORÍA DE RADIO PROPAGACIÓN	47
2.6.2.3. TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN	48
2.6.2.4. CELDA.....	49
2.6.2.4.1. TAMAÑO DE LA CELDA.....	51
2.6.2.5. HANDOVER.....	52
2.6.2.5.1. CANALES EN RED CELULAR	54
2.6.2.5.2. A CANALES FÍSICOS	54
2.6.2.5.3. B CANALES LÓGICOS.....	54

2.6.2.6. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	54
2.6.3. TIPOS DE TECNOLOGÍA	55
2.6.3.1. UMTS	55
2.6.3.1.1. ARQUITECTURA DE RED UMTS.....	55
2.6.3.1.2. A ARQUITECTURA UTRAN	57
2.6.3.1.3. B CONTROLADOR DE RED DE RADIO (RNC)	57
2.6.3.1.4. C NODO B	57
2.6.3.2. LTE (LONG TERM EVOLUTION).....	58
2.6.3.2.1. A REQUISITOS DEL SISTEMA	59
2.6.3.3. B ARQUITECTURA LTE.....	60
2.6.3.4. C MÉTODO DE TRANSMISIÓN.....	62
2.6.4. ELEMENTOS DE UNA RED CELULAR	63

CAPÍTULO 3

3. MARCO PRÁCTICO	64
3.1 INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	64
3.2. ANTECEDENTES DE LA TECNOLOGÍA.....	65
3.2.1. SUBASTA 4G-LTE EN BOLIVIA.....	66
3.2.2. CIFRA DE USUARIOS EN BOLIVIA	67
3.3. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA ESTACIÓN MÓVIL Y LA VERIFICACIÓN DEL SITIO	68
3.3.1. SISTEMA DE COMUNICACIÓN MÓVIL GSM	68
3.3.2. ESCENARIOS DE INSTALACIÓN	70
3.3.2.1 DISPOSICIÓN DE LAS TARJETAS EN LA BBU (AMBOS ESCENARIOS):	73
3.3.2.2. EQUIPOS EN EL RACK DEL GABINETE	74
3.3.3 PRE INSTALACIÓN.....	74
3.3.3.1. INGRESO Y SALIDA DE SITIO.....	74
3.3.3.2. PREPARACIÓN DEL SITIO	76
3.3.3.3. LIMPIEZA EN EL SITIO	76
3.3.3.4 HERRAMIENTAS DE TRABAJO	77
3.3.3.5 SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (EHS)	78
3.3.3.5.1 REGLAS ABSLOUTAS DE EHS	79
3.3.3.5.2. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL.	80
3.3.3.5.3. SENALIZACION DEL SITIO.....	81
3.3.3.6. MONTAJE DE LOS EQUIPOS.....	82
3.3.3.6.1. ESPACIO GABINETES	82

3.3.3.6.2. ESPACIO RRUS	83
3.3.3.6.3. INSTALACIÓN DE GABINETES.....	85
3.3.3.6.4. INSTALACIÓN DE LOS RECTIFICADORES.....	90
3.3.3.6.5. INSTALACIÓN DE LA DCDU-12B	91
3.3.3.6.6. INSTALACIÓN DE SENSORES	93
3.3.3.6.6.1. SENSOR DE HUMO	93
3.3.3.6.6.2. SENSOR DE AGUA	94
3.3.3.6.6.3. SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA.....	94
3.3.3.6.7. SELLADO DE LOS GABINETES	96
3.3.3.7. INSTALACIÓN DE RRUS	96
3.3.3.7.1. CALCULO DE ELEVACIÓN DE EQUIPOS DE RRUs.....	97
3.3.3.7.2. ELEVACIÓN DE LA RRU A LA TORRE	100
3.3.3.7.3. INSTALACIÓN DE LA RRU EN UN POLO	102
3.3.3.7.4. ELEVACIÓN DE LOS CABLES DE ENERGÍA Y LA FIBRA OPTICA ...	103
3.3.3.8. INSTALACIÓN DE ANTENA	105
3.3.3.8.1. ENSAMBLADO DE LA ANTENA	105
3.3.3.8.2. INSTALACIÓN DE LOS JUMPERS.....	106
3.3.3.8.3. ELEVACIÓN DE LA ANTENA A LA TORRE.....	108
3.3.3.8.4. CALCULO DE ELEVACIÓN DE LA ANTENA A LA TORRE.....	108
3.3.3.8.5. INSTALACIÓN DE LA ANTENA EN EL POLO.....	111
3.3.3.8.6. AJUSTE DEL AZIMUT	112
3.3.3.8.7. INSTALACIÓN DE RET	113
3.3.3.9. INSTALACIÓN DEL CABLEADO.....	118
3.3.3.9.1. ORIENTACIÓN DE LOS CABLES DENTRO EL GABINETE.....	118
3.3.3.9.2. ORIENTACIÓN CABLES ÓPTICOS	119
3.3.3.9.3. CABLEADO DE LA ESCALERILLA	119
3.3.3.9.3. CABLE DE GESTIÓN NETECO.....	120
3.3.3.9.4. INSTALACIÓN DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN TCUC.....	121
3.3.3.9.5. INSTALACIÓN DE CABLES DE LA DCDU.....	122
3.3.3.9.6. INSTALACIÓN DE UN CABLE DE ALIMENTACIÓN DE AC DE SALIDA	124
3.3.3.9.7. INSTALACIÓN DE CABLES DE ALIMENTACIÓN DE ENTRADA DE AC	125
3.3.3.9.8. CABLEADO DE LOS BANCOS DE BATERÍAS	126
3.3.3.10. VULCANIZADO	128
3.3.3.10.1. PROTECCIÓN CONTRA GOTEO	128
3.3.3.10.2. CABLE JUMPER EXCEDENTE.....	129
3.3.3.11.3. VERIFICACIÓN DEL VULCANIZADO	129
3.3.3.12. PUESTA A TIERRA.....	131
3.3.3.12.1. BARRAS DE TIERRA	131

3.3.3.12.2	TERMINALES DE TIERRA	131
3.3.3.12.3	ATERRAMIENTO DEL GABINETE.....	132
3.3.3.12.4	ATERRAMIENTO DE LA BBU.....	134
3.3.3.13.5	ATERRAMIENTO DE LAS RRUS	135
3.3.3.13.6	ATERRAMIENTO DE LOS CABLES DC DE LAS RRUS.....	136
3.3.3.14	INSTALACIÓN DE BATERIAS	140
3.3.3.14.1	INSTALACIONES GENERALES	140
3.3.3.14.2	RECOMENDACIONES INSTALACIÓN DE BATERÍAS	142
3.3.3.14.3	PRUEBA DE VOLTAJE	143
3.3.3.15.1	ETIQUETADO Y ENCINTADO	144
3.3.3.15.2	ETIQUETADO DE CABLES RF (JUMPERS).....	144
3.3.3.15.3	ENCINTADO DE COLOR DE LOS JUMPERS.....	145
3.3.3.15.4	ENCINTADO DE COLORES HUAWEI.....	146
3.3.3.15.5	NOMENCLATURA RRU	148
3.3.3.15.6	ENCINTADO DE LOS CABLES DE DATOS DE LA BBU	148
3.3.3.16	FINALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN	150
3.3.3.16.1	ACEPTACIÓN.....	150

CAPÍTULO 4

4.	MARCO CONCLUSIVO	151
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	151
4.1.	CONCLUSIONES.....	151
4.2.	RECOMENDACIONES	152
4.3.	BIBLIOGRAFÍA.....	153
4.3.1.	WEB.....	154
4.5.	ANEXOS.....	156

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Red Móvil para instalar año 2020	2
Figura 2	Comunicaciones de radio base Fase III – IRB III	3
Figura 3	Imagen de la Radio base Valenciani	4
Figura 4	Radio base Valenciani de la empresa Entel S.A.....	9
Figura 5	Gannat Francia, Viaducto de Neuvia.....	12
Figura 6	Construcción torre Eiffel.....	13
Figura 7	Ejemplos de torres de telecomunicaciones.....	15
Figura 8	Torres arriostradas o atirantadas.....	16
Figura 9	Torre autosoportada.....	18
Figura 10	Torre monopolio.....	19
Figura 11	Relación esfuerzo deformación del acero.....	25

Figura 12	Medio inalámbrico usado en sistema de comunicación	47
Figura 13	Onda Electromagnética	48
Figura 14	Área de cobertura de una celda práctica.....	49
Figura 15	Área de cobertura de una celda práctica.....	50
Figura 16	Tipos de celdas	52
Figura 17	Móvil realizando handover.....	53
Figura 18	Bandas de radio que nos interesan y sus usos principales.....	55
Figura 19	Arquitectura UMTS.....	57
Figura 20	Arquitectura del sistema LTE- EUTRAN	60
Figura 21	Configuraciones de antenas MIMO.....	62
Figura 22	Elementos de una Red Celular	63
Figura 23	Sistema en una Radio Base.....	64
Figura 24	Cantidad de Clientes correspondientes a cada departamento.....	68
Figura 25	Diagrama de servicio con antenas penta band (APE4518R14V06) con dos puertos en 850 para dar flexibilidad a la solución y servirán para las tecnologías GSM y UMTS	71
Figura 26	Diagrama de servicio con antenas Omnidireccionales (SL13012A) para los puertos T/R de la RRU y servirán para las tecnologías GSM y UMTS.....	72
Figura 27	Tarjetas en la BBU	73
Figura 28	Rack del gabinete	74
Figura 29	Herramientas de trabajo.....	78
Figura 30	Reglas absolutas de EHS.....	79
Figura 31	Equipos de protección personal.....	80
Figura 32	Señalizaciones del sitio.....	82
Figura 33	Espacio gabinetes	83
Figura 34	Espacio RRUS	85
Figura 35	Instalación de gabinetes.....	86
Figura 36	Instalación de gabinetes.....	86
Figura 37	Instalación de gabinetes.....	87
Figura 38	Instalación de gabinetes.....	88
Figura 39	Instalación de gabinetes.....	88
Figura 40	Montaje de gabinete	89
Figura 41	Montaje de gabinete	90
Figura 42	Instalación de los rectificadores	91
Figura 43	Instalación de la DCDU.....	91
Figura 44	Instalación de la DCDU.....	92
Figura 45	Instalación de la DCDU.....	93
Figura 46	Sensor de humo	94
Figura 47	Sensor de agua.....	94
Figura 48	Sensor de humedad y temperatura.....	95
Figura 49	Sensor de humedad y temperatura.....	96
Figura 50	Calculo de elevación de equipos	97
Figura 51	Calculo de Tensión (a,b).....	98
Figura 52	Calculo de Tensión (a,b).....	99
Figura 53	Elevación de la RRU a la torre	100

Figura 54	Formas incorrecta de sujetar la RRU.....	101
Figura 55	Instalación de la RRU en un polo.....	102
Figura 56	Asegurar la RRU en el soporte principal.....	102
Figura 57	Forma correcta de asegurar la fibra.....	103
Figura 58	Forma incorrecta de asegurar la fibra.....	104
Figura 59	Cables de energía.....	104
Figura 60	Fijado del soporte de la antena a la antena.....	105
Figura 61	Instalación de los cables jumpers.....	106
Figura 62	Instalación de los cables jumpers a la antena.....	107
Figura 63	Calculo de elevación de la antena.....	108
Figura 64	Calculo de Tensión (a,b) de la antena exterior.....	109
Figura 65	Elevación de antena a la torre.....	110
Figura 66	Instalación de la antena en polo.....	111
Figura 67	Ajuste del azimut.....	112
Figura 68	Utilizando un inclinometro (apoyado en la parte posterior de la antena).....	113
Figura 69	Instalación de red.....	114
Figura 70	Conectar del puerto red de la RRU al conector db9 del cable aisg, tal como se aprecia en la siguiente imagen.....	114
Figura 71	Conexión de cable AISG a la RRU.....	115
Figura 72	Conectores AISG N2 Y AISG2.....	116
Figura 73	Aseguramientos de conectores.....	117
Figura 74	Aseguramientos de conectores.....	118
Figura 75	Orientación de cables ópticos.....	119
Figura 76	(1) Fibra óptica (2) energía.....	120
Figura 77	Cables de gestión neteco.....	121
Figura 78	Gabinete combinado.....	122
Figura 79	Instalación de gabinetes DCDCU.....	123
Figura 80	Conector de salida de DC.....	124
Figura 81	Carga AC.....	125
Figura 82	Instalación de cable de energía entrada.....	125
Figura 83	Accesorio en el BREAKER de entrada AC.....	126
Figura 84	Cableado de los bancos de baterías.....	127
Figura 85	Instalar barras colectoras como se muestra en la siguiente.....	127
Figura 86	Vulcanizada protección contra goteo.....	128
Figura 87	Cable jumper excedente.....	129
Figura 88	Verificación del vulcanizado.....	129
Figura 89	El procedimiento para el correcto vulcanizado con cinta.....	130
Figura 90	Terminación pgnnd tierra.....	131
Figura 91	Arandela plana como se debe instalar.....	132
Figura 92	Aterramiento del gabinete.....	133
Figura 93	Aterramiento de tierra a las baterías.....	134
Figura 94	Aterramiento de la BBU.....	135
Figura 95	Aterramiento de las RRUS.....	136
Figura 96	Aterramiento de los cables DC de las RRUS.....	137

Figura 97	Aterramiento de los cables DC de las RRUS	137
Figura 98	Requeridos para cada CLAMP de aterramiento.....	138
Figura 99	Conector y luego cortar la cinta.....	140
Figura 100	Banco de batería se encuentra en la parte inferior del gabinete	141
Figura 101	Proteger esta parte con tubo termo-contraíble.....	142
Figura 102	Posición NEG (-).....	142
Figura 103	Cubierta debe colocarse y asegurarla.....	143
Figura 104	Prueba de voltaje	144
Figura 105	Etiquetado de cables RF (JUMPERS).....	145
Figura 106	Encintado de color de los JUMPERS	145
Figura 107	Encintado de colores huawei.....	146
Figura 108	Encintado de colores	147
Figura 109	Encintado.....	149

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Métodos de Investigación.....	10
Tabla 2	Aceros estructurales permitidos por la NSR-10	26
Tabla 3	Algunas secciones y ubicación de ejes.....	27
Tabla 4	Clasificación de la estructura	28
Tabla 5	Factores de importancia	28
Tabla 6	Factor de importancia (cargas de viento) NSR-10.....	29
Tabla 7	Coefficientes de la categoría de exposición.....	33
Tabla 8	Factor de direccionalidad TIA-222-G	33
Tabla 9	Factores de direccionalidad NSR-10.....	34
Tabla 10	Categoría topográfica	35
Tabla 11	Factores de dirección del viento.....	37
Tabla 12	Accesorios.....	40
Tabla 13	Coefficiente de fuerza para accesorios.....	42
Tabla 14	Coefficiente de fuerza de viento para antena microondas típica con cubierta cilíndrica....	43
Tabla 15	Tipos de Cobertura Celular en función del Tráfico.....	51
Tabla 16	ESCENARIO I:Nueva radio base Macro GSM/UMTS 850 S2/2/2.....	70
Tabla 17	ESCENARIO II: Nueva radio base focalizada GSM/UMTS 850 2/0/0.....	71
Tabla 18	Nueva radio base localizada.....	75
Tabla 19	Calculo de Tensión (a,b) para equipo de RRU 15 Kg.....	98
Tabla 20	Calculo de Tensión (a,b) para equipo de RRU 17 Kg.....	99
Tabla 21	Calculo de Tensión (a,b) para equipo de la antena exterior 50 Kg	109

CAPÍTULO 1

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

ENTEL S.A.

Es una empresa estatal boliviana de telecomunicaciones con sede central en La Paz.

RESEÑA HISTORICA ENTEL S.A.

Entel fue fundada el 22 de diciembre de 1965 como Sociedad Anónima Mixta con representación oficial del Estado boliviano, con la finalidad de “desarrollar las telecomunicaciones en todas sus modalidades y formas en el territorio nacional”. En 1966 se convirtió en empresa pública descentralizada, bajo la tutela del Ministerio de Transportes, Comunicaciones y Aeronáutica Civil.

El 27 de noviembre de 1995, se concedió a ETI - STET International (Telecom Italia) el 50% de las acciones de ENTEL y la gestión de la empresa. Adicionalmente, la Ley de Telecomunicaciones (Ley N° 1632 del 5 de julio de 1995) acordó a ENTEL un monopolio durante seis años sobre los servicios de telefonía de larga distancia nacional e internacional. Telecom Italia, por su lado, se comprometió a implementar un plan de inversión por un total de 610 millones de dólares, y a cumplir con las metas de expansión y calidad definidas por la ley y por el contrato de concesión.

En 2005, al ser electo Presidente de la República, Evo Morales Ayma anunció, conforme al mandato otorgado en referéndum por el pueblo boliviano, que recuperarán los recursos naturales y se nacionalizará las empresas estratégicas del país.

A diez años de la capitalización y cinco de la liberalización de las telecomunicaciones en Bolivia, ENTEL ocupa una posición de liderazgo frente a sus competidores.

El 1 de mayo de 2008, ENTEL se nacionaliza por Decreto Supremo N°29544. El Estado Boliviano es ahora el titular del 97% de las acciones de la empresa; se garantiza la

estabilidad laboral de los trabajadores y las trabajadoras de ENTEL, así como los contratos suscritos con clientes y proveedores.

En 2013 se marca un hito en la historia de la empresa, debido al lanzamiento del satélite Tupac Katari que sería beneficioso para su cobertura en Bolivia. (Entel, 2016).

La empresa entel tiene como ampliacion de servicio movil de la gestion 2021

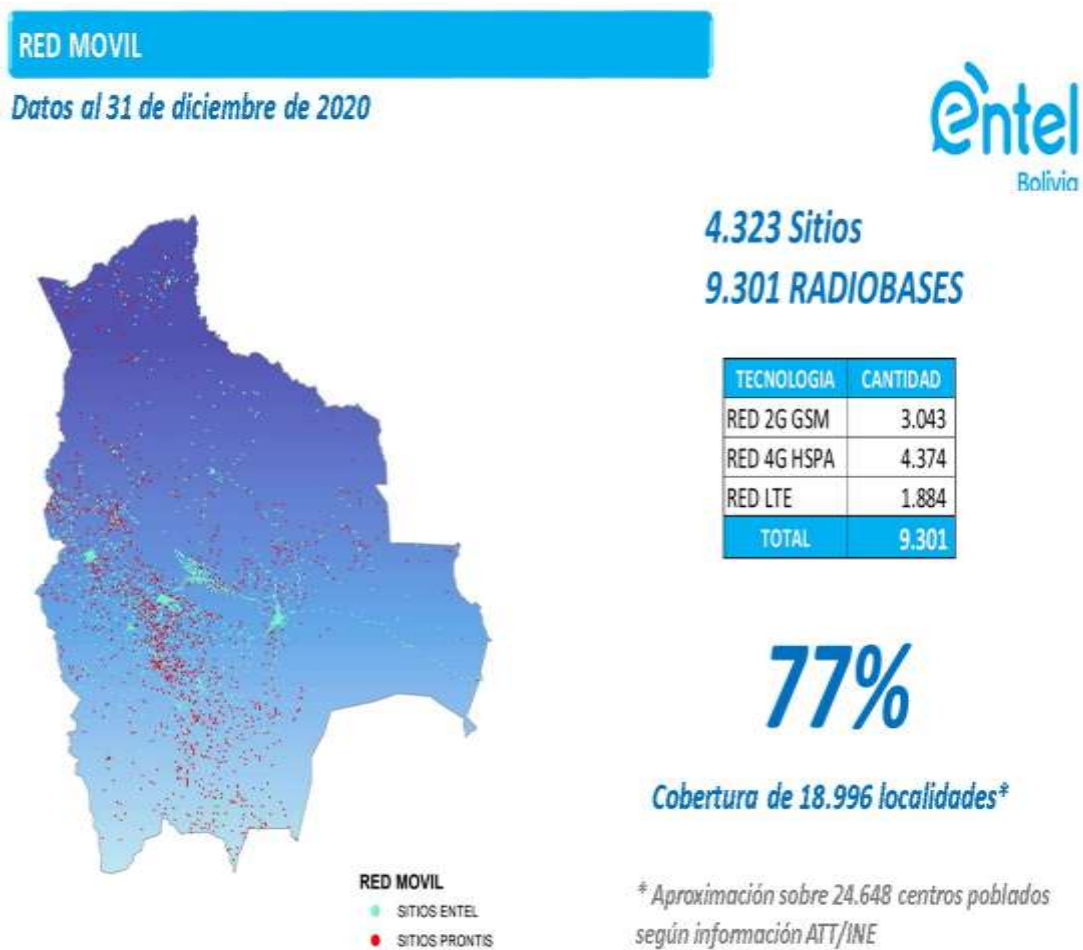


Figura 1 Red Móvil para instalar año 2020

Fuente: Entel S.A.



Figura 2 Comunicaciones de radio base Fase III – IRB III

Fuente. Entel S.A.

El presente trabajo trata sobre el análisis de la parte de radio en la comunidad Valencia que se encuentra en la provincia murillo de la ciudad de La Paz el sitio cuenta con servicios de enlaces de RF y telefonía móvil GSM.

Ubicación de la Radio base Valenciani

- Latitud: -16.33028
- Longitud: -68.01722

El avance tecnológico en las telecomunicaciones, trajo muchos beneficios en la forma en la que nos comunicamos en un mundo globalizado, mediante el internet y la telefonía móvil, este beneficio alcanzado para la población Valencia, dando servicios adecuados de las tecnologías de la información y comunicación de redes sociales, juegos en red y páginas web, para este servicio no sea interrumpido se debe realizar, una buena señalización y etiquetado en las radio bases de Entel para servicios de micro ondas en instalaciones de radio bases como servicios de GSM Móvil en el área de la comunicación, enfocando principalmente a la problemática en los sitios para el personal de mantenimiento e instalaciones de servicios de comunicación para el usuario.

Este proyecto pretende dar a conocer la importancia del diseño de señalización en el área de la comunicación visual, enfocado principalmente a la problemática visual que se genera en las radio bases de Entel en la ciudad de La Paz, por la falta de señalización y etiquetado, de tal manera que se convierte en una razón necesaria el poder solucionar y mejorar la problemática visual en el servicio de la comunicación GSM móvil y transmisión de datos, promoviendo un sistema visual controlado y ordenado tanto para compañías, y dueños de la comunicación. Mediante las investigaciones realizadas se obtuvo datos importantes que delatan la necesidad urgente de realizar acciones para mejorar el aspecto en la comunicación.

Las etiquetas son piezas de papel, cartón o algún otro material que se adhieren a un objeto para identificarlo, clasificarlo, valorarlo o dar información extra sobre él. Pueden colocarse en transmisiones de datos, sistema de tierra, sistema de energía, etc. Actualmente casi cualquier cableado de servicio y equipos puede llevar este símbolo que es muy práctico para los consumidores.



Figura 3 Imagen de la Radio base Valenciiani

Fuente. Entel S.A.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El término de telecomunicación se refiere a la técnica de transmitir un mensaje desde un punto a otro. Es toda transmisión o recepción de signos, señales, datos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de cables, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos.

Como operador de Telefonía Celular, se requiere una red de comunicación para los teléfonos móviles, esta red representa una interfaz con la central de conmutación móvil y son las llamadas radio bases Valenciáni.

Incremento de servicios de GSM y otros servicios en la radio basé Valenciáni en corto tiempo por lo cual la falta de señalización y etiquetado en las instalaciones de energía, aterramiento y transmisión de datos, esto provocando confusiones al personal que realiza el mantenimiento e instalación de nuevos servicios de comunicación.

La Falta de señalización y etiquetado, interrumpe el desarrollo normal de una actividad y con acontecimientos imprevistos, mala maniobra, provocando incendios eléctricos y accidentes al personal de mantenimiento y por ultimo causando pérdidas de vidas humanas.

Para el usuario final por la Interrupción de servicio provocando falta de comunicación para sus actividades laborales, personales, emergencias.

También afecta a las mismas empresas proveedora de servicio corriendo el riesgo de ser multada por ATT, pérdidas de usuarios, perdidas económicas.

Ocasionando mal servicio de comunicación, insatisfacción y abandono por parte del usuario final.

Afecta a la empresa su prestigio y credibilidad de su servicio de comunicación causando pérdidas de tiempo y mayor inversión económica por parte de la empresa.

La falta de señalización y etiquetado causa inseguridad en los ambientes laborales para el personal de servicio, esto provoca mayor inversión económica al prestatario de servicios.

Ocasionando mal servicio de comunicación, insatisfacción y abandono por parte del usuario final y puede llevar a la quiebra a la empresa prestataria de servicios.

La falta de señalización y etiquetado causa problemas en los ámbitos sociales, económicos y tecnológicos y geográficos.

Trabaje en el ámbito de telecomunicaciones asistiendo a los predios de instalaciones de radio base por diferentes departamentos de Bolivia, percatándome de que no existe señalizaciones y etiquetados en instalaciones de energía, aterramiento y transmisión de datos.

Por eso es el motivo es de implementar la señalización y etiquetado para prevenir accidentes y así mejorar la calidad de servicio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Optimizar el sistema de instalación y señalización, para el personal de servicio, dentro de las instalaciones de la radio base de la comunidad Valencias de la empresa Entel S.A. en los sitios de energía, aterramiento y transmisión de datos.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar los aspectos de diseño de una radio base.
- ✓ Investigar las diferentes tecnologías del servicio móvil utilizadas en Bolivia 2G, 3G y 4G (tecnología de radio del sistema, tipo de modulación, canal de comunicación).
- ✓ Conocer la inseguridad en los ambientes laborales del personal de servicio, en las instalaciones de energía, aterramiento y transmisión de datos en radio base de Entel

- ✓ Identificar las características técnicas para la implementación del sistema de señalización y etiquetado, y normas de seguridad en radio base de Entel.

1.4. JUSTIFICACION

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA.

Los teléfonos móviles facilitan mantener el contacto con familiares y amigos, ya sea matando el tiempo durante un largo traslado o para recordar rápidamente a tu esposa que compre leche. Si no tienes tiempo para una conversación, envía un mensaje de texto rápido. Esto te permite permanecer conectado incluso durante reuniones de negocios o en lugares públicos. De tal motivo se va incrementando más servicios en la radio base de Valenciana enlaces de punto a punto servicios empresariales y móvil (2G, 3G y 4G).

La Falta de señalización y etiquetado, interrumpe el desarrollo normal de una actividad y con acontecimientos imprevistos, mala maniobra, provocando incendios eléctricos y accidentes al personal de mantenimiento y por ultimo causando pérdidas de vidas humanas.

Por tal motivo se debe tener muy en cuenta la utilidad del servicio móvil en la región de Valencia para no hacer faltar la comunicación. También hacer unos buenos trabajos de mantenimiento y instalación con las empresas de servicio en el sitio y tener buena la señalización adecuada en los cableados de energía, aterramiento y transmisión de datos.

La falta de señalización de seguridad incrementa el riesgo en la medida en que priva al trabajador de la más elemental información sobre el riesgo y la manera de evitarlo.

La señalización es parte de la ciencia de la comunicación visual que se aplica al servicio de los individuos, a su orientación en los cableados del lugar determinado, para la más rápida accesibilidad en el sitio a los servicios de telecomunicaciones y dando la información requerida en forma "instantánea" y "universal", para mayor seguridad en los desplazamientos y las acciones.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.

Los trabajadores y trabajadoras deberán recibir formación específica para conocer el significado de las señales y etiquetado que deban adoptarse en la función de instalaciones de nuevos servicios en Radio Base de Entel.

El nivel de preparación del personal que elabora en estas instalaciones de radio base de Entel es de vital importancia, dar conocimiento sobre la señalización y etiquetado que puedan estar en capacidad de reacción ante una posible emergencia en cualquier circunstancia.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.

La justificación técnicamente porque se tomaran criterios de señalizados en norma de la instalaciones y colocado de los equipos en sus respectivos sitios en la radio base y cables de alimentación de energía, aterramiento y trasmisión de datos estos deben tener su respectiva etiqueta de identificación.

Ademas que se debe forrar las etiquetas hechas con cinta DYMO con cinta adhesiva transparente para evitar que se desprendan.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.

El sistema que se diseñara requiere de conocimientos de los equipos de comunicación en una radio base porque permite aplicar procedimientos y metodologías para la estabilización de las nuevas instalaciones de servicio y mantenimientos preventivos programados y mantenimientos correctivos para elegir una mejor solución técnico – económico posible

1.5. DELIMITACIONES

1.5.1. DELIMITACION GENERAL

La optimización del sistema de seguridad y etiquetado para evitar inseguridad en los ambientes laborales en transmisión se realizará para la empresa de servicio Entel en su radio bases valenciana de la comunidad Valencia provincia Murillo, de la ciudad de La Paz.

1.5.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL

La implementación del presente proyecto de señalización y etiquetado para sistemas de transmisión de datos y sistema de energía y tierra. Se realizara durante la gestión 2022 .

1.5.3. DELIMITACIÓN ESPACIAL O GEOGRÁFICA.

Se realizará para la empresa de servicio Entel S.A. en su radio bases de la comunidad Valencia provincia Murillo, de la ciudad de La Paz.

Ubicación de la Radio base Valenciari de la empresa Entel S.A.

Latitud: -16.33028

Longitud: -68.01722



Figura 4 Radio base Valenciari de la empresa Entel S.A.

Fuente. Entel S.A.

1.6. METODOLOGÍA.

Para alcanzar los objetivos, es necesario utilizar métodos para la investigación, que nos conducirá a resultados esperados para el diseño de nuestro sistema.

Son investigaciones que relacionan la teoría con la práctica para buscar aplicaciones inmediatas.

Objetivos específicos	Actividades	Tarea	Métodos y Tecnología
Determinar los aspectos de diseño de una radio base.	Tipos de radio bases	Definición teórica	Investigación: Aplicada. Explicativa.
Investigar las tecnologías de la comunicación móvil 2G, 3G, 4G	Tecnologías 2G, 3G y 4G.	Seleccionar información, con datos confiables mediante las cuales se conozca la relación causa-efecto.	Investigación: Aplicada. Explicativa
	Bandas de frecuencias en las que operan estas tecnologías en Bolivia.	Enviar una nota a la ATT.: para obtener información en que bandas de frecuencias brindan sus servicios los operadores de telf. Móvil.	Investigación: Aplicada. Definición de variables
	Métodos de acceso al medio que utilizan estas tecnologías.	Investigar los métodos que utilizan para acceder al medio que utilizan los tres operadores de telefonía móvil.	Investigación: Aplicada. Definición de variables
Conocer la inseguridad en los ambientes laborales para el personal de servicio	Propuesta en la Radio Base valenciana de la empresa Entel S.A.	Solicitar una entrevista de la posibilidad de la propuesta con el responsable de los radiobases de la empresa Entel La Paz	Observación científica. Mediante una fuente primaria.

Tabla 1 Métodos de Investigación

Fuente: Elaboración propia

1.6.1. INVESTIGACIÓN APLICADA.

Utilizaremos en este proyecto la investigación aplicada, productiva o utilitaria. Que se desarrolla utilizando conocimientos y generalizaciones de la investigación pura.

Se denomina utilitaria, porque esta investigación se realiza, buscando una aplicación práctica inmediata, para transformar una situación-problema de la realidad, para crear satisfactores y nuevos bienes, responder a necesidades prácticas.

Son investigaciones que relacionan la teoría con la práctica para buscar aplicación inmediata.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. HISTORIA

La revolución industrial del siglo XIX fue un hecho que marco relevancia para la ingeniería civil por el nacimiento del ferrocarril y los procesos metalúrgicos. El desarrollo de las torres de celosía desde esta época está marcado por construcciones famosas, también consideradas hitos de la ingeniería. El ingeniero francés Alexander Gustave Eiffel, fue el máximo exponente de las estructuras metálicas en este periodo y uno de los primeros en diseñar y construir torres de hierro fundido en proyectos como el viaducto de Neuvial, y la torre Eiffel de París.

Para el año 1867, con la construcción del viaducto de Neuvial (Figura 3), se utilizaron torres de celosía como pilares, según Bonet, el diseño de estos pilares empleo una técnica nueva en Francia con tubos de hierro fundido en las piezas maestras, lo que le permitió a Eiffel mejorar el mecanismo de unión entre tubos y tirantes.



Figura 5 Gannat Francia, Viaducto de Neuvia

Fuente: BONET, Llorenç. Gustave Alexandre Eiffel. Londres: TeNeues, 2003. p. 24

En el transcurso de esta época, el hierro empezó a tener un importante auge, a tal punto que se consideró como el nuevo material estructural. Es así como en el año 1887, Con la necesidad de crear estructuras majestuosas de alturas considerables, se inician obras de

la torre Eiffel (Figura 4), la cual consistía en la construcción de una torre en celosía de más de 300 metros de altura.

La construcción de la torre suponía retos y consideraciones estructurales especiales. El autor afirma en su texto lo siguiente: “La primera preocupación de los ingenieros era impedir que la torre volcara, lo que se logró mediante el trazado campaniforme de sus cuatro pilares, que le proporcionan la estabilidad suficiente. Las 7.341 toneladas de peso de la torre quedaron así firmemente asentadas. La segunda preocupación era evitar que la torre se deformara (o balanceara) en exceso a causa de la acción del viento, por lo que debía ser una estructura de elevada rigidez. Esto se consiguió mediante dos recursos: la conexión de los cuatro grandes pilares de la torre mediante una gran viga de celosía a la altura de la primera planta y el sistema de la triangulación”.

De esta manera, en el año 1889 se logró erigir la que sería la torre más alta del mundo hasta 1930. En principio, el ejército francés la utilizó como torre de comunicación, lo que la convierte en una de las primeras torres en tener esta función, y que representaría un modelo a seguir en futuros proyectos. Actualmente su uso se limita en ser, emisora de radio y atractivo turístico. (Bonet) (Bonet, Gustave Alexandre Eiffel, 2003)

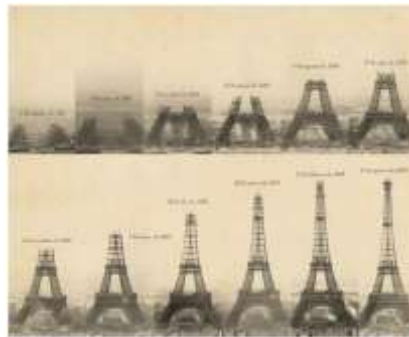


Figura 6 Construcción torre Eiffel

Fuente: LÓPEZ, Isaac. La torre Eiffel: la construcción de un coloso. [En línea]. 2017. [Citada: 14 marzo 2019]. Disponible en internet: https://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/torre-eiffel-construccion-coloso_11345/22

2.1.1. HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES EN BOLIVIA

Tras la guerra con Chile en 1881, se abren las primeras oficinas telegráficas públicas en La Paz, Desaguadero y Puerto Pérez y utilizando un empréstito (es una fuente de financiación ajena dividida en cuotas llamadas obligaciones) de 2 millones de bolivianos, entre los años de 1892 a 1911, se amplía y refuerza la red troncal, y se logran conectar líneas desde la ciudad de Santa Cruz la red argentina, vía Tupiza, y con la chilena, vía Ollague. En 1892 se crea la primera Inspección General (cuya sede se encontraba en el departamento de Oruro) a causa del paulatino crecimiento de los servicios telegráficos, el Jefe de Ingenieros de La República fue el Ing. Liger de Libessart quien realizó la propuesta y fue también el primer inspector. La ciudad de Oruro fue asimismo escenario de la primera Convención Telegráfica, el 11 de enero de 1893, en la que participaron representantes del gobierno, de la compañía Huanchaca (compañía minera que operaba en Potosí) y del Ferrocarril de Antofagasta (empresa de ferrocarriles y a la vez realizaba transporte de carga nacional e internacional, a través de una red ferroviaria propia de más de 900 kilómetros).

La principal resolución de esta convención determinaba que las oficinas del telégrafo nacional, de un lado, y los de la compañía minera y del ferrocarril por otro, recibirían y transmitirían recíprocamente todos los telegramas del público, que reciban en sus oficinas respectivas, con destino a cualquier punto de la República que tuviera oficina telegráfica o al exterior, cobrando en la oficina receptora la tasa correspondiente a una y otra línea, según la respectiva tarifa que se manejaba en aquel entonces. La primera disposición gubernamental sobre la creación de un Ministerio responsable del telégrafo se publica en 1888, este fue el Ministerio de Justicia y Telégrafos, pero en 1900 el telégrafo pasa a depender del Ministerio de Fomento e Industria y en 1923, éste pasa a denominarse Ministerio de Fomento y Comunicaciones y ese mismo año toma la denominación de Ministerio De Transportes Y Comunicaciones la cual se mantiene en la actualidad. La primera línea troncal se construyó a partir de 1889 de Sucre a Cochabamba, Cochabamba-Oruro y La Paz-Oruro. Paralelamente el gobierno dio

impulso a la construcción de nuevas líneas, entregando al servicio público, en 1875 la de Tupiza a la Quiaca y de La Paz a Puno en 1880. (Guarachi, 2012)

2.2. ASPECTOS GENERALES DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES Y ELECCIÓN DE LA TORRE A ANALIZAR

2.2.1. TIPOS DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES

Las estructuras utilizadas en telecomunicaciones sirven para la transmisión de energía eléctrica, así como la transmisión de señales, como en el caso de los teléfonos celulares. Estas estructuras deben soportar diversos dispositivos, como antenas de transmisión y equipos para telecomunicaciones, entre otros. La mayoría de estas estructuras son ligeras y flexibles, por lo que su diseño es comúnmente gobernado por las fuerzas inducidas por el viento.

2.2.2. CLASIFICACIÓN DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES

Su estructuración puede variar según las necesidades y las condiciones del sitio en donde se vayan a colocar. Entre las más comunes se encuentran las torres arriostradas (torres con tirantes), torres auto soportadas y monopolos (figura 5). La altura de estas estructuras depende de la altura requerida para poder suministrar una correcta transmisión. La figura 5 presenta tres tipos de torres de telecomunicaciones.

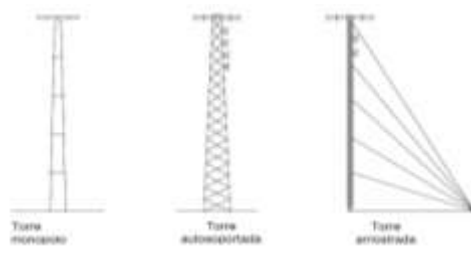


Figura 7 Ejemplos de torres de telecomunicaciones

Fuente : LÓPEZ, Isaac. La torre Eiffel: la construcción de un coloso. [En línea]. 2017.

[Citada: 14 marzo 2019]. Disponible en internet:

https://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/torre-eiffel-construccion-coloso_11345/22

Los elementos estructurales empleados para la construcción de las torres dependen de su tipo, algunos elementos comúnmente empleados incluyen perfiles y ángulos de acero unidos por tornillos, pernos o remaches o por medio de soldadura.

2.2.3. TORRES ARRIOSTRADAS O ATIRANTADAS

En las torres de telecomunicaciones soportadas por tensores, conocidas como torres arriostradas o torres con tirantes (Figura 6), los tensores son generalmente de acero de alta resistencia. El empleo de tensores o tirantes permite alcanzar alturas importantes a un costo bajo de material.

Estas torres se estructuran con tirantes a diferentes alturas (por lo general de 2/3 de la altura de la torre). La sección transversal más común de las torres de comunicaciones arriostradas es de celosía triangular. Los cables o arriostres se tensan para proporcionar la estabilidad adecuada a la estructura de celosía.



Figura 8 Torres arriostradas o atirantadas

Fuent: LÓPEZ, Isaac. La torre Eiffel: la construcción de un coloso. [En línea]. 2017.
[Citada: 14 marzo 2019]. Disponible en internet:
https://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/torre-eiffel-construccion-coloso_11345/22

Este tipo de torres son ligeras y requieren mayor espacio libre para el anclaje de los cables, los cuales son anclados al terreno mediante bloques.

Muchas veces se requieren instalar antenas celulares en puntos específicos o regiones, por lo que se recurre a construir torres arriostradas sobre edificaciones existentes. Estas torres cuentan generalmente de tirantes o arriostres a diferentes distancias. El peso que genera la torre sobre la estructura existente no es muy grande, por lo que no le adiciona mucho peso a la edificación; sin embargo, se debe de colocar el apoyo de las torres y sus arriostres sobre columnas y elementos resistentes. La descarga de la torre no debe hacerse directamente sobre una losa o algún otro elemento inadecuado, ya que éste podría fallar. La base de la torre transmitirá un esfuerzo de compresión en donde está apoyada, y los arriostres generalmente transmitirán esfuerzos de tensión.

Cuando al centro de la edificación no se cuente con una columna para poder apoyar la base de la torre, se puede recurrir a la colocación de alguna viga de acero o alguna estructura para que la torre se apoye. Esta estructura podrá apoyarse sobre otras columnas de la edificación.

Uso recomendado para las torres arriostradas:

- Radio base de telefonía celular
- Equipo de vigilancia por video
- Turbinas de viento
- Radio FM
- Estaciones de TV
- Equipo meteorológico

2.2.4. TORRES AUTOSOPORTADAS

Las torres autosoportadas de comunicación (Figura 7) son estructuras utilizadas para aplicaciones de telecomunicación. Funcionan como soporte de las antenas de telecomunicaciones y son ampliamente utilizadas en la industria de la radiodifusión y la

televisión. Una torre autoportada normalmente cuenta con accesorios prediseñados como plataformas, escaleras, soportes de antenas, accesorios de iluminación y dispositivos de seguridad de escalada, y más.

Cuenta con estructuras similares a las de las torres de transmisión y torres de aerogeneradores.



Figura 9 Torre autoportada

Fuente: LÓPEZ, Isaac. La torre Eiffel: la construcción de un coloso. [En línea]. 2017. [Citada: 14 marzo 2019]. Disponible en internet: https://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/torre-eiffel-construccion-coloso_11345/22

La estructura de esta torre es del tipo reticular, y se apoya directamente sobre el terreno o sobre la azotea de algún edificio existente. Se llaman autoportadas ya que no utilizan cables o arriostamientos para tomar la carga debida al empuje del viento, razón por la cual su altura comúnmente es menor que las torres arriostradas. Las dimensiones de los elementos que la componen son más robustas que las de una torre arriostrada. Estas torres se construyen sobre terrenos, en áreas urbanas o cerros, y deberán de contar con una cimentación adecuada para poder resistir las fuerzas a las que están sometidas. La geometría de estas torres depende de la altura, la ubicación y del fabricante de la torre.

Uso recomendado de las torres autoportadas:

- Radio base de telefonía celular
- Radares
- Equipo de vigilancia por video
- Radio Bases Costeras
- Radares de control de tráfico aéreo
- Equipo de vigilancia por video

El material empleado para la estructura de las torres autoportada está constituido por los siguientes elementos: montantes, riostras, cartelas y pernos.

2.2.5. TORRES MONOPOLO

Este tipo de torre se emplea para antenas de radio, su altura generalmente se limita a unos 200 pies (61 m), haciéndolas inadecuadas para cumplir con las necesidades de algunos proveedores de servicios. Entre las principales ventajas de la torre de comunicación monopolo (Figura 8) son su peso ligero, poco requisito de espacio y bajo costo de instalación. Otra de las ventajas, es que este tipo de torres se pueden camuflajear como árboles, lo que resulta más estético. Se deberá de construir una cimentación adecuada para resistir los efectos de la carga sobre la torre monopolo.



Figura 10 Torre monopolo

Fuente: LÓPEZ, Isaac. La torre Eiffel: la construcción de un coloso. [En línea]. 2017. [Citada: 14 marzo 2019]. Disponible en internet: https://www.nationalgeographic.com/es/historia/grandes-reportajes/torre-eiffel-construccion-coloso_11345/22

Uso recomendado de las torres monopolo:

- ✓ Radio base de telefonía celular
- ✓ Equipo de vigilancia por video
- ✓ Turbinas de viento
- ✓ Radio FM
- ✓ Estaciones de TV
- ✓ Equipo meteorológico
- ✓ Reflector
- ✓ Mástil
- ✓ Cámaras de control de tráfico
- ✓ Para proyecto de Ciudad Segura

Estas torres están fabricadas a base de tubos, placas bridadas o ensambladas. Se equipan con una variedad de accesorios, como plataformas, soportes de antenas, dispositivos de seguridad, luces de obstrucción, kit de protección contra descargas atmosféricas y otros.

Las soldaduras que se utilizan para la construcción de una torre tipo monopolo son precalificadas de acuerdo al código de soldadura estructural. Todas las partes de metal son protegidas por un proceso de galvanizado en caliente llamado *hot-dip*.

2.2.5.1. ASPECTOS TÉCNICOS A CONSIDERAR DURANTE Y DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN DE UNA TORRE DE TELECOMUNICACIONES

Hay algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta durante y después de la instalación de una torre, éstas son:

- Carga de la antena

El efecto de la antena sobre una torre depende de la estructura de la torre, del peso de la antena y los cables, de la resistencia al viento y de la altura a la que está colocada. Los fabricantes de antenas generalmente estipulan la resistencia al viento que presentan sus antenas. Las formas curvadas y las perforadas (las rejillas) ofrecen menos resistencia del viento, ya que son más eficientes desde el punto de vista aerodinámico.

- Huella de la torres

La huella de la torre es la superficie de terreno requerido para la instalación. Dependiendo de la estructura de la torre, ésta requiere mayor o menor espacio para la instalación. Para torres arriostradas por encima de los 30 m de altura, el anclaje de cada cable necesita típicamente de 10 a 15 m desde la base del mástil.

- Presupuesto

Se dice que: "cuanto más pequeña es la base de la torre, es más costoso adquirirla e instalarla", así los monopolos tienen la huella más pequeña de todas las torres, y son por lo tanto el tipo más costoso, seguido de las torres autosoportadas y de las torres atirantadas.

- Localización de la torre

El sitio ideal para una torre es un terreno plano. El sitio debe estar libre de obstrucciones como árboles y edificios. Aunque en ocasiones, la azotea de los edificios se emplea para la instalación de las torres.

Aspectos generales de torres de telecomunicaciones y selección de la torre a analizar

- Protección contra rayos y fluctuaciones de corriente eléctrica

Es necesario tomar en cuenta la posible descarga de rayos y fluctuaciones de la corriente eléctrica. Por lo anterior se sugiere el empleo de pararrayos y sistemas de protección para el equipo.

- Tierra física

La instalación de la tierra física es necesaria para proveer un cortocircuito a tierra en caso de que caiga un rayo y proveer un circuito para que la energía estática excesiva sea disipada.

- Corrosión

El efecto de la corrosión es más pronunciado en las zonas costeras. Se sugiere tomar precauciones para evitar cualquier aparición de corrosión en los elementos resistentes de las torres.

- Mantenimiento de torres y mástiles

Las torres y mástiles deben ser inspeccionadas al menos un par de veces al año. La inspección debe incluir como mínimo lo siguiente:

- ✓ Las conexiones deben estar en buenas condiciones.
- ✓ Los cables tengan la tensión apropiada.
- ✓ Verificar y corregir cualquier evento de corrosión. (Méndez, 2015)

2.3. ESTUDIO DE LA TORRE AUTOSOPORTADAS

Este tipo de torre es menos susceptible a sufrir por torsión, son las más apropiadas para ubicar en zonas urbanas, suburbanas o rurales. Su diseño estructural cumple con la capacidad de soportar varias antenas de gran superficie, su geometría piramidal es la más adecuada, su sección transversal puede ser cuadrada o triangular.

“La torre se ancla a una cimentación que, dependiendo de las cargas y capacidad del terreno, consistirá en un conjunto de zapatas de concreto reforzado, o un grupo de pilotes pre-excavados o hincados”.

2.3.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ACERO

A continuación, se hará referencia a las ventajas y desventajas que tiene el acero como material constructivo, los diferentes tipos de acero comerciales en Colombia y los parámetros más relevantes del mismo.

VENTAJAS

Las ventajas del acero como material de construcción son muchas, partiendo de su versatilidad constructiva, su gran resistencia, poco peso y ahorro de tiempo en el montaje, realizando una comparación con respecto a estructuras de concreto. A continuación, se nombrarán algunas de las ventajas más significativas.

- **Alta resistencia:** Hace referencia a la resistencia del acero por unidad de peso, lo que implica que el peso de la estructura será relativamente bajo y podrá estar sometido a cargas considerables. Esto es de gran importancia para la construcción de torres de telecomunicación, ya que el diseño de las mismas

requiere grandes alturas y un peso bajo, lo que mejora su estabilidad, al momento de disipar energía por condiciones sísmicas o de viento.

- **Ductilidad:** La ductilidad es la propiedad que tiene un material para soportar grandes deformaciones sin fallar o perder su resistencia por estar sometido a esfuerzos de tensión altos.
- **Durabilidad:** Las estructuras de acero con un adecuado acabado de la superficie y un mantenimiento periódico garantizan una duración indefinida.
- **Uniformidad:** Las propiedades del acero no cambian perceptiblemente con el tiempo a diferencia del concreto reforzado el cual puede variar dependiendo las condiciones ambientales de fundición. Por otro lado, la precisión de armado y terminado del concreto generan desfases significativos en comparación a las estructuras de acero, cuyas dimensiones se maneja para fabricación y montaje en milímetros (mm) generando una exigencia de su armado y precisión de acabado de toda la estructura.
- **Velocidad de montaje y transporte:** Estas ventajas se deben a que en el proceso de fabricación se realiza un análisis técnico detallado del despiece de cada elemento de la torre, donde se prevé los prefabricados y longitudes máximas para transporte.

DESVENTAJAS

Como todo material estructural, este también posee diferentes desventajas, bien sea por factores en procesos de fabricación o constructivos. A continuación, se nombrarán algunas de las desventajas más significativas.

- **Corrosión:** Todos los aceros son susceptibles a la corrosión, gracias a que se encuentran expuestos al aire y al agua generando alteraciones físico químicas en el acero dañándolo con el paso del tiempo. De aquí radica la importancia de pintar las estructuras y realizar un buen mantenimiento.

- **Fatiga:** La fatiga es un proceso de deterioro del material a causa de variación en la magnitud de los esfuerzos o repetición de los mismos, cabe resaltar que este proceso solo se cumple a tensión.
- **Exposición al fuego:** Los materiales metálicos no son combustibles al fuego, pero una exposición prolongada a este, reduce su resistencia considerablemente. He aquí la importancia de considerar pinturas aislantes que minimicen estos eventos.

2.4. CONSIDERACIONES DE VIENTO

La hipótesis de carga de viento, generalmente es la que predomina en el sitio de las torres. Esta consideración es la más importante, ya que la mayoría de colapsos presentados anteriormente se deben a este efecto. Con base en lo anterior, se debe tener en cuenta el fenómeno de volteo sobre las estructuras para garantizar el uso adecuado de las torres.

Las normas internacionales siguen un patrón básico para estimar las fuerzas de viento. Inicialmente se tiene en cuenta una categoría de exposición y se asume una velocidad de viento en función del sitio donde se ubica la torre.

Adicionalmente, se deben tener en cuenta los efectos del viento sobre las antenas, basado en diferentes proyectos de investigación. Un ejemplo de esto, es el estudio experimental de las antenas parabólicas de las torres de telecomunicaciones, realizado por MARTIN21, donde se evalúa la presencia de cargas adicionales en la torre, por causa de la forma de las antenas.

2.5. CRITERIOS DE DISEÑO

2.5.1. TIPOS DE ACERO ESTRUCTURAL

Las propiedades del acero se pueden modificar, variando las cantidades de carbono presentes y añadiendo otros elementos como silicio, níquel, magnesio y cobre. Al adicionar todos estos elementos, se tiene un gran efecto sobre el acero. El porcentaje de

estas cantidades tienen que ser menores a 0.5% en peso y frecuentemente están dentro del orden del 0.2% a 0.3%²⁹.

Los aceros estructurales normalmente tienen una clasificación propuesta por la ASTM (American Society for Testing and Materials) y cuya relación esfuerzo vs deformación se observa en la Figura 9.

- Aceros al carbono: A36, A53, A500 y A529.
- Aceros de baja relajación y alta resistencia: A572, A618, A913 y A992.
- Aceros de baja aleación y alta resistencia a la corrosión: A242, A588 y A587.

De acuerdo a la NSR-10, se evidencian varios tipos de aceros como se muestra en la Tabla 1 y según el capítulo, el esfuerzo de fluencia de un material no es constante sino que varía según el espesor. A medida que el espesor de los perfiles aumenta, el esfuerzo de fluencia disminuye³⁰ (Figura 9).

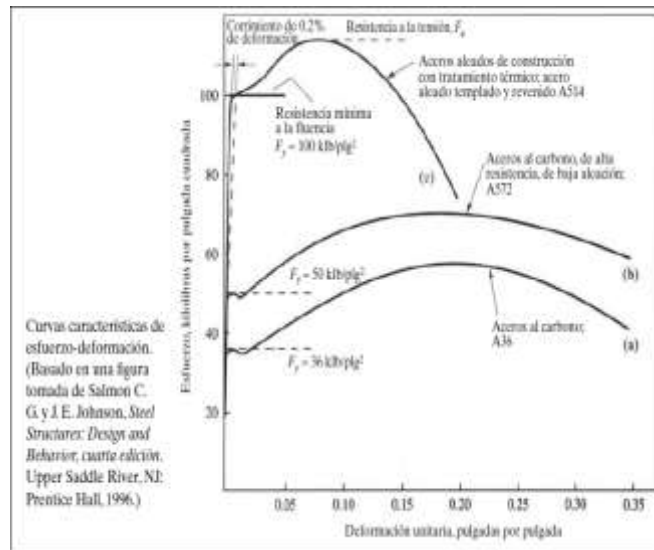


Figura 11 Relación esfuerzo deformación del acero

Fuente: Diseño de Estructuras de Acero – McCormac.

Tipo de acero	Designacion NTC	Designacion ASTM	F _y (Mpa)	Espesor en (mm)
Al carbon	NTC 1920	A-36	250	≤ 200
			220	> 200
+ mangancio	NTC 4007	A-529	290	≤ 13
			350	≤ 38
Alta resistencia baja relajación.	NTC1985	A-572	Gr 42	≤ 150
			Gr 50	≤ 100
			Gr 60	≤ 32
			Gr 65	≤ 32
+ Resistencia a la corrosión.	NTC 1950	A-242	290	38 - 125
			320	19 - 38
			350	< 19
	NTC 2012	A-588	290	125-200
			320	100-125
			350	≤ 100+N20
Aleacs. Templada y revenidas	NTC 4014	A-514	625	64 - 150
			695	≤ 64

Tabla 2 Aceros estructurales permitidos por la NSR-10

Fuente: Diseño básico de estructuras de acero de acuerdo con NSR-10 (extracto)

2.5.2. SECCIONES COMERCIALES Y EJES PRINCIPALES

En Bolivia encontramos diferentes tipos de proveedores de acero estructural, los cuales adoptan una serie de parámetros, tanto en dimensionamiento como en procesos de fabricación del acero estructural al carbono. A continuación, se muestra en la Tabla 2 algunas designaciones de propiedades (inercia, radios de giro y módulos de sección) para algunas secciones, tal como aparecen en catálogos comerciales.

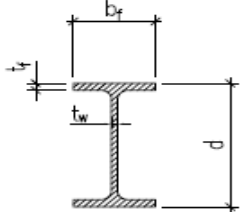
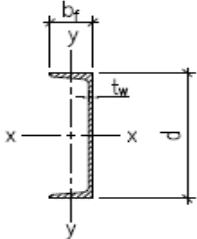
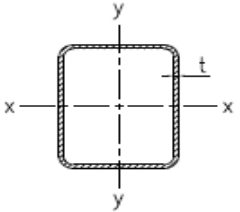



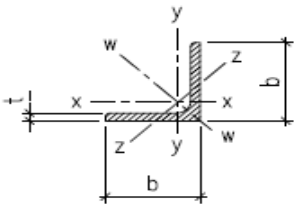
Sección Perfil	Perfil	Ejemplo designación
	<u>Tipo I</u> IPE HEA W	HEA 150 IPE 220 W 40x278
	Canal	C 50x25 C dx b _f
	<u>Tubular</u> Cuadrado Rectangula Circular	 50x50x2.00 dx dx t  40x30x1.60 hx dx t  12.7x1.25 D x t
	<u>Ángular</u> Alas iguales	L16x16x3.2 L 5/8"x5/8"x1/8" b x b x t

Tabla 3 Algunas secciones y ubicación de ejes.

Fuente: Catalogo Colmena, dibujo propio.

2.5.3. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

A continuación, se muestra en la Tabla 3, la descripción de las estructuras con su respectiva clasificación. En la Tabla 6 se presenta el valor de los factores de importancia según norma ANSI/TIA 222G.

Descripción de la estructura	Clase
Estructuras que debido a la altura, el uso o la ubicación representan un bajo riesgo para la vida humana y daños a la propiedad en caso de falla y / o se utilizan para servicios que son opcionales y / o donde sería aceptable un retraso en la devolución de los servicios.	I
Estructuras que debido a la altura, uso o ubicación representan un peligro importante para la vida humana y / o daños a la propiedad en caso de falla y / o utilizado para servicios que pueden ser provistos por otros medios.	II
Estructuras que debido a la altura, uso o ubicación representan un alto riesgo para la vida humana y / o daños a la propiedad en caso de falla y / o utilizado principalmente para comunicaciones esenciales.	III

Tabla 4 Clasificación de la estructura

Fuente: ANSI/TIA-222-G

Clasificación Estructura	Carga de viento		Espesor de Hielo	Sismo
	Sin Hielo	Con Hielo		
I	0,87	N/A	N/A	N/A
II	1,00	1,00	1,00	1,00
III	1,15	1,00	1,25	1,50
Cargas de hielo y sismo no aplican para Clasificación Estructural I				

Tabla 5 Factores de importancia

Fuente: ANSI/TIA-222-G

Las torres de telecomunicaciones son estructuras designadas como instalaciones esenciales, ya que, estas son las encargadas de mantener la red de comunicación en los casos donde se presenten catástrofes de gran magnitud. En ese sentido, estas estructuras deben mantenerse en pie ante cualquier eventualidad, por lo que se clasifican como estructuras de clase III, asociado a un factor de importancia de para las cargas de viento de 1.15. En aplicación al medio, este valor es equivalente al de norma NSR-10, el cual se muestra en la Tabla 4.

Categoría	Regiones no propensas a huracanes, y regiones con posibilidad de huracanes de $V = 40 - 45$ m/s	Regiones con posibilidades de huracanes y $V > 45$ m/s
I	0.87	0.77
II	1.00	1.00
III	1.15	1.15
IV	1.15	1.15

Tabla 6 Factor de importancia (cargas de viento) NSR-10.

Fuente: NSR-10

2.5.4. CARGAS

Para definir las cargas a las que se ve sometida una torre de telecomunicación, se debe seguir criterios fundamentales, los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera:

2.5.4.1. CARGA MUERTA

- Se incluye el peso propio de las torres, es decir, los elementos primarios que conforman el ensamble de la estructura como: diagonales, horizontales, placas de unión, montantes y tornillería. Adicional a esto, se incluyen elementos no estructurales, como:

- **Escalera de acceso:** Es un elemento fijo a lo largo de toda la torre y permite el acceso a cualquier altura, esta puede ir situada fuera o dentro de la estructura.
- **Escalerilla de cables:** Es un elemento fijo a lo largo de toda la torre que permite llevar los cables de alimentación que interconectan los equipos de la planta con la parte superior.
- **Sistemas de seguridad:** Se hace referencia a las líneas de vida, puntos de anclaje, barandas, etc. Estos elementos son indispensables y obligatorios para trabajos en alturas según estipulado en la ley.
- **Plataforma de trabajo:** Estas deben estar situadas en la parte superior de la torre y se dispone para el mantenimiento y como área de trabajo. Por lo general su diseño abarca los 360° del contorno de la torre.
- **Antenas:** Se tienen en cuenta antenas tipo RF (radio frecuencia) y tipo MW (microondas parabólicas), realizando un promedio con base del recorrido visual realizado en la Figura 7 y utilizando los catálogos de proveedor de antenas reconocidos, como la marca KATHREIN

2.5.4.2. CARGA VIVA

Se incluye la carga generada por el peso de las personas que realizan las actividades de montaje y mantenimiento de las torres, es decir, esta carga es considerada como carga viva sobre cubierta. Para ello, se tendrán en cuenta las recomendaciones del código ASCE (American Society of Civil Engineers).

2.5.4.3. CARGA DE GRANIZO

Para la aplicación, se deben tener en cuenta todos los factores posibles, asociados a la localización de las torres en el país. En ese sentido, se incluye la carga por granizo, debido al empozamiento que se pueda presentar en las plataformas de trabajo de las estructuras.

“Las cargas de granizo, G, deben tenerse en cuenta en las regiones del país de ciudad de La Paz con más de 3,640 m.s.n.m. o en lugares de mayor altura donde autoridades municipales o distrital así lo exija. En lugares donde la carga de granizo deba tenerse en cuenta, su valor es de 1.0 kN/m² (100kgf/m²)”.

2.5.4.4. CARGA DE VIENTO

Las cargas producidas por el viento constituyen un factor importante en torre de telecomunicación. Aplicando el procedimiento analítico de la norma ANSI /TIA-222-G.

La interacción que se propone entre las normativas, es aplicable, debido a que las dos se basan en una velocidad del viento de una ráfaga de 3 segundos medida 10 m por encima del suelo.

NSR-10 (p.B-25):

“V = velocidad básica de viento de la fig. B.6.4-1 en m/s. La velocidad básica de viento corresponde a la velocidad de una ráfaga de 3 segundos a una altura de 10 m por encima del suelo en un terreno de categoría de exposición C”.

ANSI/TIA-222-G 2005:

“Basic wind speed, V: 3-second gust wind speed at 33 ft [10 m] above the ground in exposure category C as defined in 2.6.5.1 for a 50-year mean recurrence Interval”.

Para el desarrollo de este procedimiento, la hipótesis principal es suponer que el viento proviene de cualquier dirección. La aplicación a la radio base se realiza mediante el análisis de todas las variables propuestas por la NSR-10, interpretando la categoría de la rugosidad de terreno y la categoría de exposición.

2.5.4.5. CATEGORÍAS DE RUGOSIDAD DE TERRENO

Rugosidad de Terreno B — Áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas u otros terrenos con numerosas obstrucciones del tamaño, iguales o mayores al de una vivienda unifamiliar y con poca separación entre ellas.

Rugosidad de Terreno C — Terreno abierto con pocas obstrucciones y con alturas inferiores a 9.0 m. Esta categoría incluye campos planos abiertos y praderas.

Rugosidad de Terreno D — Áreas planas y no obstruidas y superficies acuáticas en regiones propensas a huracanes. Esta categoría incluye pantanos, salinas y superficies de hielo.

2.5.4.5.1. CATEGORÍAS DE EXPOSICIÓN

EXCEPCIÓN B — Para edificios cuya altura media sea menor o igual a 9.0 m, la distancia viento arriba puede reducirse a 600 m.

Exposición C — La categoría de exposición C aplicará para todos los casos donde no apliquen las categorías B y D.

Exposición D — La categoría de exposición D aplica cuando la rugosidad del terreno, como se define en Rugosidad de Terreno D, prevalece por una distancia mayor a 1500 m o 20 veces la altura del edificio, la que sea mayor, en la dirección de barlovento. La categoría de exposición D se extenderá hacia las áreas viento abajo de las Rugosidades de Terreno B o C por una distancia de 200 m o 20 veces la altura de la edificación, la que sea mayor.”

Para el análisis de las torres de este estudio, se adopta la categoría de exposición B, correspondientes a torres ubicadas en el casco urbano de las ciudades (Figura 7). Con base en lo anterior, se utiliza los coeficientes de la Tabla 5.

Categoría Exposición	Z_g	α	K_{zmin}	K_e
B	366 m [1200 ft]	7,0	0,70	0,90
C	274 m [900 ft]	9,5	0,85	1,00
D	213 m [700 ft]	11,5	1,03	1,10

Tabla 7 Coeficientes de la categoría de exposición

Fuente: ANSI/TIA-222-G

2.5.4.6. FACTOR DE DIRECCIONALIDAD

Este factor se define, de acuerdo al tipo de torre. En este caso, torres autoportadas de sección cuadrada, correspondiente a un valor de 0.85. La equivalencia de valores para el factor de direccionalidad entre la norma TIA-222-G y NSR-10, se observa en la Tabla 6 y 7 respectivamente

FACTOR DE PROBABILIDAD DIRECCIÓN DEL VIENTO	
Tipo de estructura	Factor de probabilidad dirección del viento, kd
Estructuras en celosía con secciones transversales triangulares, cuadradas o rectangulares. Pueden tubulares.	0.85
Estructuras de postes tubulares, estructuras de celosías con otras secciones transversales, accesorios.	0.95

Tabla 8 Factor de direccionalidad TIA-222-G

Fuente: ANSI/TIA-222-G.

Tipo de Estructura	Factor de Direccionalidad del Viento K_d^*
Cubiertas Abovedadas	0.85
Aviso Solidos	0.85
Aviso Abierto y Estructura Rectangular	0.85
Torres en Celosia	0.85
Torres en cuadrada y Rectangular	0.85
Todas las otras secciones transversales	0.95

Tabla 9 Factores de direccionalidad NSR-10

Fuente: NSR-10,

2.5.4.7. CATEGORÍA TOPOGRÁFICA

Categoría 1: No hay cambios bruscos en la topografía general, por ejemplo, terreno plano u ondulado, sin viento se requerirá una consideración de aceleración.

Categoría 2: Estructuras situadas en o cerca de la cresta de una escarpa. La aceleración del viento se considerará que ocurre en todas las direcciones. Para estructuras situadas verticalmente en la parte mitad inferior de una escarpa u horizontalmente más allá de 8 veces la altura de la escarpa de su cresta, se permitirá ser considerado como Categoría Topográfica 1.

Categoría 3: Estructuras situadas en la mitad superior de una colina. La aceleración del viento se considera que ocurre en todas las direcciones. Estructuras situadas verticalmente en la mitad inferior de una colina, se permitirá que se considere como Categoría Topográfica 1.

Categoría 4: Estructuras situadas en la mitad superior de una cresta. La aceleración del viento se considera que ocurre en todas las direcciones. Estructuras situadas

verticalmente en la mitad inferior de una cresta se permitirá ser considerada como Categoría Topográfica 1.

Con base en lo anterior, las torres estudiadas se ajustan a la categoría topográfica 1, por tratarse de torres situadas en el interior de las ciudades, y no en las montañas o cerro

2.5.4.8. COEFICIENTES DE LA CATEGORÍA TOPOGRÁFICA

Categoría Topográfica	K_t	f
2	0,43	1,25
3	0,53	2,00
4	0,72	1,50

Tabla 10 Categoría topográfica

Fuente: ANSI /TIA-222-G

2.5.4.9. COEFICIENTE DE PRESIÓN DE LA VELOCIDAD

Con base en la categoría de exposición, el coeficiente de presión se determina con la siguiente formula:

$$K_z = 2.01(Z/Z_g)^{2/\alpha} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

K_z : coeficiente de exposición de presión por velocidad evaluado a la altura z .

Z : altura sobre el nivel del terreno.

Z_g : coeficiente de categoría de exposición. Tabla 5.

α : exponente de la velocidad para rafaga de 3 segundos. Tabla 5.

2.5.4.10. FACTOR REDUCCIÓN DE ALTURA

$$K_h = (f z^h) \quad \text{Ecuación 2}$$

$$K_{zt} = \left(1 + \frac{K_g K_t}{K_h}\right)^2 \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

$$e = \log e, = 2.718$$

K_e = constante del terreno dado en la Tabla 5.

K_t = constante topográfica dada en Tabla 8.

f = factor de altura dado en Tabla 8.

z = Altura media de la estructura.

h = Altura de la estructura.

K_{zt} = 1.0 para categoría topografica I.

2.5.4.11. PRESIÓN DE VIENTO

La presión ejercida por el viento, se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$q_z = 0.613 K_z K_{zt} K_d V^2 I \text{ [N/m}^2\text{]} \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

K_z = coeficiente de exposición de presión por velocidad, ó n 1.

K_{zt} = Ecuación 3.

K_d = Factor de direccionalidad, tabla 2

V = velocidad del viento m/s, Figura 2.

I = Factor de importancia, Tabla 6.

2.5.4.12. FACTOR DE EFECTO RÁFAGA

Para estructuras en celosía autoportadas, el factor de efecto ráfaga debe tomarse como 1,00 para estructuras con alturas de 600 ft [183 m] o más. Para estructuras de 450 ft [137

m] o menos el factor será de 0,85. El factor se interpola para alturas entre 600 ft [183 m] y 450 ft [137 m].

Estas condiciones se expresan en las siguientes ecuaciones:

37 Referencia

$$G_h = 0,85 + 0,15 * \left[\frac{h}{150} - 3,0 \right] \quad h, \text{ en pies.} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$G_h = 0,85 + 0,15 * \left[\frac{h}{45,7} - 3,0 \right] \quad h, \text{ en metros.} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$0,85 \leq G_h \leq 1,00$$

Dónde:

h = altura de la estructura

2.5.4.13. FACTOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO

El diseño por resistencia deberá basarse en la resultante de la dirección del viento en la máxima respuesta. En caso de estructuras en celosía se deberá considerar por cada cara de la estructura como se indica en la Tabla 9.

Sección de la Torre:	CUADRADA		TRIANGULAR		
	Normal	45°	Normal	60°	± 90°
D_f	1,0	1 + 0,75ε (1,2 máx.)	1,0	0,80	0,85
D_r	1,0	1 + 0,75ε (1,2 máx.)	1,0	1,00	1,00

Tabla 11 Factores de dirección del viento.

Fuente: ANSI/TIA-222-G

Direcciones de viento medida desde una línea normal a la cara de la estructura

D_f = Factor de dirección del viento para componentes estructurales planos.

D_r = Factor de dirección del viento para componentes estructurales circulares.

2.5.4.14. FUERZA DE VIENTO DE DISEÑO

La fuerza de viento de diseño, incluye la suma de la fuerza de viento horizontal aplicado a la estructura en la dirección correspondiente, más las fuerzas de viento sobre accesorios propios de la estructura (Tabla 10). La fuerza de viento para estructuras tipo celosía se determina con la siguiente formula:

$$F_w = F_{st} + F_A \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

F_{st} = Fuerza de viento de diseño sobre la estructura

F_A = Fuerza de viento sobre accesorios

Nota: Las fuerzas de viento de diseño $F_{st} + F_A$, es necesario que no exceda la fuerza de viento calculada usando una relación de solidez de 1,0 (cara solida) más la cara de viento sobre accesorios instalados que se encuentran fuera del área normal de la estructura y en dirección del viento.

2.5.4.15. FUERZA DE VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA F_{st}

La fuerza de viento se aplica a cada tramo de la torre con la siguiente formula:

$$F_{st} = q_z * G_h * (EPA) \quad \text{Ecuación 8}$$

Dónde:

q_z = presión de viento, 4.

G_h = factor efecto rafaga,

$(EPA)_s$ = area efectiva proyectada, calcula como se muestra a continuación:

$$(EPA)_s = [D_f \Sigma A_f + D_r + \Sigma(D_r R_r)] \quad \text{Ecuación 9}$$

Dónde:

$$C_f=3,4\varepsilon^2-4,7\varepsilon+3,4 \text{ (Sección triangular).} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$C_f=4,0\varepsilon^2-5,9\varepsilon+4,0 \text{ (Sección cuadrada).} \quad \text{Ecuación 11}$$

$$\varepsilon=\text{Relación de solidez} \rightarrow \frac{(A_f+A_r)}{A_g} \quad \text{Ecuación 12}$$

Dónde:

A_f = área proyectada de los componentes en una cara de la sección.

A_r = área proyectada de los componentes estructurales circulares en una cara de la sección.

A_g = área bruta de una cara de la torre (se determina como si la cara fuera maciza o sólida).

D_f =Factor de dirección del viento para componentes estructurales planos, Tabla 9.

D_r = Factor de dirección del viento para componentes estructurales circulares, Tabla 9

2.5.4.16. FUERZA DE VIENTO SOBRE ACCESORIOS F_A

La fuerza horizontal de viento de diseño para accesorios y conexiones deberá considerarse con un factor de ráfaga cuyo valor es 1,00 y un factor de direccionalidad de $K_d=0,85$. No se debe considerar ningún escudo o efecto sombra entre elementos evaluados. Los accesorios a considerar son: cables de alimentación, escalera de acceso, antenas RF y antenas MW (Tabla 10).

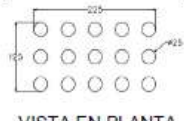



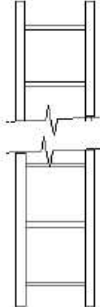

CABLES DE ALIMENTACIÓN	ESCALERA DE ACCESO	ANTENAS
 <p><u>VISTA EN PLANTA</u> Cantidad y dimensiones de cables.</p>	 <p><u>VISTA EN PLANTA</u></p>	 <p>Antena MW</p>
 <p><u>VISTA FRONTAL</u></p>	 <p><u>VISTA FRONTAL</u></p>	 <p>Antena RF</p>

Tabla 12 Accesorios.

Fuente: Elaboración propia.

La fuerza de viento sobre accesorio F_A , se determina para las antenas RF, escalera de acceso y cables de alimentación, mediante la siguiente ecuación:

$$F_A = q_z * Gh * (EPA)_A \quad \text{Ecuación 13}$$

Dónde:

q_z = presión de velocidad a la línea central, la altura del accesorio

Ecuación 4.

Gh = factor de efecto ráfaga,

$(EPA)_A$ = área efectiva proyectada del accesorio.

El área efectiva proyectada (EPA), se determina con la siguiente ecuación:

$$(EPA)_A = [(EPA)_N \cos^2 \theta + (EPA)_T \sin^2 \theta] \quad \text{Ecuación 14}$$

Dónde:

$K_a=1.0$ (El valor de K_a , puede usarse para cualquier accesorio y este valor es constante para todas las direcciones).

θ = ángulo relativo entre el acimut asociado con la cara del accesorio y la dirección del viento.

$(EPA)_N$ = área proyectada efectiva asociada con la cara a barlovento normal al acimut del acesorio.

$(EPA)_T$ = área proyectada efectiva asociada con la cara lateral de barlovento del accesorio.

Nota: el mayor valor de entre (EPA) y (EPA) puede usarse de manera conservadora para (EPA) para todas las direcciones de viento.

En ausencia de datos más precisos, se considera que un accesorio consiste de componentes planos y redondos según lo siguiente:

$$(EPA)_N = \Sigma(C_a A_A)_N \quad \text{Ecuación 15}$$

$$(EPA)_T = \Sigma(C_a A_A)_T \quad \text{Ecuación 16}$$

Dónde:

C_a = coeficiente de fuerza según Tabla 11.

A_A = área proyectada del acesorio.

Tipo de miembro		Relación de aspecto ≤ 2.5	Relación de aspecto = 7	Relación de aspecto ≥ 25
		C_a	C_a	C_a
Plana		1.2	1.4	2.0
Redondo	$C < 32$ [4.4] (Subcrítico)	0.70	0.8	1.2
	$32 \leq C \leq 64$ [4.4] ≤ 8.7 (transicional)	$\frac{3.76}{C^{0.485}} \left[\frac{1.43}{C^{0.485}} \right]$	$\frac{3.37}{C^{0.415}} \left[\frac{1.47}{C^{0.485}} \right]$	$\frac{38.4}{C^{1.0}} \left[\frac{5.23}{C^{1.0}} \right]$
	$C < 64$ [8.7] (Supercrítico)	0.50	0.60	0.60

Dónde:

$C = (I * K_{zt} * K_z) 0.5 (V)(D)$ para D en pies [m], en mph [m/s]

$V \equiv$ Velocidad básica de viento para la condición de carga bajo investigación.

Nota: la relación de aspecto es igual a la relación (Longitud total / ancho) en un plano normal a la dirección del viento (la relación de aspecto no es en función de la separación entre dos puntos de apoyo de los accesorios lineales, ni tampoco se considera que la longitud de la sección tiene una fuerza uniformemente distribuida).

Tabla 13 Coeficiente de fuerza para accesorios.

Fuente: ANSI/TIA-222-G,

2.5.4.17. FUERZA DE VIENTO SOBRE ANTENAS MW

Las fórmulas para determinar la fuerza de viento, en antenas microondas típicas con cubierta redonda, se presentan a continuación.

$$F_{AM} = q_z * G_h * C_A * A \quad \text{Ecuación 17}$$

$$F_{SM} = q_z * G_h * C_S * A \quad \text{Ecuación 18}$$

Dónde:

$q_z =$ presión de viento, 4.

$G_h =$ factor efecto ráfaga,

$C_{A,}$ =coeficientes de fuerza de viento para antena, 15. A =área de apertura externa de la antena.

WIND ANGLE θ (DEG)	C_A	C_S	C_M
0	0.5352	0.0000	0.0000
10	0.5234	0.1016	0.0168
20	0.5078	0.1797	0.0289
30	0.4609	0.2305	0.0383
40	0.4063	0.2617	0.0449
50	0.3438	0.2734	0.0496
60	0.2344	0.2813	0.0527
70	0.1289	0.2734	0.0555
80	0.0391	0.2500	0.0492
90	-0.0508	0.2422	0.0434
100	-0.1172	0.2734	0.0469
110	-0.1875	0.2852	0.0504
120	-0.2656	0.2773	0.0512
130	-0.3359	0.2617	0.0496
140	-0.4063	0.2344	0.0445
150	-0.4766	0.2031	0.0371
160	-0.5469	0.1563	0.0273
170	-0.5859	0.0859	0.0148
180	-0.5938	0.0000	0.0000
190	-0.5859	-0.0859	-0.0148
200	-0.5469	-0.1563	-0.0273
210	-0.4766	-0.2031	-0.0371
220	-0.4063	-0.2344	-0.0445
230	-0.3359	-0.2617	-0.0496
240	-0.2656	-0.2773	-0.0512
250	-0.1875	-0.2852	-0.0504
260	-0.1172	-0.2734	-0.0469
270	-0.0508	-0.2422	-0.0434
280	0.0391	-0.2500	-0.0492
290	0.1289	-0.2734	-0.0555
300	0.2344	-0.2813	-0.0527
310	0.3438	-0.2734	-0.0496
320	0.4063	-0.2617	-0.0449
330	0.4609	-0.2305	-0.0383
340	0.5078	-0.1797	-0.0289
350	0.5234	-0.1016	-0.0168

Tabla 14 Coeficiente de fuerza de viento para antena microondas típica con cubierta cilíndrica

Fuente: Referencia Norma TIA-222-G,

2.6. EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL CELULAR.

Martin Cooper fue el precursor de esta tecnología, a este personaje se le considera como el padre de la telefonía celular al introducir el primer radioteléfono en 1973, en Estados Unidos; mientras trabajaba para Motorola. En 1979 aparecieron los primeros sistemas comerciales para el público en Tokio-Japón por la compañía NTT.

En Estados Unidos, en 1983 se puso en operación el primer sistema comercial de telefonía celular en la ciudad de Chicago; este fue un inicio para que en varios países se disemine la telefonía celular. Esta nueva tecnología tuvo gran aceptación por ello a los pocos años se empezó a saturar el servicio; por ello siguió evolucionando de la primera hasta la quinta generación, las cuales son:

2. LA PRIMERA GENERACIÓN (1G).

Es aquella de la que se mencionó en un inicio que hizo su aparición en 1979 y que se caracterizó por ser analógica y de uso exclusivo para la voz; fue la AMPS (Advanced Mobile Phone System) tecnología que predominó en esta generación.

A. LA SEGUNDA GENERACIÓN. (2G).

A partir de 1990 se introduce esta tecnología que es similar a la anterior AMPS pero esta ya es digital porque permite una gran mejora en capacidad y desempeño, la TDMA (Time División Múltiple Access) ya que esta tecnología permite proveer más conversaciones por un mismo canal de conexión por tanto desaturó la demanda de más líneas de telefonía celular.

En 1992 hace su aparición una nueva tecnología que se diseminó mundialmente, que es la GSM (Global System Mobile Communications) esta tecnología es muy común en muchos países del globo y se caracteriza por ser totalmente digital y se accede a la red por medio de una simcard o chip; en otros países como Japón son conocidos como PDC (Personal Digital Communications) lo relevante es que soportan velocidades más altas por voz, y canales de conversación más amplios y sin saturación, pero limitada en comunicación por ejemplo en datos.

GENERACIÓN (2.5G).

Esta nueva tecnología sale a la luz el año 2001 es una sofisticación a la anterior ya que los servicios de telecomunicaciones son más rápidas y económicas y adicionalmente ofrece el tráfico de datos como: GPRS(General Packet Radio Sistem). La HSCSD (High

Speed Circuit Swiched), y la EDGE(Enhanced Data Ratesfor Global Evolution). Es desde este momento para adelante en que empieza la carrera para mejorar la velocidad de la información para acceder a internet y otras mejoras en los teléfonos.

B. TERCERA GENERACIÓN (3G).

La Tecnología 3G se caracteriza por contener la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico y fluido al internet; es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos como mp3 mp4 tv y radio en vivo y en línea, o la video llamada y video conferencia y más aplicaciones que requieren un sistema operativo en un teléfono.

Son estos los terminales móviles que son de relevancia para esta investigación y que tienen un costo importante de dinero. Cabe resaltar que en los últimos años el poder adquisitivo de la población boliviana ha mejorado en gran magnitud es por ello que estos Smartphones están en manos de la mayoría de las personas en el país.

C. CUARTA GENERACIÓN (4G) LTE.

Desplegada el año 2010 entendida como la banda ancha inalámbrica para la transmisión de datos, se accede a esta red mediante una micro simcard o nano simcard, simplemente es una evolución ala 3G porque tiene una transmisión de datos muy pero muy veloz en lo que refiere a descargas de información de la red de internet y añadiendo mejora a los teléfonos inteligentes como proyectores de video (Datashow) o incorporando los hologramas que sustituyen a un teclado y también la posibilidad de poseer una pantalla oled o flexible.

D. LA QUINTA GENERACIÓN (5G).

Es una tecnología que esta preparación y que se prevé que se lanzara a mediados del año 2018, será una red inalámbrica con una increíble velocidad de transmisión de datos sin límites de acceso de tamaño o zonas ya que se convertirá en una Red Global Mundial Inalámbrica y Bolivia gracias a el Satélite Túpac Katari que recientemente fue lanzado podrá acceder, las descargas de información sobrepasaran los Megabits y existirá la

posibilidad de descargar Gigabits introduciéndonos a los Terabits, también los teléfonos evolucionaran más se habla de pantallas transparentes, de baterías que tendrán duración de 30 días, funciones totales de voz, o con cámaras ultrapixeladas y más mejoras que elevaran más sus costos.

2.6.1. INTRODUCCIÓN

El espectro radioeléctrico en América Latina atraviesa un momento muy particular. Los gobiernos están delineando sus estrategias para liberar frecuencias. La región atraviesa una nueva transición en el camino de la evolución tecnológica de las redes móviles. Hay dos bandas principalmente que son las que están de moda en la región. Una es la de AWS, una frecuencia apareada de 1700 MHz con 2100 MHz (3G), la cual está disponible en muchos países de América y ya está siendo subastada en algunos. Y la última banda, que es tal vez la más atractiva por sus características de propagación, es la de 700 MHz, llamada dividendo digital. En conjunto, estas dos bandas ofrecen una gran oportunidad para masificar los servicios de banda ancha móvil en Bolivia.

En el capítulo se hace referencia a conceptos básicos de comunicaciones, se define el espectro electromagnético para cada tipo de tecnología ya sea UMTS o LTE , para establecer un modelo adecuado en base al software , parámetro y metodologías para el diseño.

2.6.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIÓN

2.6. 2.1. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN CON CANAL INALÁMBRICO

Los sistemas de comunicación inalámbrica (llamado también sistemas de radio comunicación) evolucionaron la forma de comunicarse ya que con estos tipos sistemas ya no es necesario requerir de un medio material (cable) para transmitir la información en forma de señal eléctrica, sino que se transmite la información mediante ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin ayuda alguna de guía artificial.

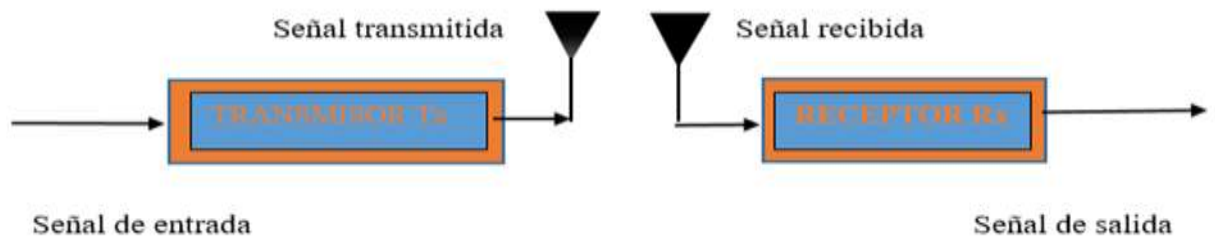


Figura 12 Medio inalámbrico usado en sistema de comunicación

Fuente: DISEÑO DE RADIO BASE LTE-UMTS CON TORRE MIMETIZADA TIPO PALMERA EN EL 1er ANILLO DE LA CIUDAD DE SANTA CRUZ PARA ENTEL S.A.” Autor Aldo Aguilar Philco año 2020

2.6.2.2. TEORÍA DE RADIO PROPAGACIÓN

Las ondas electromagnéticas son de mucha importancia en los sistemas de comunicación inalámbrica, su descubrimiento teórico se debe al físico británico James Clerk Maxwell que mediante la publicación de serie de artículos estableció la teoría de las ondas electromagnéticas mediante el análisis matemático.

Las relaciones matemáticas entre los campos eléctrico y magnético desarrollada por Maxwell proporcionan una su base teórica completa para el tratamiento de todos los fenómenos electromagnéticos cuyo análisis ha sido resumido por Oliver Heaviside en cuatro leyes principales :

$$(\nabla \cdot \mathbf{E}) = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (1)$$

$$(\nabla \cdot \mathbf{B}) = 0 \quad (2)$$

$$(\nabla \times \mathbf{E}) = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (3)$$

$$(\nabla \times \mathbf{B}) = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (4)$$

Estas cuatro ecuaciones representan una descripción completa sobre el campo magnético y eléctrico que dan lugar a las ondas electromagnéticas.

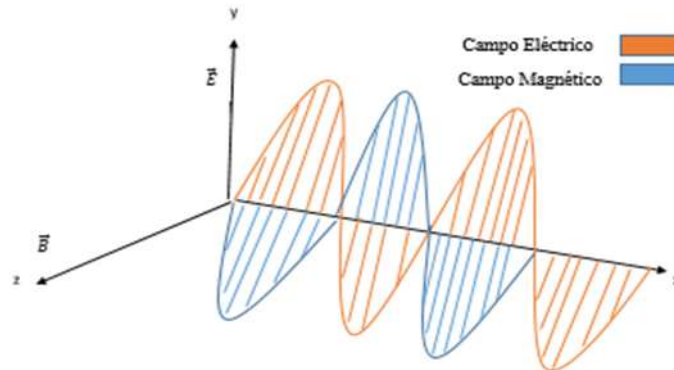


Figura 13 Onda Electromagnética

Fuente: DISEÑO DE RADIO BASE LTE-UMTS CON TORRE MIMETIZADA TIPO PALMERA EN EL 1er ANILLO DE LA CIUDAD DE SANTA CRUZ PARA ENTEL S.A.” Autor Aldo Aguilar Philco año 2020

En pocas palabras podemos describir a las ondas electromagnéticas como un tipo de onda que emite energía a través del espacio libre. La onda electromagnética como lo indica su nombre está conformada por dos componentes vectoriales que son el campo magnético y el campo eléctrico, y cuya principal característica es la longitud de onda o bien la frecuencia como se puede observar en la imagen Figura 2.2 , estas tienden a viajar en línea recta pero la atmosfera y la tierra misma alteran su trayectoria.

2.6.2.3. TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN

La técnica de radiocomunicación consiste en la superposición de la información que se desea transmitir (señal de entrada) en una onda electromagnética soporte denominada portadora la que posee un valor de frecuencia a la cual se transmite, al proceso descrito anteriormente se denomina modulación, existen varios métodos de modulación entre los cuales se encuentran: AM(amplitud modulada), FM(modulación en frecuencia), PM(modulación en fase) usadas en señales mensajes de tipo analógico. En señales

mensaje de tipo digital se usan otros métodos como: PAM,FSK, PSK ,QAM, entre otras. La razón por la cual se efectúa la modulación de la señal mensaje es para que esta sea capaz de enfrentar las características del canal de transmisión es decir para que sea resistente a los efectos de los fenómenos de propagación del medio.

2.6.2.4. CELDA

La celda es el área de cobertura de una estación base, representada de forma hexagonal, cubierta por señales de radiofrecuencia (RF)

- Celda práctica: La fuerza de la señal es idéntica en el borde de la célula poseen un nivel de recepción de señal igual en todo el perímetro.

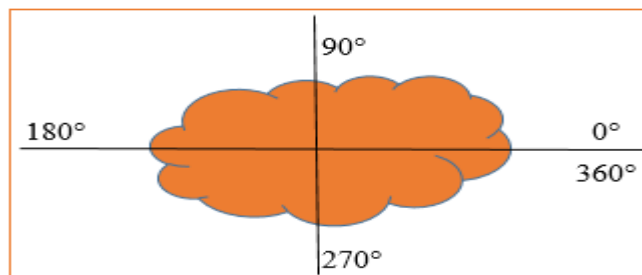


Figura 14 Área de cobertura de una celda práctica

Fuente: DISEÑO DE RADIO BASE LTE-UMTS CON TORRE MIMETIZADA TIPO PALMERA EN EL 1er ANILLO DE LA CIUDAD DE SANTA CRUZ PARA ENTEL S.A.” Autor Aldo Aguilar Philco año 2020

- Célula teórica: Se utilizan para lograr una mejor planeación está representada de forma hexagonal por que la transmisión que proporciona es mucho más efectiva y aproximada a un patrón circular, dado a que elimina espacios presentes entre los círculos adyacentes.

Dos celdas hexagonales adyacentes son equivalentes a dos círculos acoplados. En esa región es donde se realiza el Handover.

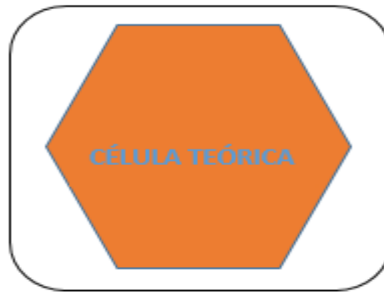


Figura 15 Área de cobertura de una celda práctica

Fuente: DISEÑO DE RADIO BASE LTE-UMTS CON TORRE MIMETIZADA TIPO PALMERA EN EL 1er ANILLO DE LA CIUDAD DE SANTA CRUZ PARA ENTEL S.A.” Autor Aldo Aguilar Philco año 2020

1 Área de cobertura

Está definida por dos tipos de parámetros los cuales influyen enormemente sobre su cobertura.

- **Características Técnicas:** Están definidas por un técnico y pueden variar de acuerdo al lugar como: la potencia del transmisor, altura de las antenas, ganancias de las antenas, ubicación y direccionalidad de las antenas.
- **Incidencia en el ambiente de propagación:** Son parámetros que no están definidos por el usuario, varía según su ubicación e intervienen diferentes factores como: colinas, túneles vegetación, edificios, etc. Por este motivo las celdas en práctica son muy irregulares.

Debido a estas dificultades, en años recientes, se han desarrollado varios modelos para predecir la propagación de radiofrecuencia (RF), tomando en cuenta los dos tipos de parámetros.

2.6.2.4.1. TAMAÑO DE LA CELDA

Están definidas por diferentes características tales como: tamaño físico, el tamaño de la población a la cual va a proporcionar cobertura y los patrones de tráfico de la zona urbana siendo estas dos últimas la de mayor importancia.

Dependiendo del tipo de célula varia el tamaño, pueden cubrir pocos metros, hasta 60 kilómetros cuadrados o más. El radio mínimo está determinado por limitaciones técnicas en los procesos de Hand off y de instalación de equipos de telecomunicación.

TIPO DE CELDA	DISTANCIA	COBERTURA
Megacelda	$\geq 35\text{Km}$	Ambiente de muy poco tráfico o de tráfico ocasional, ambientes rurales o carreteras.
Macrocela	1 a 35 Km	Ambiente urbano poco denso y ambientes rurales con buena cantidad de tráfico.
Microcela	$\leq 1\text{Km}$	Ambiente urbanos intensos Indoor/Outdoor.
Picocelda	50 m	Ambiente urbanos intensos ambientes Indoor.

Tabla 15 Tipos de Cobertura Celular en función del Tráfico

Fuente: José Avendaño Aguilera, Análisis técnico de radiaciones Electromagnéticas emitidas por las Antenas de las Radio Bases Celulares en la ciudad de Guayaquil.

Para ofrecer un mayor servicio se utilizan celdas de menor tamaño. Este número de celdas de menor tamaño. Este número de celdas están definidas por el operador, estableciéndolas de acuerdo a los patrones de tráfico. Su tamaño no es fijo, por esta situación existen diferentes tipos de celdas y debido a la densidad de población encontramos diferentes tamaños de estas:

- **Megacelda:** Poseen una amplia área de cobertura, soportan un radio mayor a los 35 km. Se establecen en ambientes de muy poco tráfico o de tráfico ocasional, la

podemos encontrar en ambientes de muy poco tráfico o de tráfico ocasional, la podemos encontrar en ambientes rurales o en cobertura de carreteras.

Macrocela: Su área de cobertura es de 1 a 35 km, están diseñadas y varían su tamaño con respecto al tráfico de la región. Se encuentran establecidas en ambientes urbanos poco

- Densos y en ambientes rurales con buena cantidad de tráfico, estas celdas proveen servicios en ambientes Outdoor (exterior) y vehiculares. Sin embargo, para ambientes urbanos intensos estos dos tipos de celdas no son suficientes.
- **Microcela:** Las celdas tienen jerarquía de tamaño que pueden variar a menos de 1 km.

Tabla 1 Pueden soportar ambientes urbanos intensos Indoor /Outdoor (interior/exterior).

- **Picocela:** Diseñadas para ambientes urbanos intensos y ambientes Indoor, llegan a medidas de 50 m.



Figura 16 Tipos de celdas

Fuente: DISEÑO DE RADIO BASE LTE-UMTS CON TORRE MIMETIZADA TIPO PALMERA EN EL 1er ANILLO DE LA CIUDAD DE SANTA CRUZ PARA ENTEL S.A.” Autor Aldo Aguilar Philco año 2020

2.6.2.5. HANDOVER

Cuando un móvil se mueve en una celda diferente, mientras este en una conversación en curso, el MSC (Centro de Conmutación Movil) transfiere automáticamente la llamada de un nuevo canal que pertenece a la nueva estación base. Esta operación de transferencia

no solo implica la identificación de una nueva estación base, sino que también requiere que la voz y señales de control se asignan a canales asociados con la nueva estación base.

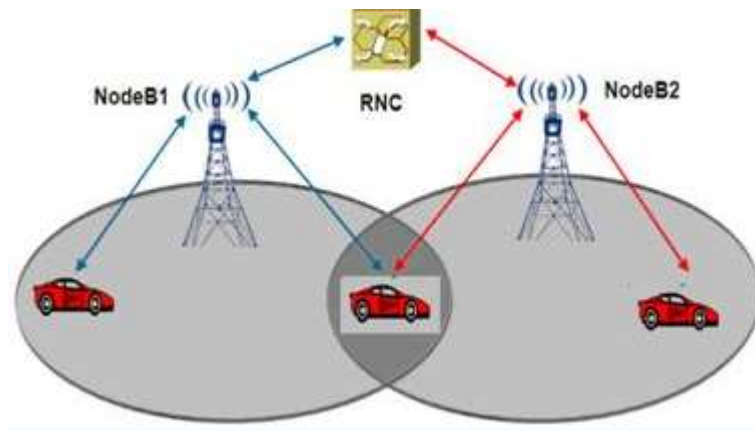


Figura 17 Móvil realizando handover

Fuente: DISEÑO DE RADIO BASE LTE-UMTS CON TORRE MIMETIZADA TIPO PALMERA EN EL 1er ANILLO DE LA CIUDAD DE SANTA CRUZ PARA ENTEL S.A.” Autor Aldo Aguilar Philco año 2020

El sistema conmuta la llamada a un nuevo canal en una nueva célula sin interrumpir la misma o alertar al usuario, la llamada continua transparente para el usuario.

A mayor tamaño de celdas (Menor tráfico), menor es la cantidad de entregas handover y viceversa, a menor tamaño de celdas (Mayor tráfico), mayor es la cantidad de entregas handover. El handover tiene diferentes niveles, desde un sector a otro de una célula sectorizada, entre celdas de un mismo clúster, entre celdas de distintos clústeres o incluso entre sistemas diferentes. El handover se realiza por:

1. Cambio de celda.
2. Balanceo de carga.
3. Mantenimiento (dentro de una celda sectorizada)

2.6.2.5.1. CANALES EN RED CELULAR

Son los medios por los cuales se transmiten la información entre Radio Base y Unidad Móvil, controlan la forma en que esta información es enviada, como la de control y señalización necesarias para establecer una conversación estable, se define en dos grupos.

2.6.2.5.2. A CANALES FÍSICOS

Esta caracterizado por una técnica de modulación, por el nivel de potencia y por uno o varios de las siguientes: ranura de tiempo, código, frecuencia o área geográfica, según la técnica de acceso múltiple utilizada. Estos canales sirven de enlace en la capa física.

2.6.2.5.3. B CANALES LÓGICOS

Los canales lógicos transmiten eficazmente los datos del usuario, proporcionando el control de la red en cada ARFCN (número de canales de radiofrecuencia absolutos). Se pueden separar en dos categorías.

- **Canales de control:** llevan comandos de señalización y control entre las estaciones base y la móvil, se definen ciertos tipos de canales de control exclusivos para el Uplink o para el Downlink.
- **Canales de tráfico:** llevan voz codificada digitalmente o de datos y tienen funciones idénticas y formatos tanto para el Downlink como para el Uplink.

2.6.2.6. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Se denomina espectro electromagnético al espacio que permite la propagación de las ondas electromagnéticas, también existen 2 tipos de radiación las radiaciones ionizantes y las radiaciones no ionizantes en la siguiente imagen se puede observar la clasificación:



Figura 18 Bandas de radio que nos interesan y sus usos principales.

Fuente: DISEÑO DE RADIO BASE LTE-UMTS CON TORRE MIMETIZADA TIPO PALMERA EN EL 1er ANILLO DE LA CIUDAD DE SANTA CRUZ PARA ENTEL S.A.” Autor Aldo Aguilar Philco año 2020

Dentro de las bandas que son de interés para fines prácticos de este proyecto están: Ultra High Frequency (U.H.F.) con gama de frecuencia (300MHz a 3GHz) y Súper High Frequency (SHF) con gama de frecuencia (3 GHz a 30 GHz)

2.6.3. TIPOS DE TECNOLOGÍA

2.6.3.1. UMTS

La capa física de UMTS (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles) es la técnica de acceso por división de código de banda ancha WCDMA (Acceso múltiple por división de código de banda ancha).

Tiene su fundamento teórico en las técnicas de espectro extendido donde la señal ocupa un ancho de banda superior a la que sería estrictamente necesaria para su transmisión. WCDMA utiliza una modulación por secuencia directa.

2.6.3.1.1. ARQUITECTURA DE RED UMTS

La nueva generación de redes 3G necesitan de elementos nuevos en la red de radio y en la red central, por el diseño de una nueva red aérea esto dará paso a los elementos de la

red GSM sean combinados y transformados. La red UMTS se encuentra dividida en tres partes.

Los elementos que la conforman son los Equipos de Usuario (UE), la red de acceso de radio terrestre (UTRAN), red principal (CN), siendo estas dos últimas la base de la red UMTS, estos dos elementos están formados por protocolos y medios físicos. La arquitectura UMTS consiste en dos dominios de red.

El circuito conmutado, que se sustenta en el centro de conmutación móvil (MSC), es la encargada de transportar el tráfico de voz.

El paquete conmutado se sustenta en los nodos de soporte GPRS (GSN), basada en tecnología IP, se encarga en transportar el tráfico de datos.

Los dominios están conectados al acceso de red, el cual es compartido en ambos tipos de tráfico a través de la interfaz lu, que conecta a la red central con la red de acceso de radio y también está dividida en dos partes:

1. LuCS conecta el acceso a red a la estructura de conmutación de circuitos (MCS)
2. LuPS conecta el acceso a red a la estructura de conmutación de circuitos (GSN)

El terminal UMTS es un potente dispositivo de comunicaciones con capacidades avanzadas de imagen y sonido, como video llamada, acceso a la información similar a un ordenador personal y características enfocadas a la facilidad de uso.

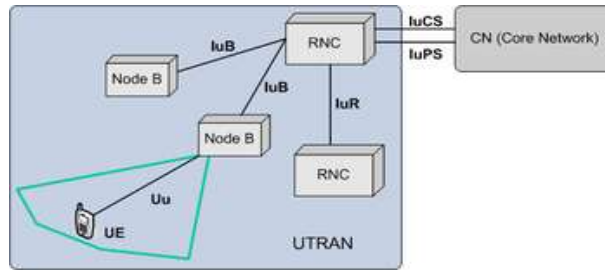


Figura 19 Arquitectura UMTS

Fuente: DISEÑO DE RADIO BASE LTE-UMTS CON TORRE MIMETIZADA TIPO PALMERA EN EL 1er ANILLO DE LA CIUDAD DE SANTA CRUZ PARA ENTEL S.A.” Autor Aldo Aguilar Philco año 2020

2.6.3.1.2. A ARQUITECTURA UTRAN

Consiste en un conjunto de subsistemas de red de radio (RNS), conectada a la red central. El RNS se divide en varias entidades.

2.6.3.1.3. B CONTROLADOR DE RED DE RADIO (RNC)

Es el gestor entre el dominio de radio y el resto de la red. Los protocolos abiertos en el terminal para gestionar la conexión aérea terminan en el RNC, por encima de RNC están los protocolos que permiten la interconexión con el CN.

El RNC utiliza la interfaz IuR la cual permite continua movilidad, en cuanto a transmisión de RNS que no son perceptibles para el usuario gracias a la macro-diversidad, aligera la carga de la red central, limitando a la red central cuando debe actuar sobre aquellas donde este interfaz no este presente. Diferentes RCN pueden estar conectadas entre ellas a través de la interfaz IuR.

2.6.3.1.4. C NODO B

Supervisa el conjunto de celdas que podrán ser la duplexion por división de frecuencia (FDD), duplexion por división de tiempo (TDD), o ambas en conjunto. Este nodo es la unidad física para

la radio transmisión/recepción de una o mas celdas, esta conectado al equipo de usuario (UE) mediante la interfaz aérea Uu y con el RCN vía modo de transferencia asíncrona (ATM) de lub.

La tarea principal es la conversión de datos a y desde la interfaz aérea Uu, incluyendo la corrección de errores (FEC) y el desplazamiento de fase de modulación (QPSK) en la interfaz aire, el cual permite al equipo de usuario ajustar su energía usando comandos de control de energía de la transmisión.

2.6.3.2. LTE (LONG TERM EVOLUTION)

LTE o Evolución a Largo Plazo es una tecnología de plataforma de radio que les permite a los operadores alcanzar throughputs máximos aún mas elevados que HSPA+ en ancho de banda espectral más alto.

Para LTE se marcaron exigentes requisitos por parte de 3 GPP (Proyecto Asociación de Tercera Generación), se fijaron 100 Mbps en el enlace descendente y 50 Mbps en enlace ascendente, en un ancho de banda de 20 Mhz.

LTE es parte del camino evolutivo GSM para banda ancha móvil, posterior a EDGE, UMTS, (HSDPA y HSUPA combinadas) y HSPA Evolución (HSPA+). LTE esta basada en un nuevo esquema de acceso múltiple de interfaz:

- ✚ **OFDMA**, Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal: Se utiliza para conseguir que unos conjuntos de usuario de un sistema de telecomunicaciones pueden compartir el espectro de un cierto canal para aplicación en enlace descendente.
- ✚ **SC-FDMA**, Acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única: Es un esquema de acceso múltiple que utiliza modulaciones de portadora única para el enlace ascendente.
- ✚ Además, incorpora esquemas MIMO (Múltiple Input-Múltiple Output: Múltiple Entradas-Múltiple Salidas) como parte esencial LTE.

Es la arquitectura LTE incorpora algunos cambios importantes a los conceptos de protocolos existentes en UMTS, con la finalidad de simplificar la arquitectura general de la red de acceso radio y el núcleo de red. LTE incluye los modos de operación FDD (Duplexación por división de frecuencia) y TDD (Duplexación por división de tiempo).

2.6.3.2.1. A REQUISITOS DEL SISTEMA

- ✓ **Velocidad de datos:** El objetivo de 100 Mbps en el enlace descendente y 50 Mbps en el enlace ascendente en 20 Mhz de ancho de banda.
- ✓ **Enlace Espectral:** Se trabaja con un ancho de banda que teóricamente varía de 1Mhz a 20 Mhz,
- ✓ **Rendimiento:** Throughput medido por usuario y Mhz para el downlink, debe ser 3 o 4 veces superior y 2 o 3 veces mejor para el uplink del Release 6.
- ✓ **Latencia:** Sería inferior a 5 ms en el plano de usuario comprendido al tiempo de tránsito unidireccional de un paquete disponible en la capa IP en el terminal de capa IP de un nodo de la red de acceso de radio y viceversa.
- ✓ **Ancho de Banda2:** Soporta anchos de banda escalables de 5, 10, 15 y 20 Mhz. Aunque también menores a 5 Mhz como son 1,4 y 3 Mhz.
- ✓ **Asignación de espectro:** Puede operar en modo FDD y modo TDD.
- ✓ **Interconexión:** Debe garantizar interconexión entre los diferentes sistemas existentes 3GPP y no – 3 GPP
- ✓ **Coste:** Debe lograrse coste reducido de migración de la arquitectura y acceso radio partiendo del Release 6. Coste de energía razonable tanto para el sistema como el terminal.
- ✓ **Movilidad:** Óptima para baja velocidad del terminal (0-15 km/h), pero debe soportar velocidades mayores y mantener la conexión en velocidad de hasta 135 km/h
- ✓ **Cobertura:** Con prestaciones máximas de hasta 5 km , con una leve degradación de cobertura entre 5 y 30 km y con posibilidad de alcanzar rangos 100 km.

- ✓ **Coexistencia:** Para la misma zona geográfica, entre operadores en banda adyacente y coexistencia de redes en zonas fronterizas.
- ✓ **Calidad de servicio:** Se debe garantizar la calidad de servicio extremo a extremo.
- ✓ **LTE** soporta al menos 200 terminales en estado activo operando en un ancho de banda de 5 Mhz.

2.6.3.3. B ARQUITECTURA LTE

La arquitectura del sistema es el conjunto de nodos e interfaces que hacen posible la comunicación entre una estación base y un terminal móvil. Esta permite conocer la red en su conjunto.

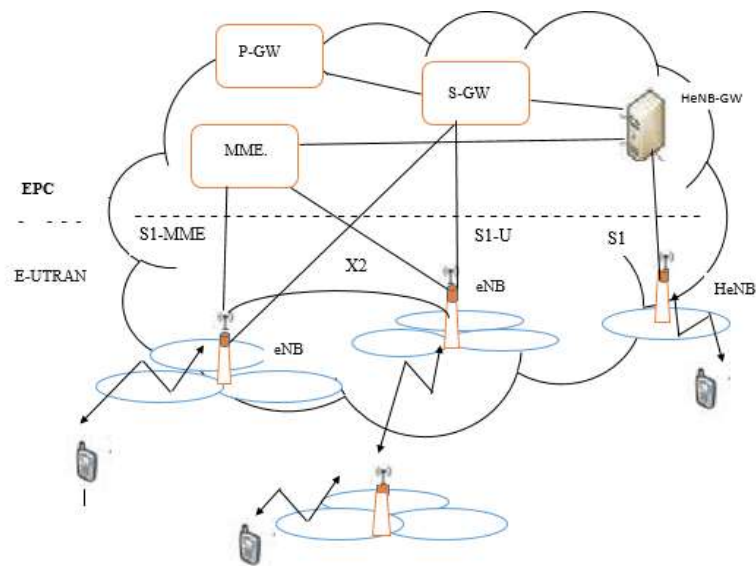


Figura 20 Arquitectura del sistema LTE- EUTRAN

Fuente: DISEÑO DE RADIO BASE LTE-UMTS CON TORRE MIMETIZADA TIPO PALMERA EN EL 1er ANILLO DE LA CIUDAD DE SANTA CRUZ PARA ENTEL S.A.” Autor Aldo Aguilar Philco año 2020

LTE está dividida en dos partes. La red de acceso radio (Radio Access Network RAN) y el núcleo de red (Core Network CN). A la RAN de LTE se la conoce como Envolved UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN), y al núcleo de red.

Tabla 2 La arquitectura del sistema está orientada a minimizar el número de nodos en la E-UTRAN, lo que condujo hacia la implantación de un único nodo mucho más complicado que el NodoB de UMTS, llamado evolved Node B (eNodeB). La función principal es la gestión de recursos radio y la conexión de terminales móviles de una celda a otra. En su arquitectura existen dos tipos de interfaces la S1 que conecta la E-UTRAN con el EPC y la interfaz X2 que conecta un eNodeB

con otro. La interfaz X2 es utilizada principalmente para la movilidad y para las funciones de gestión de radio multicelular.

Las funciones principales de la E-UTRAN son:

- ✓ Codificación, entrelazado, modulación etc.
- ✓ Función ARQ, comprensión de cabecera, etc.
- ✓ Función de seguridad (cifrada protección de integridad, etc)
- ✓ Gestiones de recurso de radio, cambio de celda o handover, etc.

El núcleo de red o EPC esta basado al igual que el de UMTS, en el núcleo de red de sistema de GSM/GPRS, es decir es una evolución de este. A si mismo con finalidad de minimizar el número de nodos, el núcleo de red posee un único nodo que engloba dos entidades funcionales la entidad de control de la movilidad (Mobility Management Entity MME) que es la entidad encargada del plano de control y el Serving Gateway (S-GW) responsables del plano de usuario o del encaminamiento de los datos, mas un nodo de enrutamiento a redes externas llamado Packet Data Network Gateway (PDN-GW).

Las funciones principales del núcleo de red son:

- ✓ Gestión de coste mensual de cada usuario.
- ✓ Gestión de suscriptores.
- ✓ Gestión de movilidad.
- ✓ Gestión de calidad de servicio.
- ✓ Gestión de datos de usuario e interconexión a redes externas.

2.6.3.4. C MÉTODO DE TRANSMISIÓN

LTE especifica una interfaz de radio en modo paquete extremadamente flexible y eficiente, con un intervalo de transmisión de tiempo (Transmisión Time Interval TTI) de tan solo 1 ms y baja latencia. Las modulaciones multi-portadora, acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDM) en el enlace descendente y acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SC-OFDMA) en el enlace ascendente juegan un papel muy importante al aportar ortogonalidad tanto en bajada (downlink) como en subida (uplink), soporte de técnicas Multiple-Input Multiple-output (MIMO), que da robustez frente a la propagación multi-camino y una asignación de recursos (scheduling) optimizada en función del estado del canal de cada usuario.

MIMO: Multiple Inputs Multiple Outputs (MIMO) ocurre cuando existen varias (dos o más) antenas transmisoras y varias (dos o más) antenas receptoras. MIMO proporciona tanto solidez de canal como mejor rendimiento de este. Para poder utilizar MIMO, es necesario utilizar codificación de los canales, con el fin de separar los datos de las diferentes rutas.

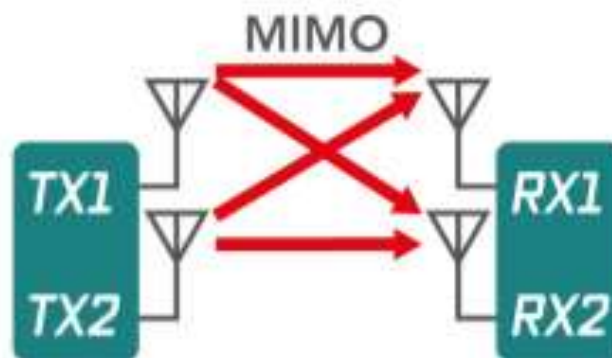


Figura 21 Configuraciones de antenas MIMO

Fuente: DISEÑO DE RADIO BASE LTE-UMTS CON TORRE MIMETIZADA TIPO PALMERA EN EL 1er ANILLO DE LA CIUDAD DE SANTA CRUZ PARA ENTEL S.A.” Autor Aldo Aguilar Philco año 2020

2.6.4. ELEMENTOS DE UNA RED CELULAR

Los elementos de una red básica de telefonía celular están representados por el centro de conmutación electrónica (MCS), la misma que lleva a cabo el control de administración centralizada del sistema celular, y las estaciones de base encargadas de la comunicación con los móviles y a las unidades móviles portátiles.

El corazón del sistema de radio base celular se lo conoce como Centro de Conmutación Móvil, lleva a cargo el control y administración centralizada del sistema celular.

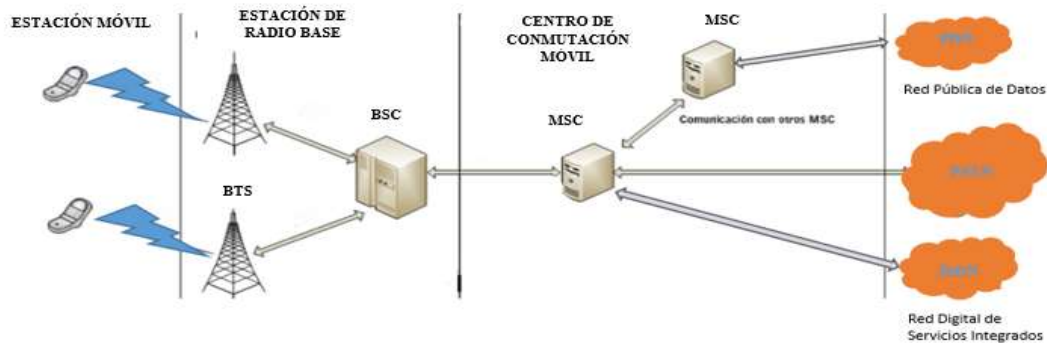


Figura 22 Elementos de una Red Celular

Fuente: DISEÑO DE RADIO BASE LTE-UMTS CON TORRE MIMETIZADA TIPO PALMERA EN EL 1er ANILLO DE LA CIUDAD DE SANTA CRUZ PARA ENTEL S.A.” Autor Aldo Aguilar Philco año 2020

Las radios bases son localizadas de manera adecuada en distintos puntos del área de servicio y son el corazón de cada célula, está conformada por torres, antenas, transmisor, receptor, computadoras.

3.1 INGENIERÍA DEL PROYECTO.

DIAGRAMA EN BLOQUES DEL SISTEMA EN UNA RADIO BASE.



Figura 23 Sistema en una Radio Base

Fuente: Propio

3.2. ANTECEDENTES DE LA TECNOLOGÍA

La necesidad de comunicarse inalámbricamente es solo uno de los tantos sueños que se ha forjado el hombre, el cual se ve enriquecido cada día con los nuevos avances científicos. Consecuentemente esta necesidad llega más allá trasponiendo la simple frontera de la comunicación, asciende entonces a la imperiosa pero muy satisfactoria necesidad por querer estar siempre informado. No son solo simples lujos, lo racional de esto es que por medio de un gran sistema como lo es la red celular, puede estar concretizando los dominios de su vida, teniendo así acceso a diversos temas de interés común (videojuegos, redes sociales, política, base de datos, transacciones bancarias, educación virtual y telemedicina), cosas que hace unos años solo se pensaría que existiera en relatos.

La Telefonía móvil avanza a pasos agigantados. Pasos incontrolables de placer por la tecnología. Y fiel reflejo de ello es la Tecnología Celular de Cuarta Generación. Esto ya no es una fantasía, es una realidad que se alimenta y fructifica con todos los avances científicos y que día a día hace parte de nuestro diario vivir.

Conforme a cómo va avanzando la penetración sustancial de las herramientas inalámbricas, hoy por hoy el mundo de las Telecomunicaciones cobra más importancia arraigada también en sus estándares de Calidad y robustez, influenciando la vida de cualquier ser humano con la de querer comunicarse.

Las comunicaciones móviles que están en constante evolución y sus usuarios quienes exigen mayor calidad en las llamadas, mejores costos tanto de los planes como de los terminales, amplia cobertura de los proveedores de servicio móvil y mejor solvencia a la hora de tratar temas de aplicaciones que requieran altas velocidades, experimentan un nuevo entorno tecnológico con un amplio universo de posibilidades en donde las limitaciones no están consideradas.

Si bien es sabido que a medida que se desarrolla una nueva tecnología, los usuarios inundan con requerimientos especiales las necesidades del desarrollo de ésta, las exigencias dependen de los estándares a utilizar.

Estas exigencias se deben a la aparición de nuevas tecnologías (OFDMA Acceso múltiple por división de frecuencias de portadora, SC-FDMA) y estándares (LTE), así como a la evolución de algunas ya existentes (HSPA, WCDMA). También se debe al desarrollo de nuevos equipos móviles, nuevos programas informáticos, aplicaciones y servicios como los ya mencionados.

Según las proyecciones de Factibilidad e Implementación todo parece indicar que el estándar que abrirá el paso y sentará las bases del 4G será LTE.

Con estas nuevas destrezas plasmadas en las nuevas tecnologías móviles de cuarta generación se abrirá una gran brecha entre los que tienen que emerger e implementar 4G LTE como metodología para la satisfacción de los usuarios y los que se quedarán rezagados en los hechos circunstanciales de no evolucionar.

Solo el tiempo dirá si LTE suplió esa necesidad de esta sociedad tan cambiante y exigente, constituida con un paradigma entre los que se pueden comunicar y expresar sus ideas, pensamientos y sentimientos, y los que adoptaron una postura ajena y desinteresada. Lo cierto es que LTE está imponiendo esquemas de comunicación y conectividad jamás visto y puede llegar a ser la pauta para la integración de nuevos servicios y el desarrollo de nuevas tecnologías.

3.2.1. SUBASTA 4G-LTE EN BOLIVIA

En julio del 2013 el Gobierno boliviano asignó espectro para la entrega de servicios LTE a la firma estatal de telecomunicaciones ENTEL y TIGO. Según un documento del regulador de telecomunicaciones de ATT, el gobierno adjudicó dos bloques de espectro en la banda de 700MHz. Según el titular de ATT de ese entonces, Clifford Paravicini, el

operador móvil VIVA no participo en la subasta de espectro, ya que la empresa no planeaba lanzar servicios LTE.

El grupo internacional Millicom, que opera en Bolivia con la marca TIGO, señalo que compro el espectro en la banda de 700MHz. En US\$19mn, 2x10MHz. En la banda de 1.900MHz. y 2x15MHz. De espectro AWS (banda de 1.700/2.100 MHz.) en US\$23mn.

Para la época la ATT lanzo un cronograma para la adjudicación de espectro para servicios de telecomunicaciones en varias bandas.

3.2.2. CIFRA DE USUARIOS EN BOLIVIA

La ATT en su afán de proporcionar las herramientas más factibles para el desarrollo tecnológico en Bolivia se ha constituido en una pieza clave para el impulso que tiene la economía boliviana.

Dichas factibilidades han mejorado no solo el advenimiento de la industria si no también la calidad de vida de las personas manifestándose en la apertura a nuevas tecnologías de la información.

Este abanico de posibilidades está reflejado en las cifras que anualmente la ATT publica en su página oficial. Para empezar a hablar de 4G en Bolivia es necesaria una contextualización de los datos y cifras que se maneja hoy en día en Bolivia como el índice de penetración de la telefonía móvil.

La información presentada a continuación es al cierre de la gestión 2018, existen 11.445.830 líneas móviles en el país. Ya para esta fecha se estima que existen más de 11.5 millones de líneas, basados en la agilidad del mercado y las nuevas ofertas realizadas por los diversos operadores del servicio de telecomunicaciones móvil. Según el siguiente gráfico, los departamentos que registran la mayor concentración son: La Paz, 29%, Santa Cruz 28% y Cochabamba 18%.

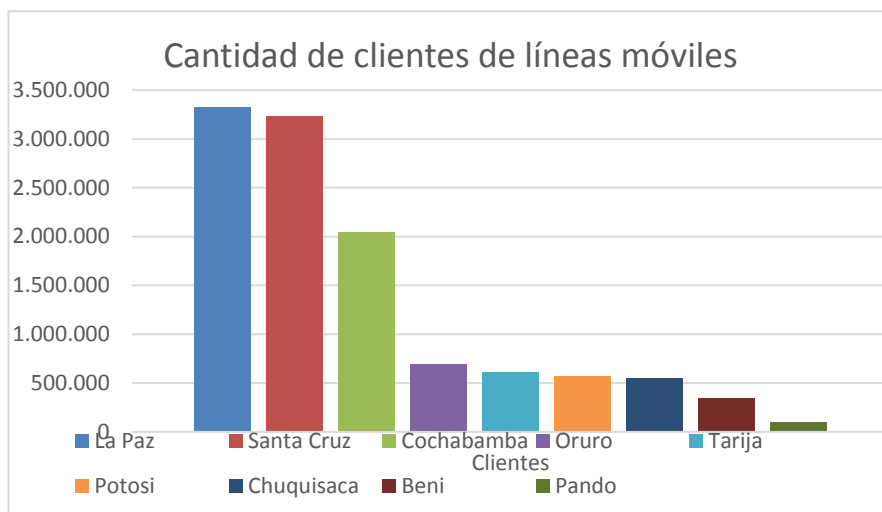


Figura 24 Cantidad de Clientes correspondientes a cada departamento.

Fuente: <http://att.gob.bo-memoria-institucional>.

3.3. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA ESTACIÓN MÓVIL Y LA VERIFICACIÓN DEL SITIO

3.3.1. SISTEMA DE COMUNICACIÓN MÓVIL GSM

Esta tecnología es un sistema común, privilegiado móvil digital, el usuario con GSM (Global System for Mobile Communication) puede enviar y recibir correos electrónicos, accesos a la red, transmisión de datos y SMS (Short Message Service).

La estructura de la red GSM está dividida en varios niveles jerárquicos denominados subsistemas. Empezando por la MS (Mobile Station) la cual es donde se encuentra el usuario que recibirá el servicio de telefonía, esta consiste en dos elementos: el ME (Mobile Equipment) y una tarjeta SIM (Subscriber Identity Module) que le permite acceder a la red y obtener los servicios que esta le ofrezca, además cada equipo móvil cuenta con su propio número de identificación internacional grabada por el mismo fabricante y es único, este es denominado con IMEI (International Mobile Station Equipment Identity).

La estación móvil se conecta por medio de la interfaz aire Um (User Mobile) a la BTS (Base Transceiver Station) Mas cercana, esta dispone de los dispositivos para poder realizar la transmisión y recepción de las señales de radio, incluyendo las antenas para entablar BSS (Base Station Subsystem) las cuales también cuentan de un BSC (Base Station Controller).

La función de la BSC es gestionar y asignar los canales de radio de la BTS, cuando el usuario se encuentra en movimiento esta también se encarga de controlar los saltos de frecuencia y la transferencia de llamadas entre las BTS. La conexión entre la MS (Mobile Station) y MSC (Mobile Switching Center) está representada por la BSC, esta forman parte del subsistema llamado NSS (Network Subsystem).

El MSC agrupa BSS por enlaces terrestres de microondas, este controla la señalización procedimiento de señales, transferencia de llamadas entre células, el ruteo de las llamadas, funciones básicas de conmutación y manejo de interfaces con otra MSC. La GMSC (Gateway Mobile Switching Center).

El MSC agrupa BSS por enlaces terrestres de Microondas, este controla la señalización, procesamiento de señales, transferencia de llamadas entre células, el ruteo de las llamadas, funciones de conmutación y manejo de interfaces con otras MSC. La GSMSC (Gateway Mobile Switching Center) es otro tipo de MSC, el cual proporciona el enlace a la red telefónica publica, la NSS también consta de varios bases de datos para llevar a cabo las funciones del registro de movimiento de usuarios y del control de llamadas dentro de la PLMN (Public Land Mobile Network), estas bases de datos permiten la itinerancia, estas conllevan la información de seguridad completa de los equipos registrados como lo es la copia de los códigos PIM (Personal Identificación Number), el objetivo de esto es evitar que se puedan registrar de teléfonos no permitidos. HLR (Home Location Register), VLR (Victor Location Register) y AUC (Authentication Center) estas son bases de datos las cuales se aplican como un concepto de red inteligente para GSM. El cambio de una estación base hacia otra en una llamada es realizada por la estación móvil, la cual es la que monitorea los niveles de señalización y

la tasa de error de datos las estaciones bases que lo rodean para poder realizar la transferencia, este proceso se aplica solo para GSM.

El organismo responsable por la estandarización del sistema de telefonía móvil GSM es la ETSI (European Telecommunications Standards Institute), la cual es la encargada de brindar a los fabricantes de los equipos y las operadoras de red es la encargada de brindar a los fabricantes de los equipos y las operadoras de red de todo el mundo las especificaciones técnicas, este organismo ha dividido el estándar en series las cuales cada una tratan sobre temas específicos del funcionamiento de la tecnología GSM. (Muñoz, 2002)

3.3.2. ESCENARIOS DE INSTALACIÓN

Los escenarios pueden tener cambios en sitio, debido a las necesidades técnicas encontradas durante la ejecución del proyecto por parte de equipo técnico Huawei o para atender los requerimientos del cliente Entel.

Tipo	cantidad	Descripcion
Energía	1	Gabinete TP48200A
Energía	2	Gabinete de baterías
Energía	3	Rectificadores
Wireless	4	Bancos de batería
Wireless	1	BBU3910 (1 UMPTb1 + 1 UBBPd5)
Wireless	3	RRU3952 (850Mhz)
Wireless	1	DCDU
Wireless	1	Set sensores
Wireless	3	Antena direccional (APE4518R14v06)

Tabla 16 ESCENARIO I: Nueva radio base Macro GSM/UMTS 850 S2/2/2

Fuente: <http://att.gob.bo-memoria-institucional>.

- Se proveerán antenas Penta Band (APE4518R14v06) con dos puertos en 850 para dar flexibilidad a la solución y servirán para las tecnologías GSM y UMTS.
- Se proveerán 2 gabinetes para instalar 4 bancos de batería que servirán para dar redundancia al sitio en caso de cortes de energía.

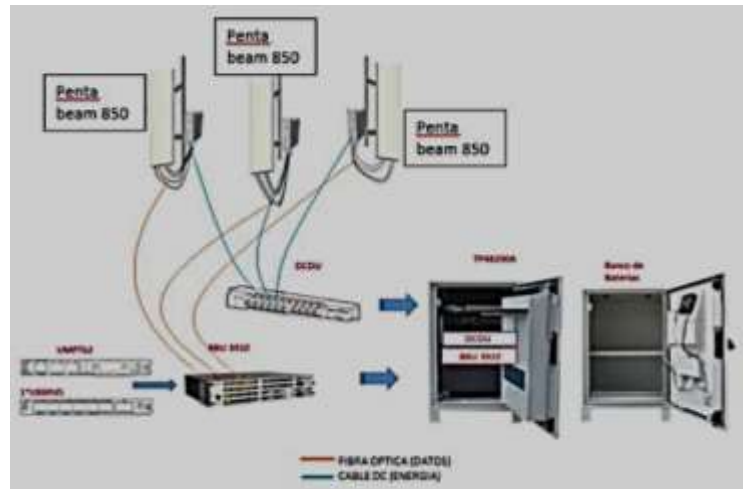


Figura 25 Diagrama de servicio con antenas penta band (APE4518R14V06) con dos puertos en 850 para dar flexibilidad a la solución y servirán para las tecnologías GSM y UMTS

Fuente: Huawei

Tipo	cantidad	Descripción
Energía	1	Gabinete TP48200A
Energía	2	Gabinete de baterías
Energía	3	Rectificadores
Wireless	4	Bancos de batería
Wireless	1	BBU3910 (1 UMPTb1 + 1 UBBPd5)
Wireless	3	RRU3952 (850Mhz)
Wireless	1	DCDU
Wireless	1	Set sensores
Wireless	3	Antena direccional (APE4518R14v06)

Tabla 17 ESCENARIO II: Nueva radio base focalizada GSM/UMTS 850 2/0/0

Fuente: <http://att.gob.bo-memoria-institucional>.

- Se proveerán antenas Penta Band (APE4518R14v06) con dos puertos en 850 para dar flexibilidad a la solución y servirán para las tecnologías GSM y UMTS.
- Se proveerán 2 gabinetes para instalar 4 bancos de batería que servirán para dar redundancia al sitio en caso de cortes de energía.

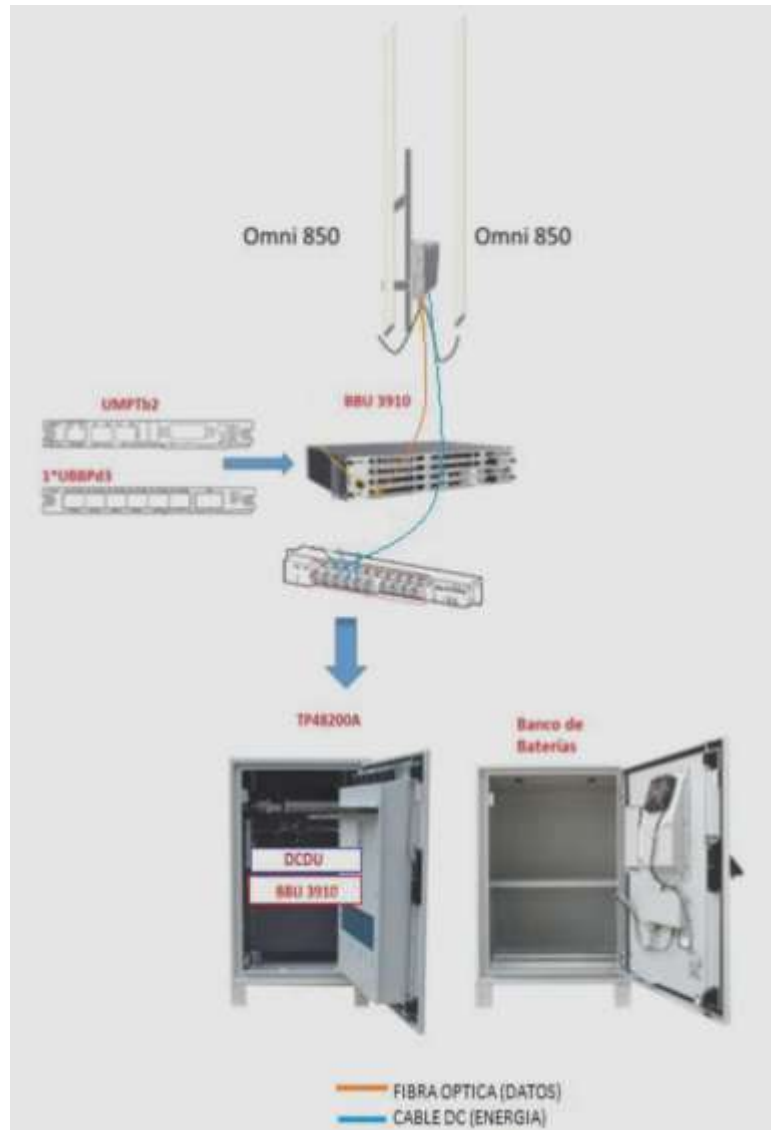


Figura 26 Diagrama de servicio con antenas Omnidireccionales (SL13012A) para los puertos T/R de la RRU y servirán para las tecnologías GSM y UMTS.

Fuente: Huawei

3.3.2.1 DISPOSICIÓN DE LAS TARJETAS EN LA BBU (AMBOS ESCENARIOS):

Esta unidad modular ha sido diseñada para ser instalada lejos de otras unidades, lo cual acelera la selección del sitio y la construcción de la red, a la vez que permite reducir la inversión en repetidores. Permite lograr cobertura flexible a lo largo de líneas ferroviarias, especialmente en túneles y puentes. Está compuesta por una unidad de banda base (BBU) y una cierta cantidad de unidades de radio remotas (RRU), lo cual permite crear una sola celda poderosa para múltiples sitios.

La BBU3900 de Huawei está basado en un diseño modular mediante el cual podemos configurar una estación base según nuestras necesidades de manera fácil, añadiendo simplemente nuevas tarjetas, ya sea para ampliar la capacidad de transmisión, la de proceso o para implementar una nueva tecnología en un nodo ya existente.

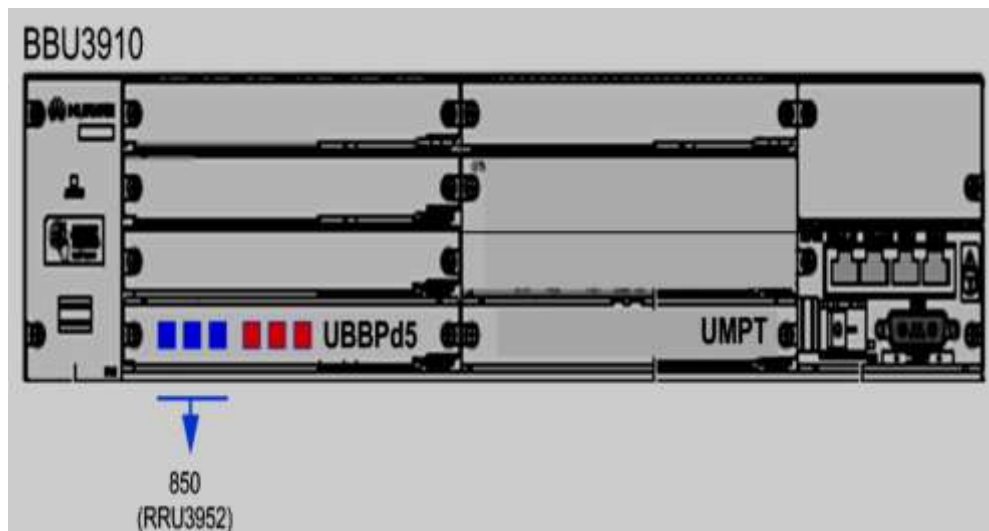


Figura 27 Tarjetas en la BBU

Fuente: Huawei

3.3.2.2. EQUIPOS EN EL RACK DEL GABINETE

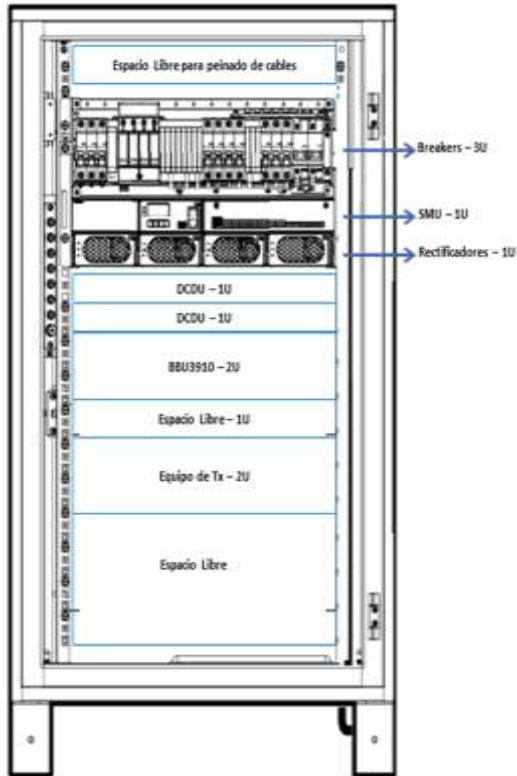


Figura 28 Rack del gabinete

Fuente: Huawei

3.3.3 PRE INSTALACIÓN

3.3.3.1. INGRESO Y SALIDA DE SITIO

Se realizará el ingreso de sitio según el requerimiento de ENTEL siguiendo el WorkFlow siguiente.

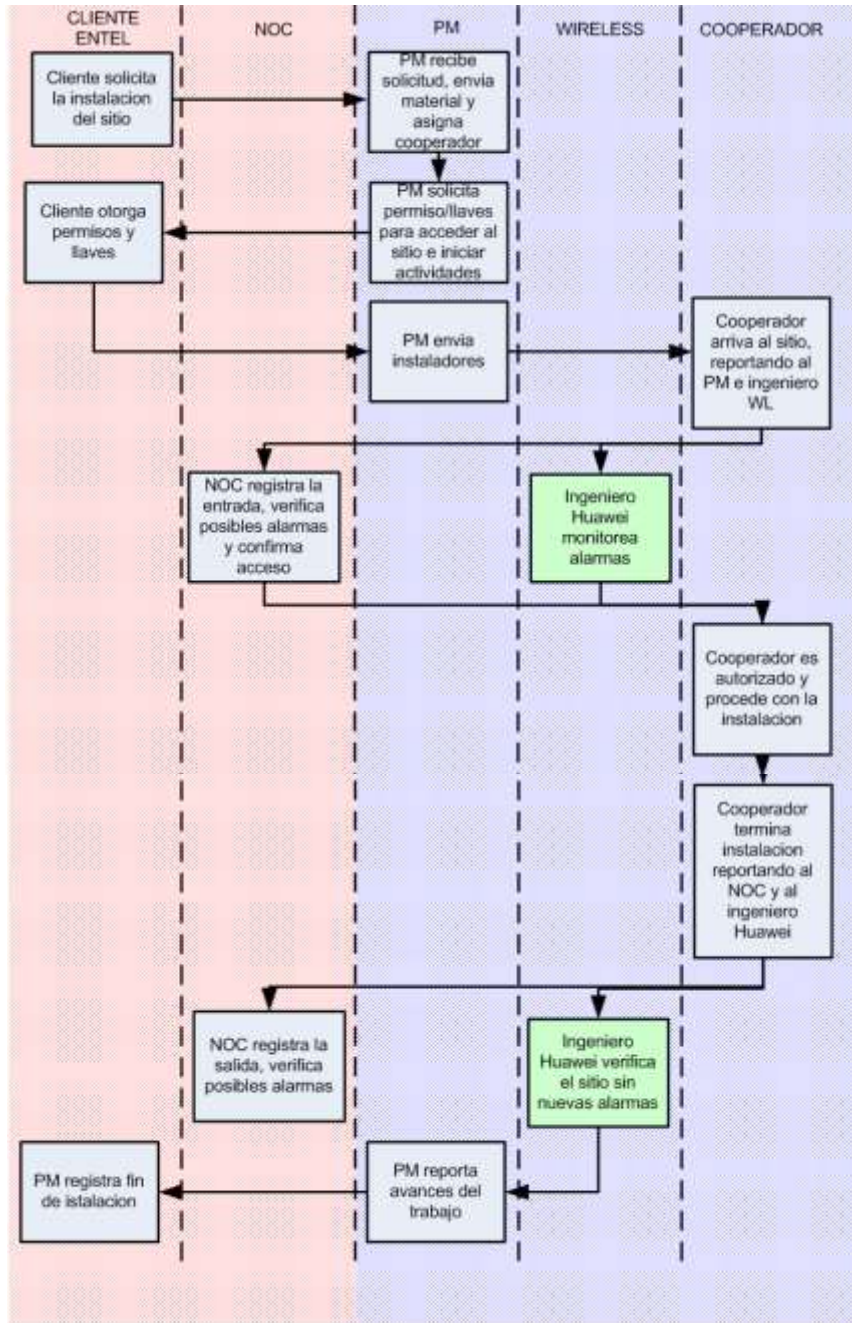


Tabla 18 Nueva radio base localizada

Fuente: Nueva radio base localizada

El ingreso a sitio debe ser únicamente por el personal autorizado, el cual se confirmara con credenciales de trabajo.

La identificación debe contener mínimamente:

- Foto.
- Nombre completo.
- Departamento y la empresa contratista.

3.3.3.2. PREPARACIÓN DEL SITIO

Los instaladores deben realizar las siguientes actividades:

- ✓ Separar y organizar el material de instalación y las herramientas necesarias para proceder con la instalación.
- ✓ Identificar el material faltante o sobrante e informar inmediatamente a Huawei cualquier irregularidad.
- ✓ Verificar la infraestructura del sitio (Verificar que la base diseñada esté de acuerdo al Layout indicado o Site Survey correspondiente. Además asegurar que todo el recorrido de cableado sea posible de acuerdo al proyecto).
- ✓ Verificar aterramientos existentes en sitio y disponibilidad existente de energía AC/DC.













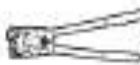



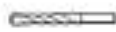













3.3.3.3. LIMPIEZA EN EL SITIO

El equipo de instalación al final del día debe limpiar completamente el sitio, por lo cual realizara los siguientes puntos.

- ✓ Se separan cajas vacías y se las utiliza como depósito de basura, desperdicios y material residual del sitio.
- ✓ Separar e identificar el equipo y materiales que no se instalen en un lugar seguro para evitar cualquier tipo de robo o pérdida.
- ✓ NO debe abrir ningún otro equipo que no sea autorizado.

3.3.3.4 HERRAMIENTAS DE TRABAJO

- ✓ Los trabajadores deben portar las siguientes herramientas en sitio de acuerdo al trabajo asignado:

 Segmented blade utility knife	 Marker	 Rubber mallet	 Phillips screwdriver	 Flat-head screwdriver
 Combination wrench	 Adjustable wrench	 Torque wrench	 Torque screwdriver	 Socket wrench
 Diagonal pliers	 Cable cutter	 Power cable crimping tool	 Hydraulic pliers	 Wire stripper
 Hammer drill	 Drill bit	 Clamp meter	 Heat gun	 RJ45 crimping tool
 Vacuum cleaner	 Ladder	 ESD gloves	 Protective gloves	 Measuring tape
 Level	 Heat shrink tubing	 ESD wrist strap	 PVC insulation tape	 Inner hexagon spanner

	Tester	Para certificar el cableado UTP
	Rodillo	Herramienta por donde pasara una cuerda para la manipulación de equipos en altura
	Eslabón	Para asegurar los equipos al momento de la elevación
	Cuerda de perlón	Se utiliza para la elevación de equipos a la parte superior de la torre. Esta debe ser el doble de la altura de la torre

Figura 29 Herramientas de trabajo

Fuente . Huawei

3.3.3.5 SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (EHS)

Se creó así el cargo de Gerente de Medio Ambiente, Salud y Seguridad (EHS), pero diferentes organizaciones eligieron diferentes siglas Medio Ambiente, Seguridad y Salud (ESH), Salud, Seguridad y Medio Ambiente (HSE), y, lo crea o no, muchas otras.

Las regulaciones en Salud, Seguridad y Ambiente mejor conocido como EHS (Environmental, Health & Safety), por sus siglas en inglés, no sólo previenen posibles accidentes ambientales y en las áreas de trabajo, sino que también promueven una cultura de seguridad y cumplimiento en beneficio de todos los trabajadores.

Se deben seguir las reglas de EHS para prevenir riesgos y asegurar la seguridad física de los trabajadores durante las instalaciones del proyecto.

3.3.3.5.1 REGLAS ABSLOUTAS DE EHS

Todo trabajador antes de ingresar al sitio, debe estar familiarizado con las reglas absolutas de seguridad

REGLAS OBLIGATORIAS DE EHS PARA ENTREGA DE PROYECTOS

- No utilizar un teléfono celular mientras conduzca.**
Bajo ninguna circunstancia es permitido usar un teléfono celular mientras esté manejando. Un teléfono celular sólo puede ser utilizado cuando el vehículo es aparcado en un área designada.
- Personal no certificado está prohibido de realizar cualquier trabajo eléctrico.**
Solamente personal capacitado están autorizados para realizar trabajos de electricidad. Los trabajadores que no estén capacitados se les prohíbe realizar cualquier trabajo eléctrico.
- Está prohibido manejar sobre el límite de velocidad regulada.**
Durante la ejecución de un proyecto, con el fin de garantizar la seguridad personal mientras este manejando, no está permitido el exceso de velocidad encima del límite.
- No caminar o quedarse debajo de áreas de construcción.**
Esta prohibido estar debajo de cualquier trabajo que se lleve a cabo arriba de uno, para evitar lastimarse por la caída de objetos.
- No trabajar bajo las influencias del alcohol y/o drogas-medicamentos fuertes.**
No trabajamos bajo el efecto de drogas y/o alcohol. Los efectos de intoxicación pueden incluir alteraciones en las decisiones y habilidades, concentración reducida y un aumento en los accidentes de trabajo.
- Usar EPPs adecuados cuando realice un trabajo en alturas.**
EPPs apropiados, arnés de seguridad y equipos de protección de caídas deben ser usados cuando realice un trabajo en alturas. Los arneses deben estar conectados en todo momento cuando realice un trabajo en alturas.
- No conducir mientras este fatigado.**
Dejar de manejar cuando se sienta fatigado. Tomar un descanso en un lugar cómodo. Es recomendado tomar un descanso de 20 a 30 minutos cada 4 horas de manejo.
- Usar cinturón de seguridad cuando esté viajando o este operando un vehículo.**
Todos los ocupantes de un vehículo, incluido el chofer y todos los pasajeros, deben utilizar cinturones de seguridad en todo momento mientras el vehículo esté en movimiento.
- No hacer caer herramientas y otros objetos de lugares altos.**
Herramientas, materiales y restos que no estén relacionados con el trabajo en curso, no se permite que se acumulen en las plataformas de trabajo. Todos los materiales y herramientas, los cuales no estén en uso deben estar asegurados para evitar desplazamientos accidentales.
- Todo personal que trabaje en altura debe estar entrenado y calificado.**
Todos los trabajadores que realicen trabajos en altura deben estar capacitados y calificados. Su trabajo debe ser supervisado por personas competentes.

HUAWEI www.huawei.com

Figura 30 Reglas absloutas de EHS

Fuente . Huawei

3.3.3.5.2. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL.

Es el equipo que debe llevar puesto el instalador durante los trabajos específicos que se realicen en sitio:

Instalaciones de Equipos (Trabajo en suelo):


PPE			
Item	Description	Picture	Qty
1	Casco de seguridad tipo Jock c / yugular		1
2	Zapato de seguridad		1
3	Tipo de guante par Oil Company (piel de vaca)		1
4	Guante de protección. Electricidad - Clase de bajo voltaje 0		1
5	Multimetro		1
6	Binoculares		1
7	Talabarte de amarre de anclaje cuerda ajustable		1
8	Cinta anillo de anclaje 15 kN 60cm		2
9	Bolsa de conjunto de PPE		1

Figura 31 Equipos de protección personal

Fuente . Huawei

Trabajos en alturas:

Se requiere protección para la prevención en cualquier trabajo donde exista el riesgo potencial de caerse a una distancia de 2 m o más.

Se debe colocar el arnés de seguridad cuando trabaja en alturas, cerca de aperturas y bordes.

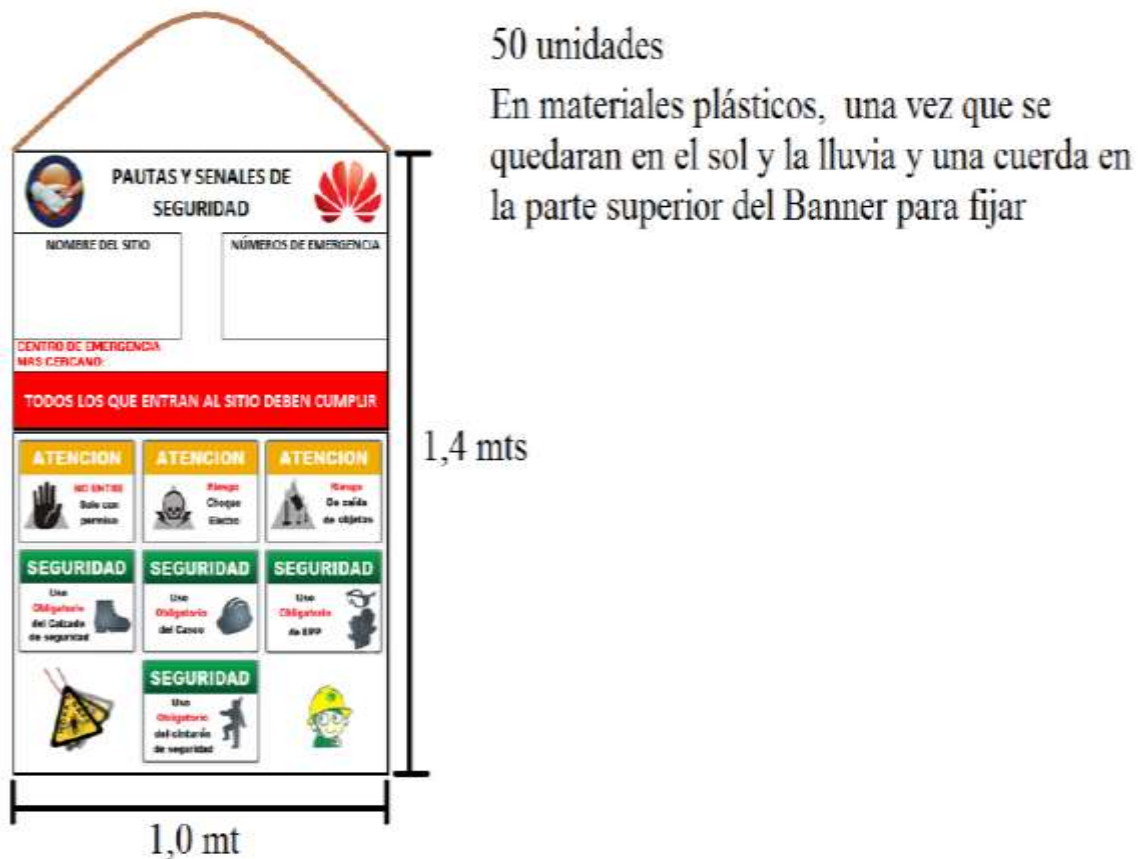
El trabajador no debe subir solo a la torre, siempre debe haber un ayudante o auxiliar

Controlar el arnés antes de utilizarlo y de tenerlo puesto mientras sube, asegúrese con dos mosquetones desde dos puntos diferentes.

Transportar las herramientas en un bolso y nunca subir a una torre cuando llueve o hay mucho viento, tormenta o descargas eléctricas.

3.3.3.5.3. SENALIZACION DEL SITIO

En todo sitio en el que se lleve a cabo la instalación, las señales de seguridad deben estar colgadas o pegadas en un lugar visible, además de contener los datos actualizados (Nombre del sitio, números de emergencia y centro de emergencia más cercano)



Las reglas absolutas de EHS también deben estar visibles en el sitio:



Figura 32 Señalizaciones del sitio

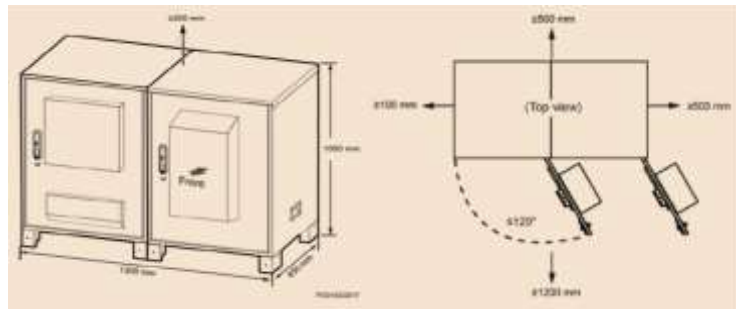
Fuente . Huawei

3.3.3.6. MONTAJE DE LOS EQUIPOS

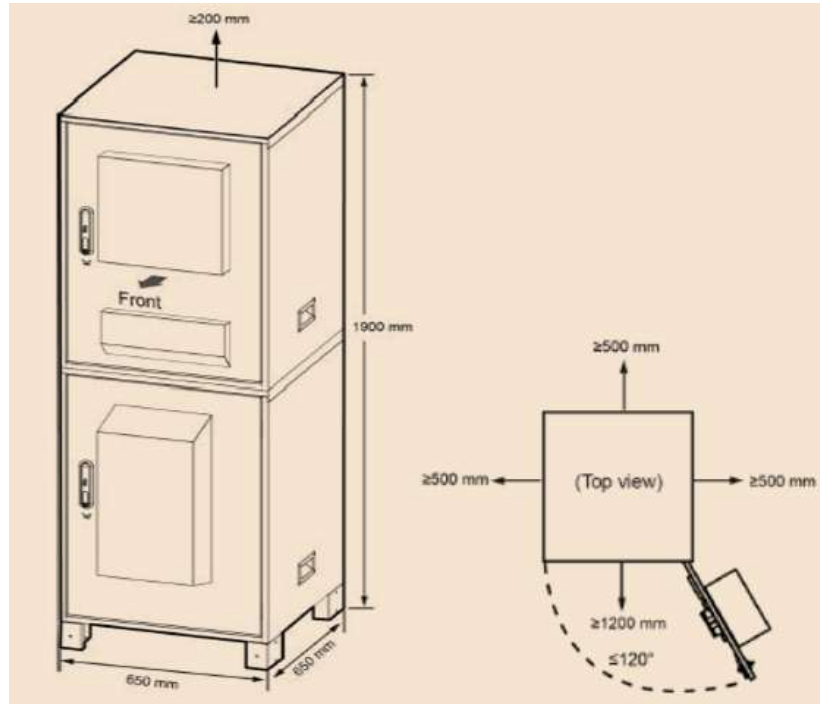
3.3.3.6.1. ESPACIO GABINETES

Los gabinetes deben ser instalados según el escenario

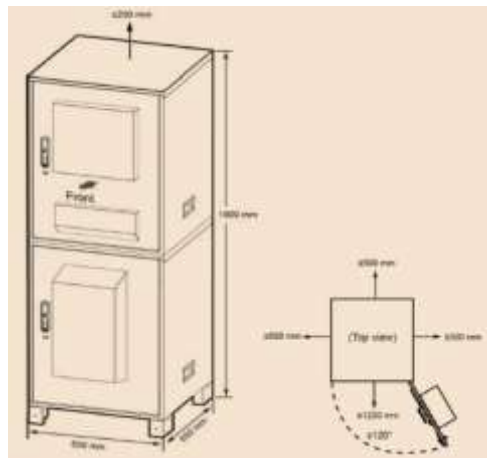
Nueva radio base Macro UMTS 850 S2/2/2



COMBINACIÓN 2. (STACKED)



NUEVA RADIO BASE MICRO (UMTS 850 O2)



NUEVA RADIO BASE

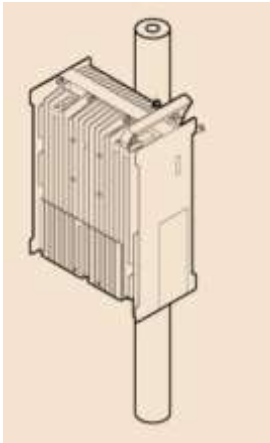
Figura 33 Espacio gabinetes

Fuente: Huawei

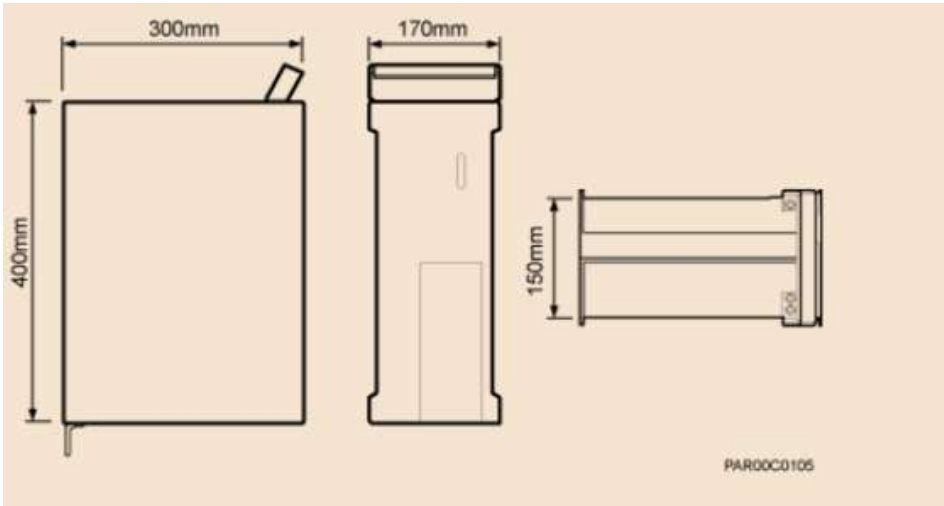
3.3.3.6.2. ESPACIO RRUS

La RRU es la unidad remota de radio. Puede localizarse remotamente de la RBS Main Unit (MU), hasta una distancia de 15 km. Las RRU están diseñadas para ser instaladas junto a las antenas de una RBS. Un cable de fibra óptica, también llamado enlace de interfaz óptico (Optical Interface Link-OIL), conecta las RRU a las RBS MU. Hasta 6 RRU pueden ser conectadas en configuración estrella con enlaces OIL a la RBS.

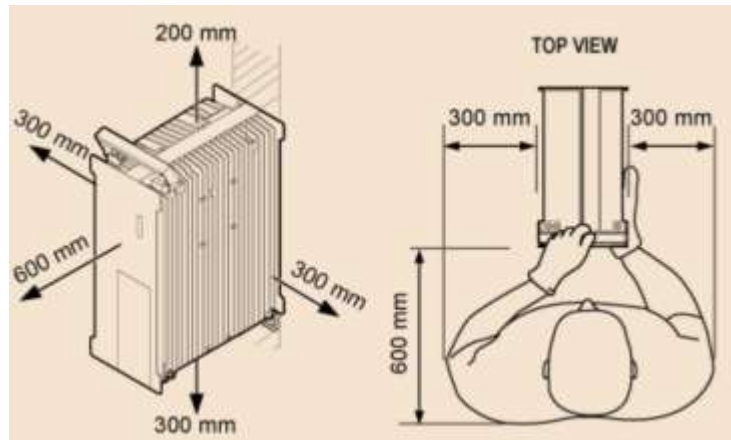
Las RRU se instalaran en polos. Se deben tomar en cuenta las siguientes dimensiones:



DIMENSIONES DE LA RRU:



TOMAR EN CUENTA LAS DIMENSIONES MÍNIMAS DE ESPACIO PARA LA INSTALACIÓN DE LA RRU:



DIÁMETRO REQUERIDO DEL POLO:

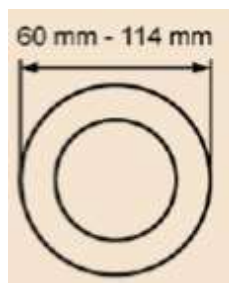


Figura 34 Espacio RRUS

Fuente: Huawei

3.3.3.6.3. INSTALACIÓN DE GABINETES

Paso 1: Perforar agujeros a una profundidad de 52 mm a 60 mm usando un taladro de martillo.

Paso 2: Apriete parcialmente cada perno de expansión, colóquelo verticalmente en el orificio y utilice un mazo de goma para golpearla hasta que el manguito de expansión entre completamente en el orificio.

Paso 3: Apriete parcialmente los pernos de expansión.

Paso 4: Retire los pernos, las arandelas elásticas y las arandelas planas.

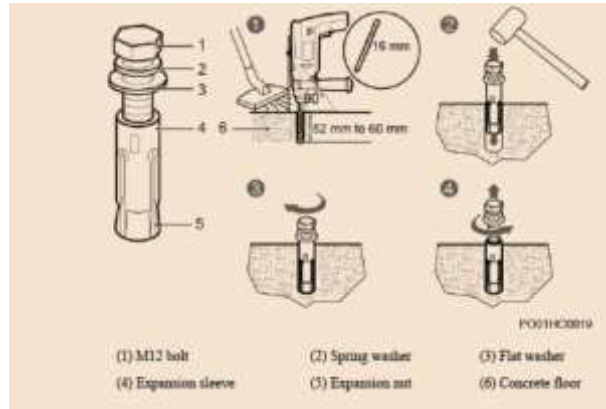


Figura 35 Instalación de gabinetes

Fuente: Huawei

Para asegurar el gabinete a los pernos siga los siguientes pasos:

Paso 1: Coloque el gabinete sobre la almohadilla de concreto y alinee los orificios de montaje en el gabinete con los de la almohadilla de concreto.

Paso 2: Coloque las arandelas planas, las arandelas elásticas y los pernos de expansión en los orificios de montaje del gabinete.

Paso 3: Asegure los pernos de expansión.

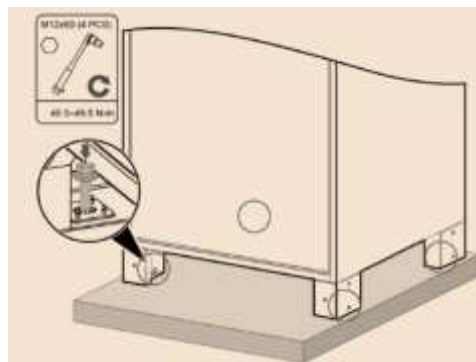


Figura 36 Instalación de gabinetes

Fuente: Huawei

Para combinar los gabinetes siga los siguientes pasos:

Paso 1: Después de asegurar el primer gabinete, mueva el otro gabinete a los orificios de montaje apropiados.

Paso 2: Coloque las arandelas planas, arandelas elásticas y pernos de expansión en los orificios de montaje del gabinete.

Paso 3: Apriete los pernos de expansión para asegurar el gabinete.

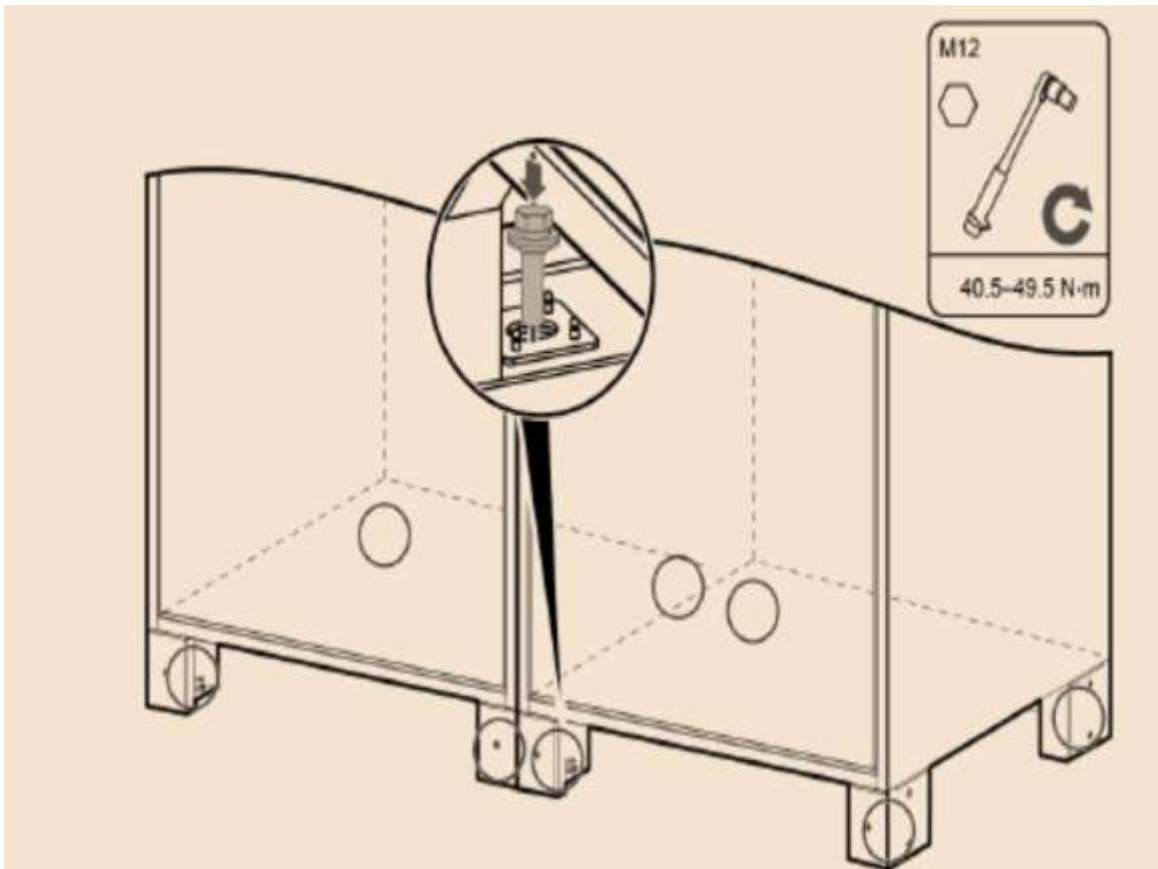


Figura 37 Instalación de gabinetes

Fuente: Huawei

Para montar un gabinete sobre otro siga los siguientes pasos:

Paso 1: Retire los elementos de sujeción de los agujeros de montaje y los orificios de los cables en la parte superior del gabinete de la batería, como se ve en la siguiente figura:

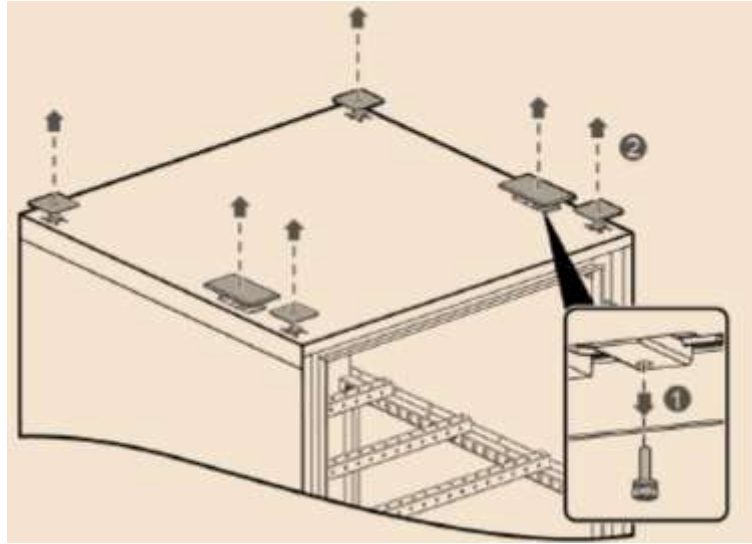


Figura 38 Instalación de gabinetes

Fuente: Huawei

Paso 2: Coloque el armario de apilado en la caja de embalaje.

Paso 3: Retire la base del armario apilador, como se muestra en siguiente figura.

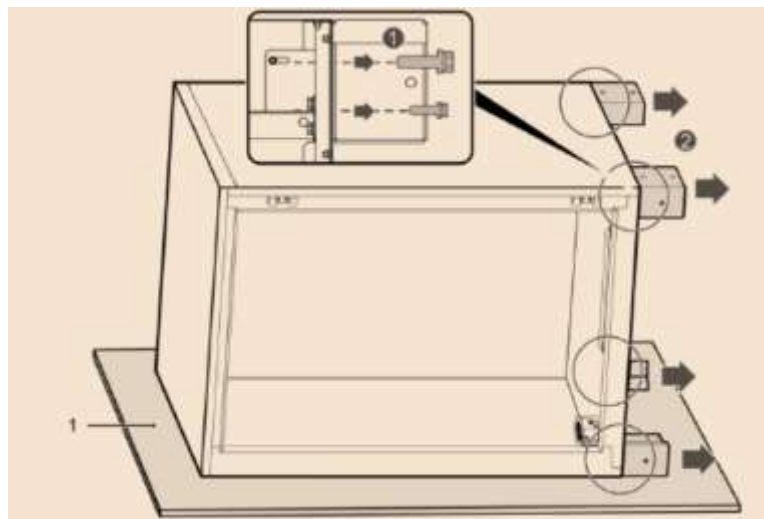


Figura 39 Instalación de gabinetes

Fuente: Huawei

Paso 4: Mueva el armario de apilado al armario de la batería, como se muestra en siguiente figura.

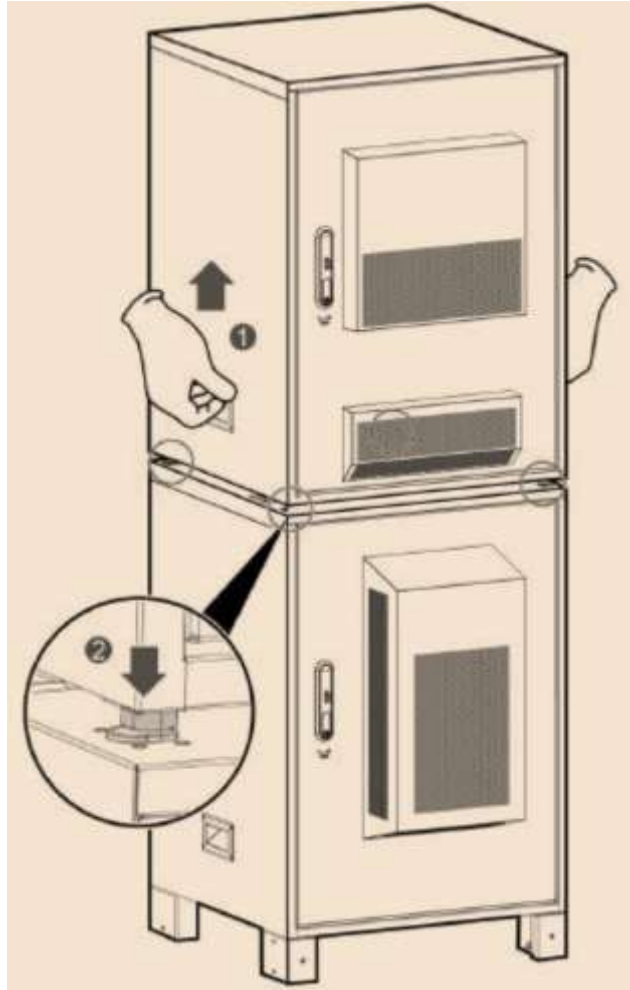


Figura 40 Montaje de gabinete

Fuente: Huawei

Paso 5: Abra la puerta del armario de baterías.

Paso 6: Apriete los pernos para asegurar el gabinete, como se muestra en siguiente figura.

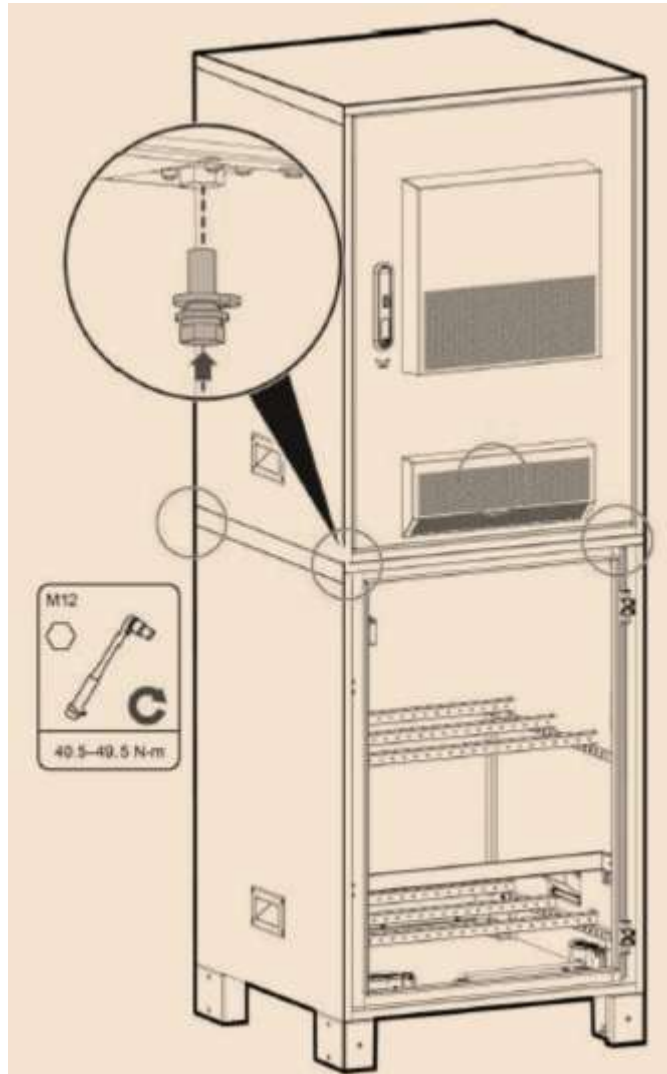


Figura 41 Montaje de gabinete

Fuente: Huawei

3.3.3.6.4 INSTALACIÓN DE LOS RECTIFICADORES

Para la correcta instalación de los rectificadores siga los siguientes pasos:

Paso 1: Empuje el pestillo de bloqueo hacia la izquierda.

Paso 2: Empuje el mango hacia abajo.

Paso 3: Empuje suavemente un rectificador en su ranura a lo largo del carril guía.

Paso 4: Empuje el mango hacia arriba.

Paso 5: Empuje el pestillo de bloqueo hacia la derecha para asegurar el mango.

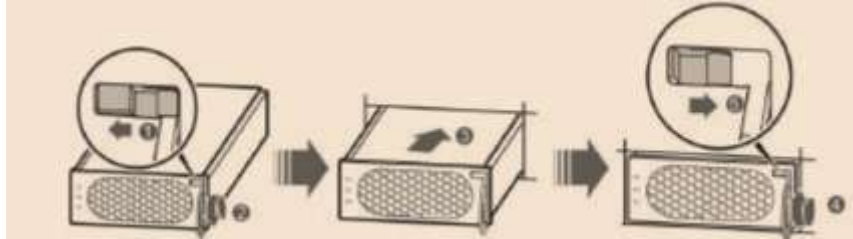


Figura 42 Instalación de los rectificadores

Fuente: Huawei

3.3.3.6.5. INSTALACIÓN DE LA DCDU-12B

La DCDU, siga los siguientes pasos:

Paso 1: Instale las tuercas flotantes en el bastidor de 19 pulgadas.

Paso 2: Conecte una garra de cable a la derecha del DCDU-12B, como se muestra en la siguiente figura.

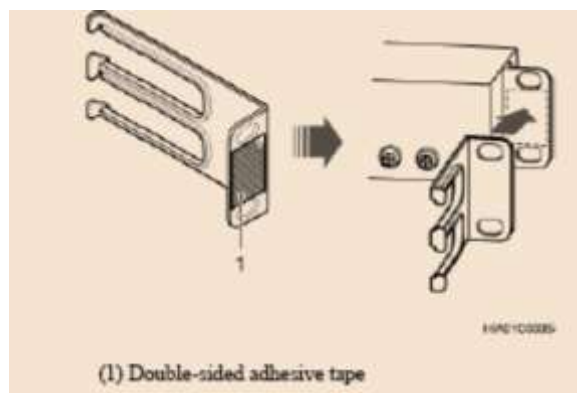


Figura 43 Instalación de la DCDU

Fuente: Huawei

Paso 3: Instale la DCDU como en la siguiente figura, la DCDU debe situarse debajo de los rectificadores y encima de la BBU.

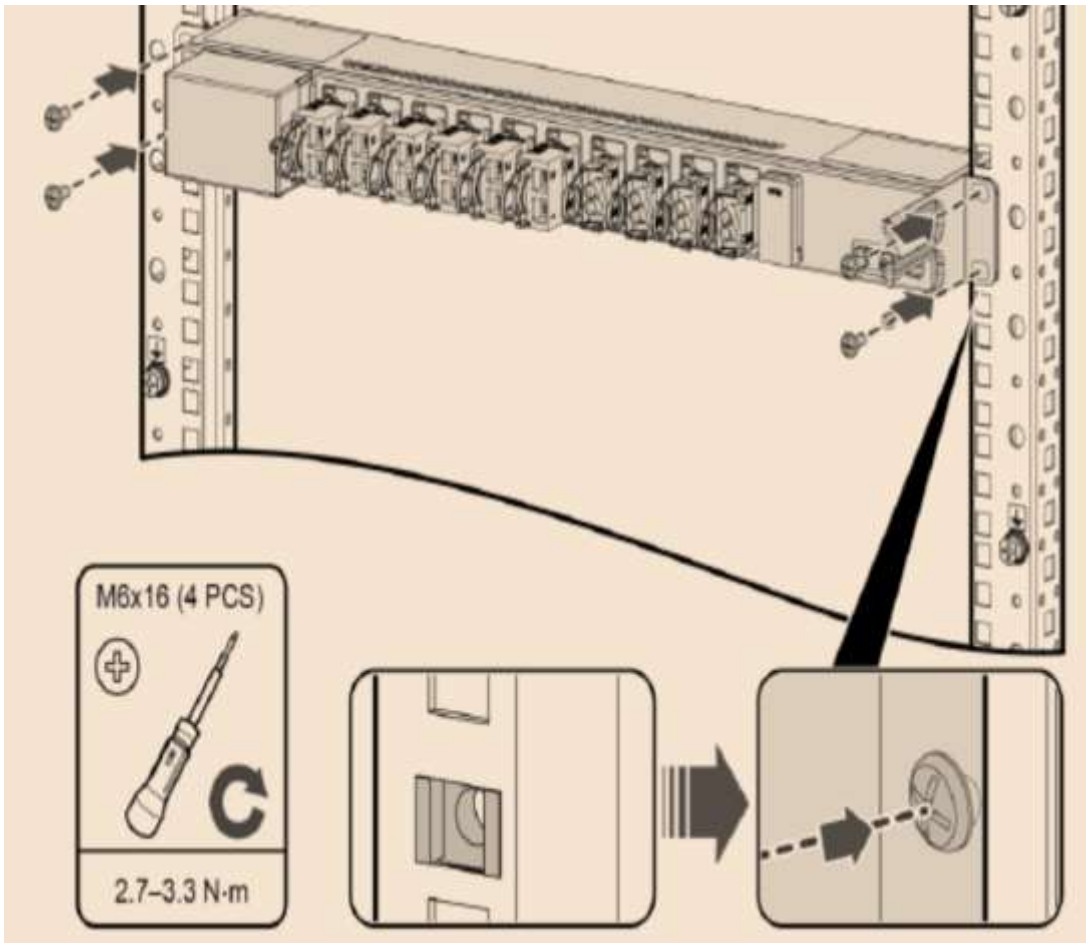


Figura 44 Instalación de la DCDU

Fuente: Huawei

Paso 4: Conecte un extremo del cable de tierra al tornillo de tierra en el DCDU-12B.

Paso 5: Conecte el otro extremo del cable de tierra a la barra de tierra del armario, como se muestra en la siguiente figura.

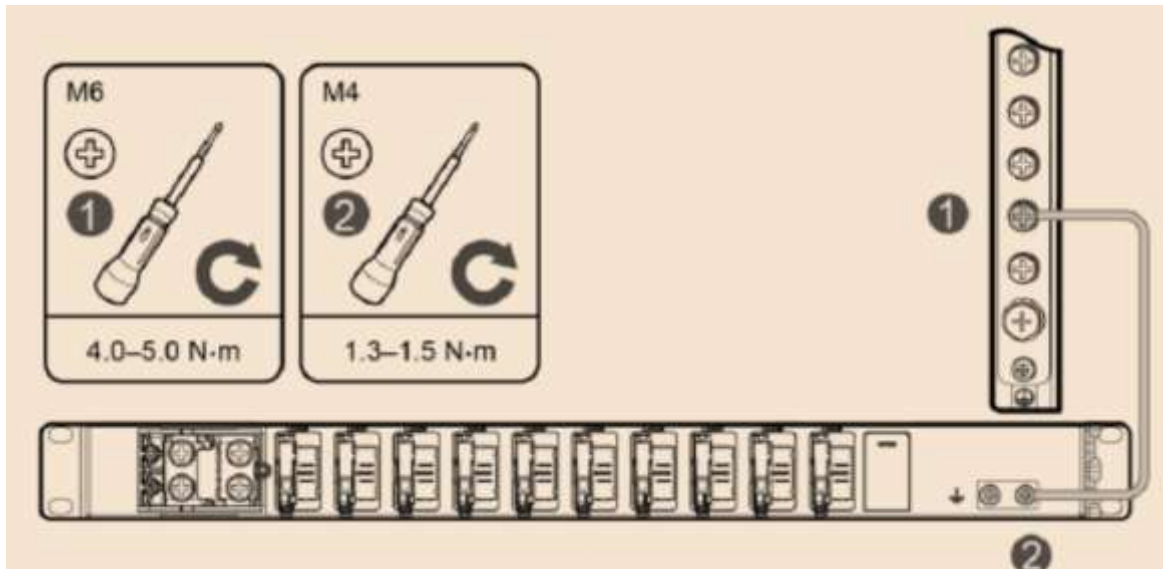


Figura 45 Instalación de la DCDU

Fuente: Huawei

3.3.3.6.6. INSTALACIÓN DE SENSORES

3.3.3.6.6.1. SENSOR DE HUMO

Para instalar el sensor de humo, siga los siguientes pasos:

Paso 1: Retire los tornillos que fijan el sensor de humo a la derecha de la parte superior del gabinete.

Paso 2: Asegure la base del sensor de humo a la parte superior del gabinete usando los tornillos que se han quitado. Asegúrese de que el interruptor de la base del sensor del fumador esté orientado hacia la puerta del gabinete.

Paso 3: Asegure el sensor de humo a la base, como se muestra en la siguiente figura y conecte un extremo del cable de señal al sensor de humo y el otro extremo al puerto SMOKE

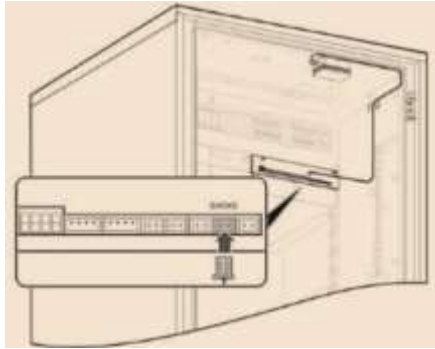


Figura 46 Sensor de humo

Fuente: Huawei

3.3.3.6.6.2. SENSOR DE AGUA

Paso 1: Coloque el sensor de agua en la tira de cables en la parte derecha de la parte inferior del gabinete, cable, y asegúrese de que el sensor esté a una distancia de 5 mm a 10 mm del fondo del gabinete.

Paso 2: Conecte el cable de señal del sensor de agua al puerto WATER del panel UIM, como se muestra en la siguiente figura.

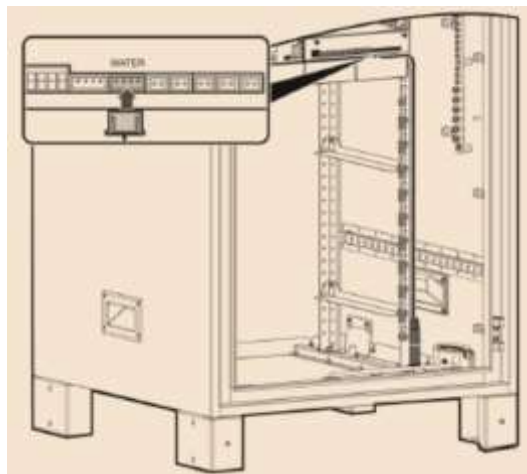


Figura 47 Sensor de agua

Fuente: Huawei

3.3.3.6.6.3. SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA

Paso 1: Retire el sujetador del sensor de temperatura y humedad de la izquierda del gabinete.

Paso 2: Abra la tapa del sensor de temperatura y humedad, e instale el sensor en el sujetador.

Paso 3: Conecte un extremo del cable de señal para el sensor de temperatura y humedad al sensor.

Paso 4: Cierre la tapa del sensor de temperatura y humedad.

Paso 5: Vuelva a instalar el sujetador para el sensor de temperatura y humedad en el gabinete, como se muestra en la siguiente figura.

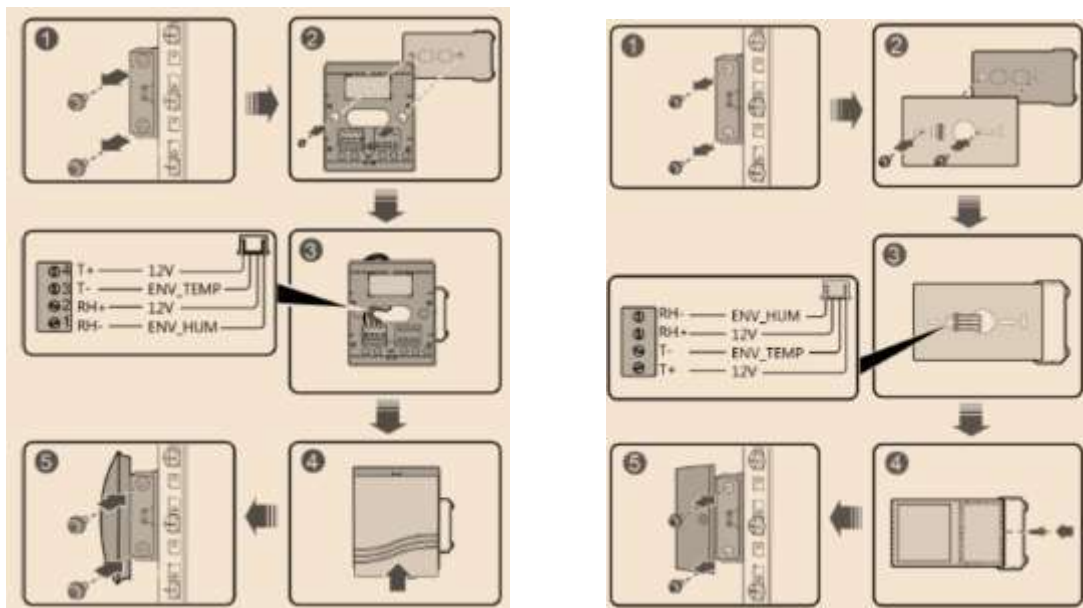


Figura 48 Sensor de humedad y temperatura

Fuente: Huawei

Paso 6: Conecte el otro extremo del cable de señal para el sensor de temperatura y humedad TEM-HUM en el panel UIM, como se muestra en la siguiente figura.

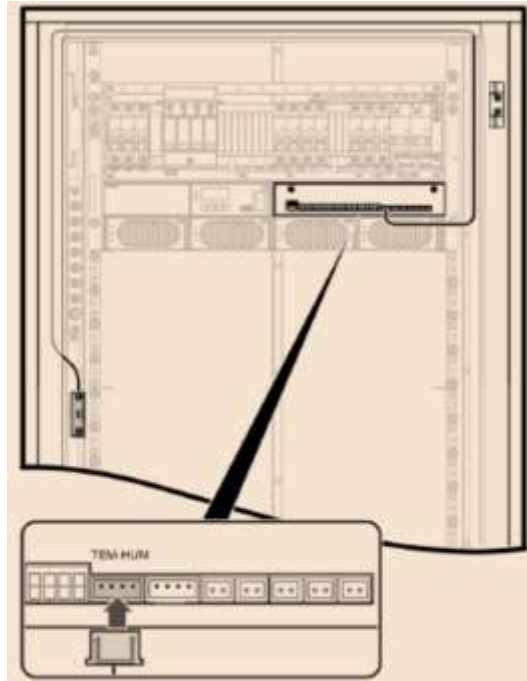


Figura 49 Sensor de humedad y temperatura

Fuente: Huawei

3.3.3.6.7. SELLADO DE LOS GABINETES

Para evitar la entrada de insectos y pequeños animales a los orificios de entrada de cables, estos deben ser correctamente asegurados con los capuchones que el gabinete posee, en caso de no tener estos capuchones o que estos mismos se encuentren en mal estado, deben ser bloqueados con la masa de calafateo a prueba de fuego, usando sólo la cantidad necesaria para bloquear el orificio.

3.3.3.7. INSTALACIÓN DE RRUS

Se instalara una RRU por polo, el mismo polo en el que se instalara la antena a la que se encontrara conectada.

3.3.3.7.1. CALCULO DE ELEVACIÓN DE EQUIPOS DE RRU_s

Para poder encontrar la tensión de la cuerda para subir los equipos de RRU hacia la cima de la torre

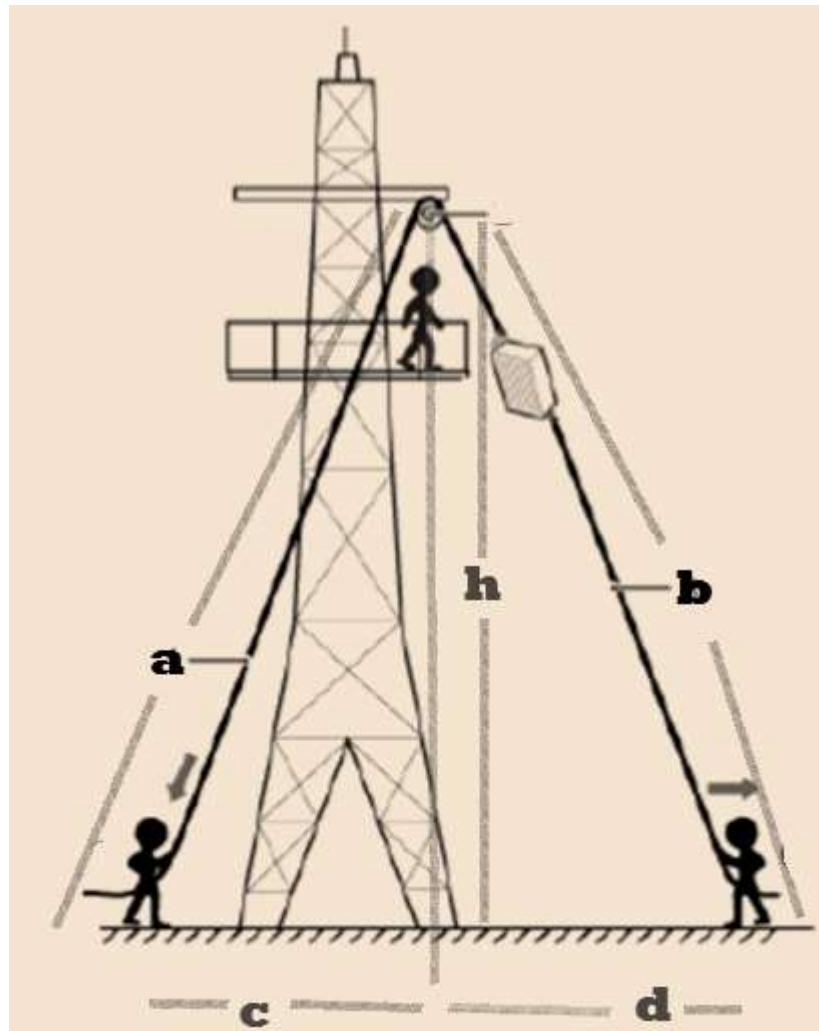


Figura 50 Cálculo de elevación de equipos

Fuente: Propio

$$T_a = \frac{\text{Carg} \times d}{c+d} \times \frac{a}{h} \quad \text{Ecuación 19}$$

$$T_b = \frac{\text{Carg} \times c}{c+d} \times \frac{b}{h} \quad \text{Ecuación 20}$$

Altura (h=m)	Distancia (c =m)	Distancia (d=m)	Eslinga (a =m)	Peso equipo RRU=Kg	Tensión (a,b)
30	4	4	35	15	8,75
40	4	4	35	15	6,5625
50	4	4	35	15	5,25
60	4	4	35	15	4,375
100	4	4	35	15	2,625

Tabla 19 Cálculo de Tensión (a,b) para equipo de RRU 15 Kg

Fuente: Propia

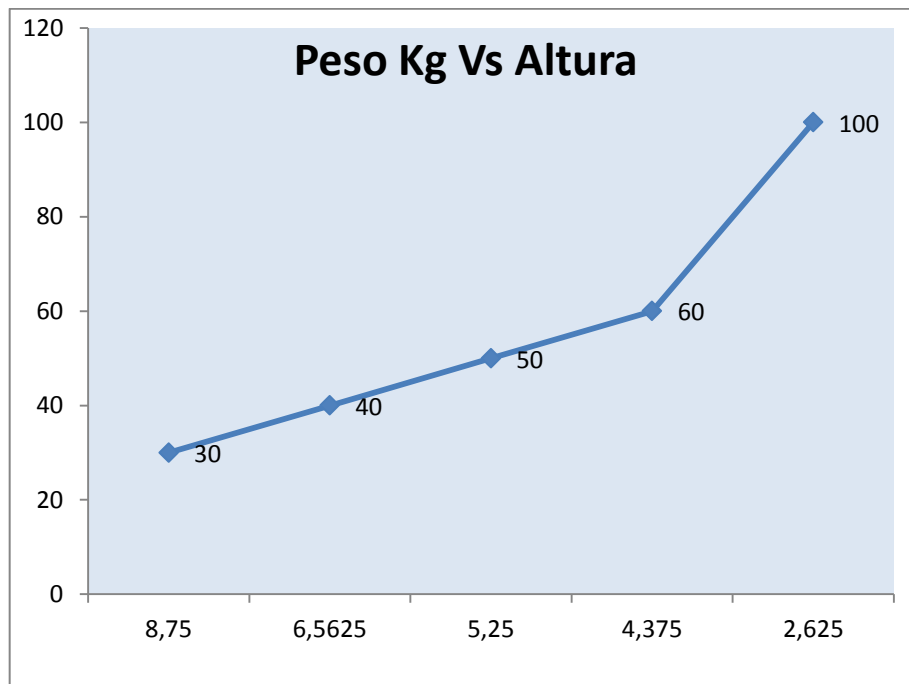


Figura 51 Cálculo de Tensión (a,b)

Fuente: Propio

Altura (h=m)	Distancia (c =m)	Distancia (d=m)	Eslinga (a =m)	Peso equipo RRU = Kg	Tensión (a,b)
30	4	4	35	17	9,917
40	4	4	35	17	7,438
50	4	4	35	17	5,950
60	4	4	35	17	4,958
100	4	4	35	17	2,975

Tabla 20 Cálculo de Tensión (a,b) para equipo de RRU 17 Kg

Fuente: Propia

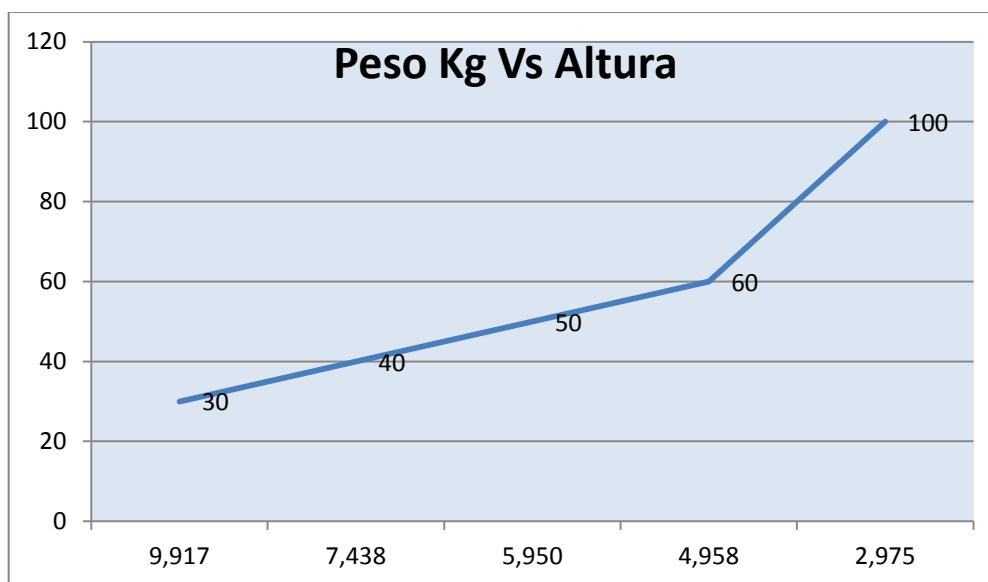


Figura 52 Cálculo de Tensión (a,b)

Fuente: Propio

Nota. Se diagnostica un alto riesgo por tener alturas elevadas puede causar caídas de los equipos de RRU, destrozado de objetos en el suelo y ocasionar accidentes a los trabajadores.

3.3.3.7.2. ELEVACIÓN DE LA RRU A LA TORRE

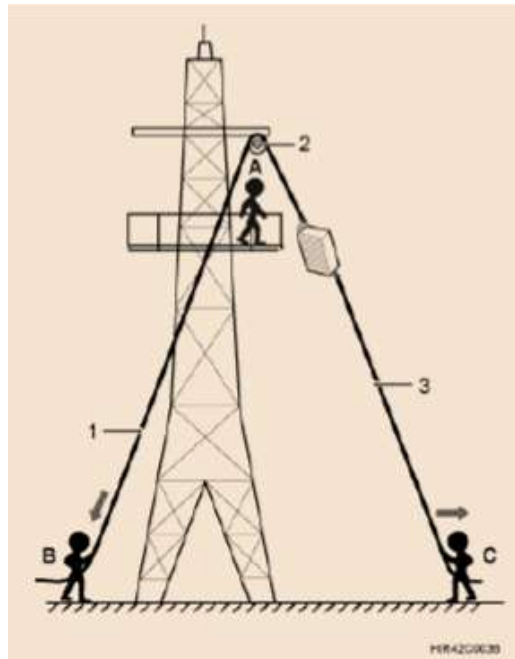


Figura 53 Elevación de la RRU a la torre

Fuente: Propio

Paso 1. Se debe fijar una polea en la plataforma de soporte de la torre (Instalador A)

Paso 2. El instalador C debe atar las abrazaderas de la RRU a las dos cuerdas (1 y 3). Mientras el instalador B jala la cuerda hacia abajo, el instalador C jala la cuerda para evitar que la RRU y la abrazadera golpeen la torre

Paso 3. El instalador A debe desatar la abrazadera en instalarla en el polo

Paso 4. Repetir el mismo proceso para la RRU.

Forma correcta de sujetar la abrazadera y la RRU a las cuerdas:

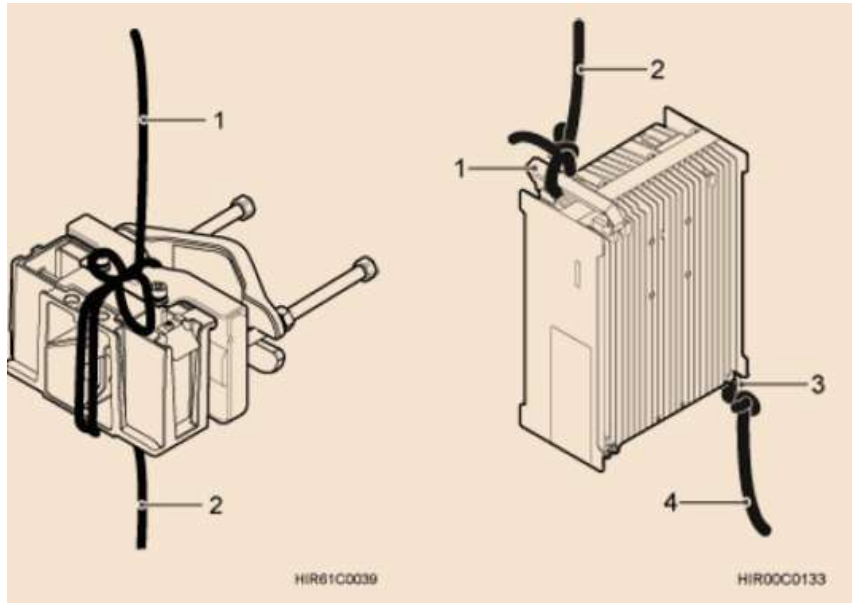
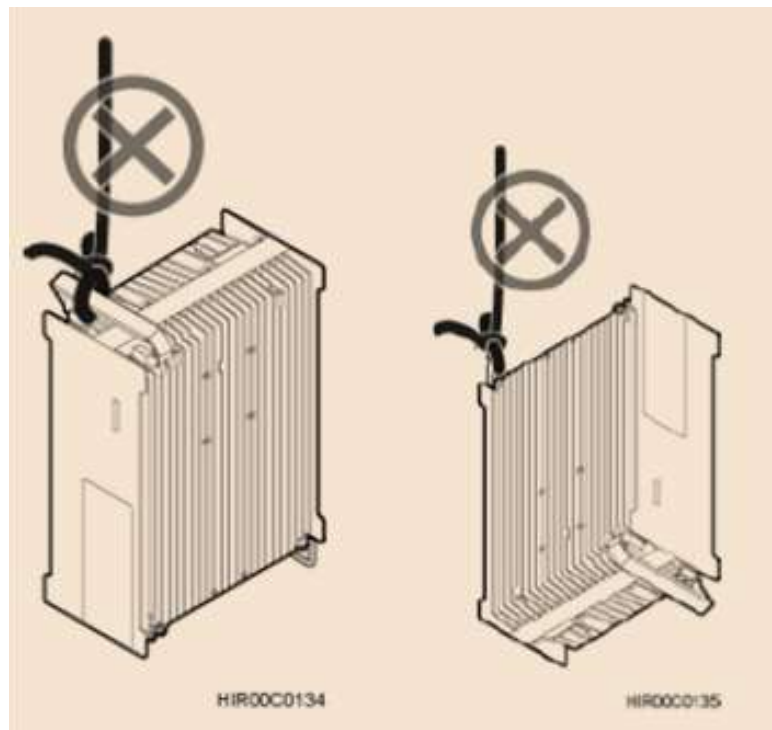


Figura 54 Formas incorrecta de sujetar la RRU

Fuente: Huawei



3.3.3.7.3. INSTALACIÓN DE LA RRU EN UN POLO

Paso 1. Determinar la posición en la que irán montadas las abrazaderas después de verificar que las dimensiones del polo coincidan con las requeridas para su instalación.

Paso 2. Instalar la abrazadera de acuerdo al siguiente grafico:

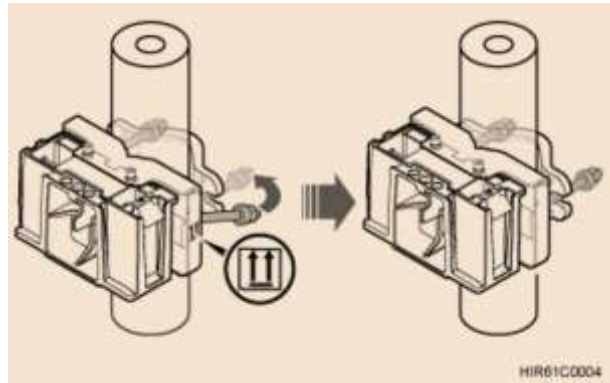


Figura 55 Instalación de la RRU en un polo

Fuente: Huawei

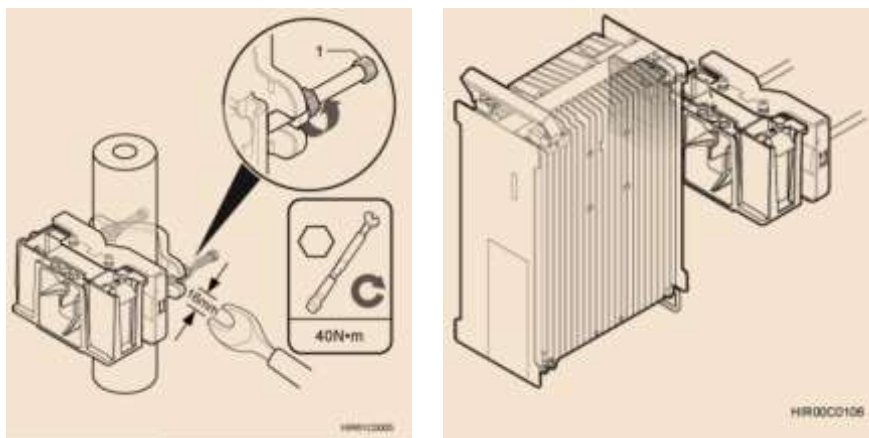


Figura 56 Asegurar la RRU en el soporte principal

Fuente: Huawei

3.3.3.7.4. ELEVACIÓN DE LOS CABLES DE ENERGÍA Y LA FIBRA OPTICA

Se debe usar un proceso similar a la elevación de la RRU para elevar los cables:

Para elevar los cables de fibra es necesario instalar los carretes en un eje para que se desenrollen mientras se elevan a la torre.

No se debe remover la protección plástica de los conectores.

Elevación de la fibra óptica:

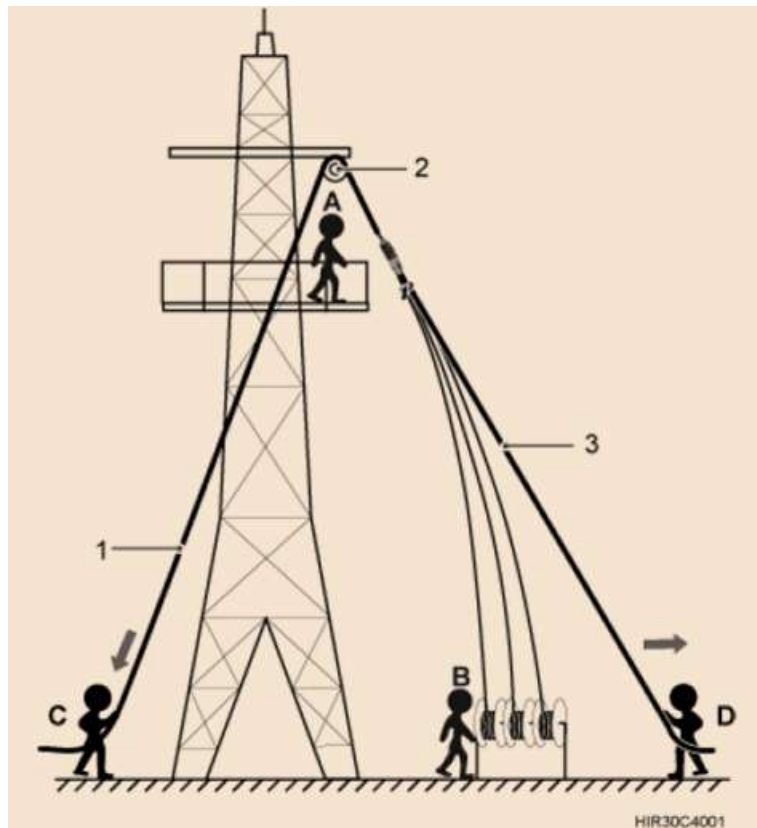


Figura 57 Forma correcta de asegurar la fibra

Fuente: Propio

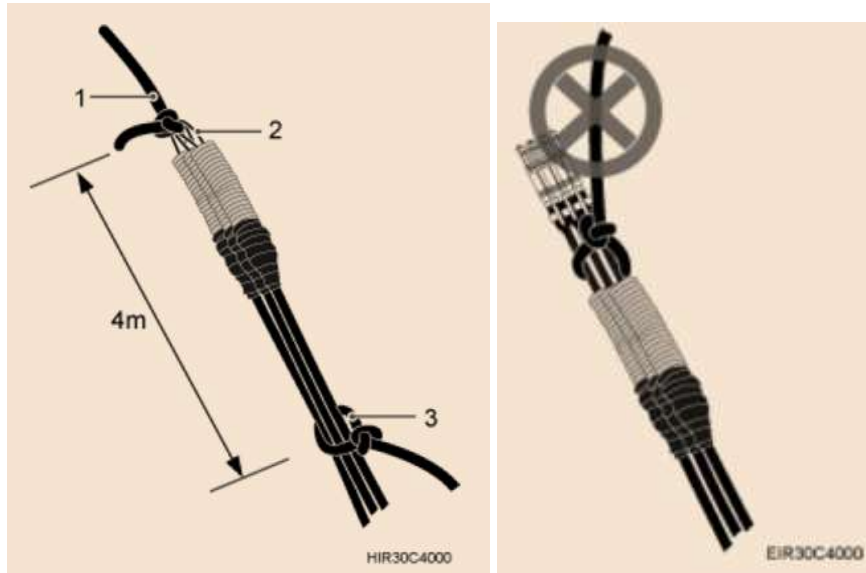


Figura 58 Forma incorrecta de asegurar la fibra

Fuente: Huawei

Para elevar los cables de energía a la torre es recomendable ensamblar los conectores de la RRU antes. Se debe asegurar con precintos a la cuerda:

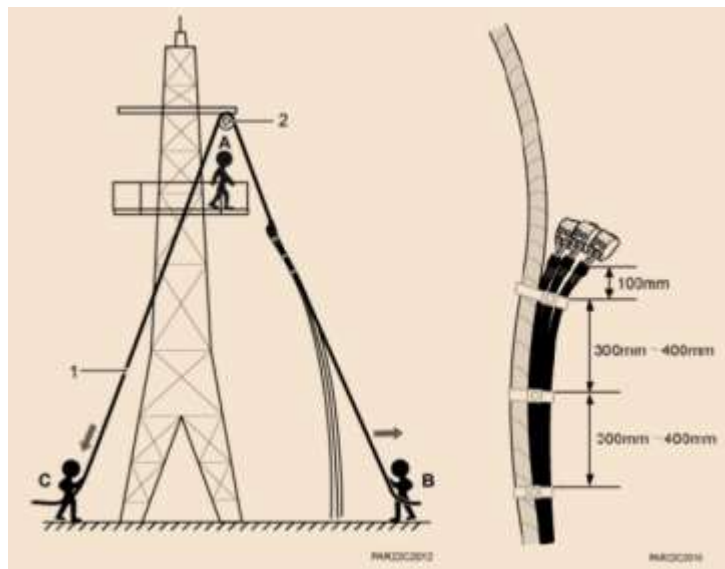


Figura 59 Cables de energía

Fuente: Huawei

3.3.3.8. INSTALACIÓN DE ANTENA

3.3.3.8.1. ENSAMBLADO DE LA ANTENA

FIGURA 33 ENSAMBLADO DE SOPORTES (INFERIOR Y SUPERIOR):

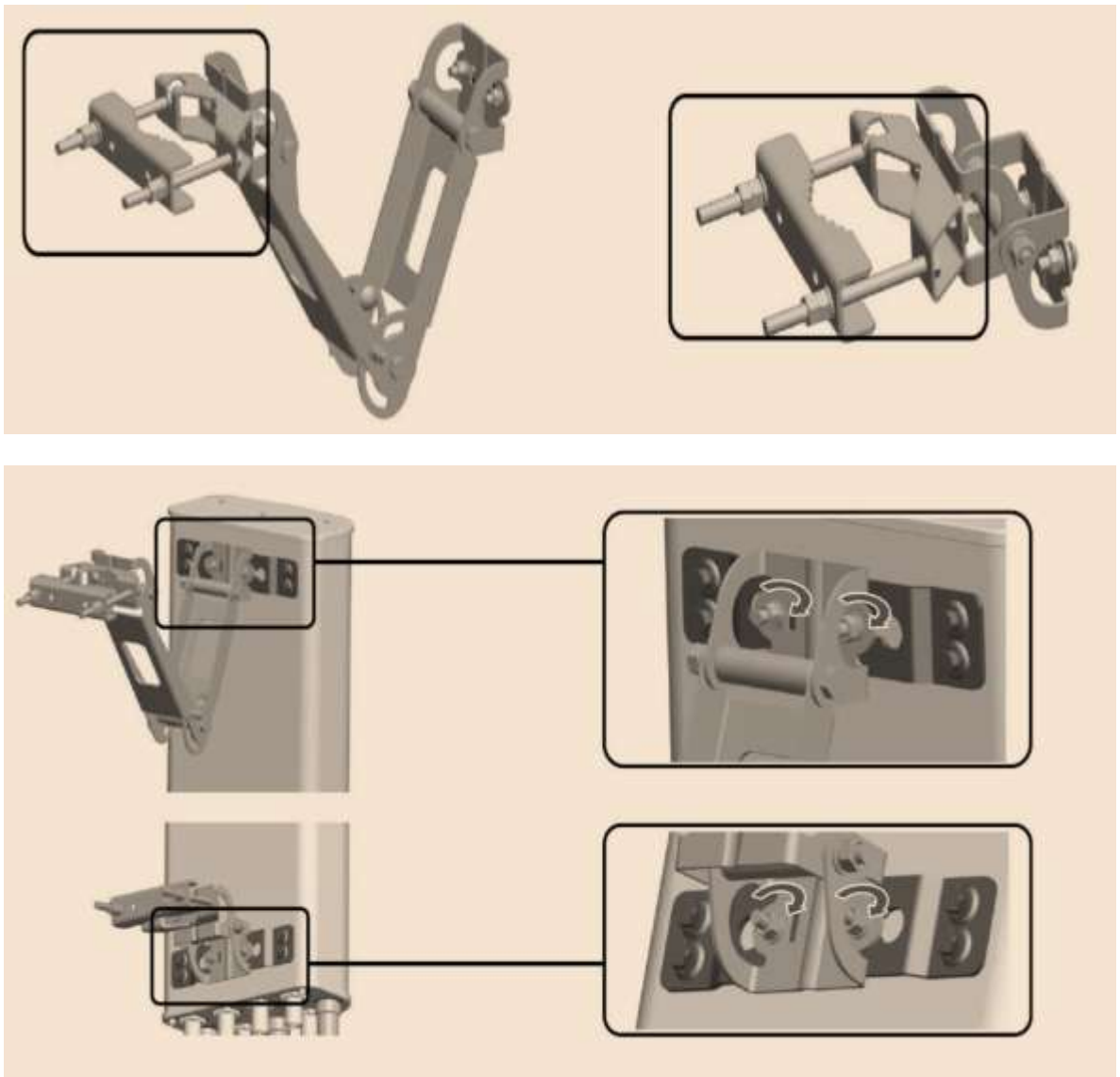


Figura 60 Fijado del soporte de la antena a la antena

Fuente: Huawei

3.3.3.8.2. INSTALACIÓN DE LOS JUMPERS

Se procede con la instalación de los jumpers y el encintado de acuerdo al código de colores de los mismos.

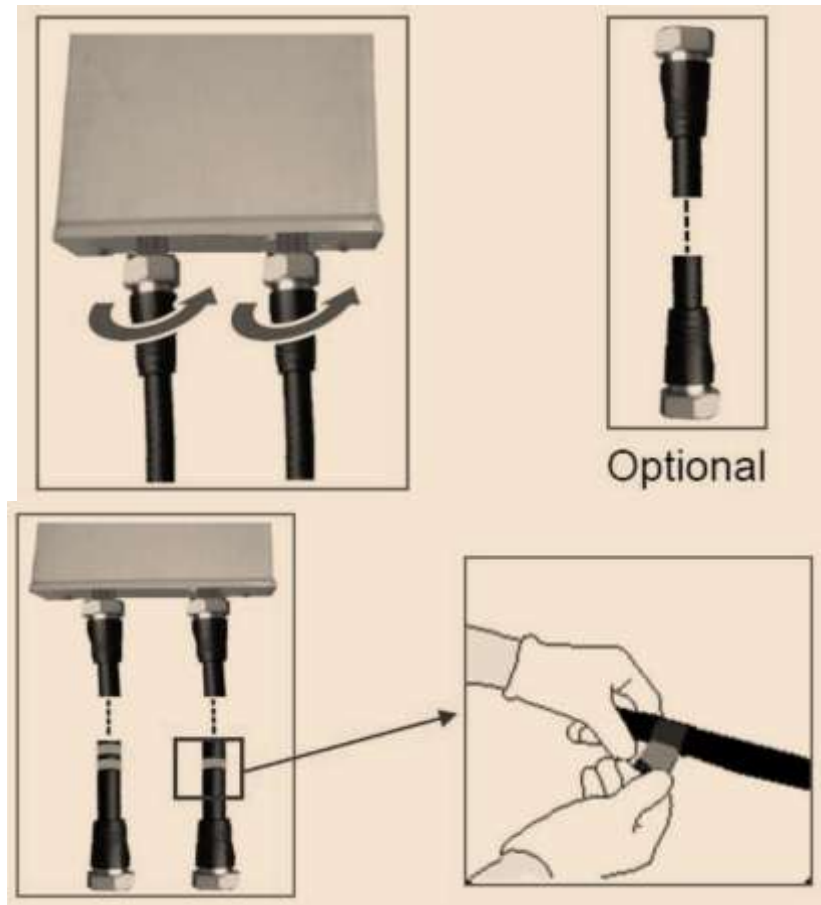


Figura 61 Instalación de los cables jumpers

Fuente: Huawei

Antes de elevar la antena a la torre, se recomienda sellar los conectores con cinta a prueba de agua y cinta adhesiva negra. Asegurando al final los extremos del sellado con precintos.

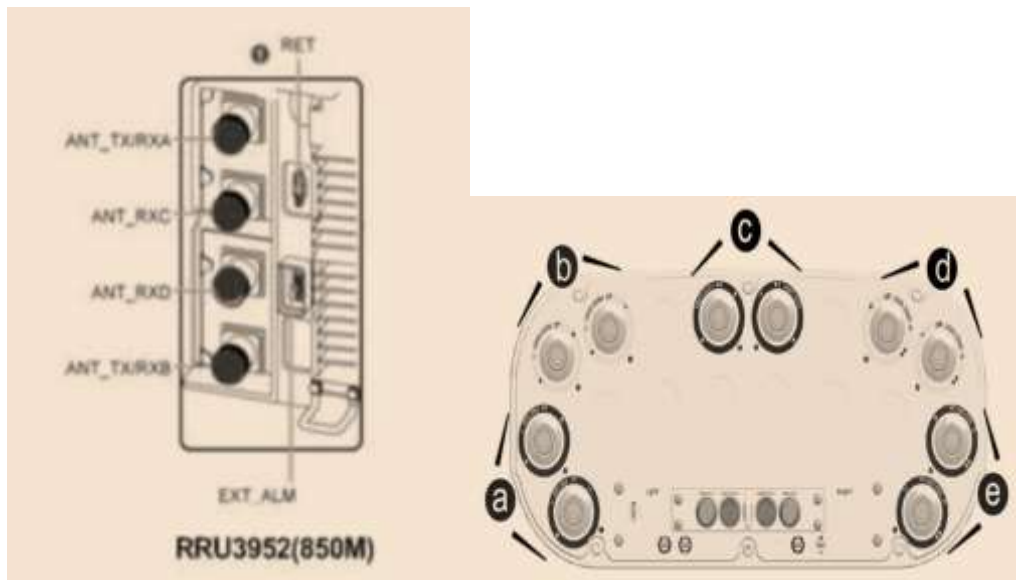
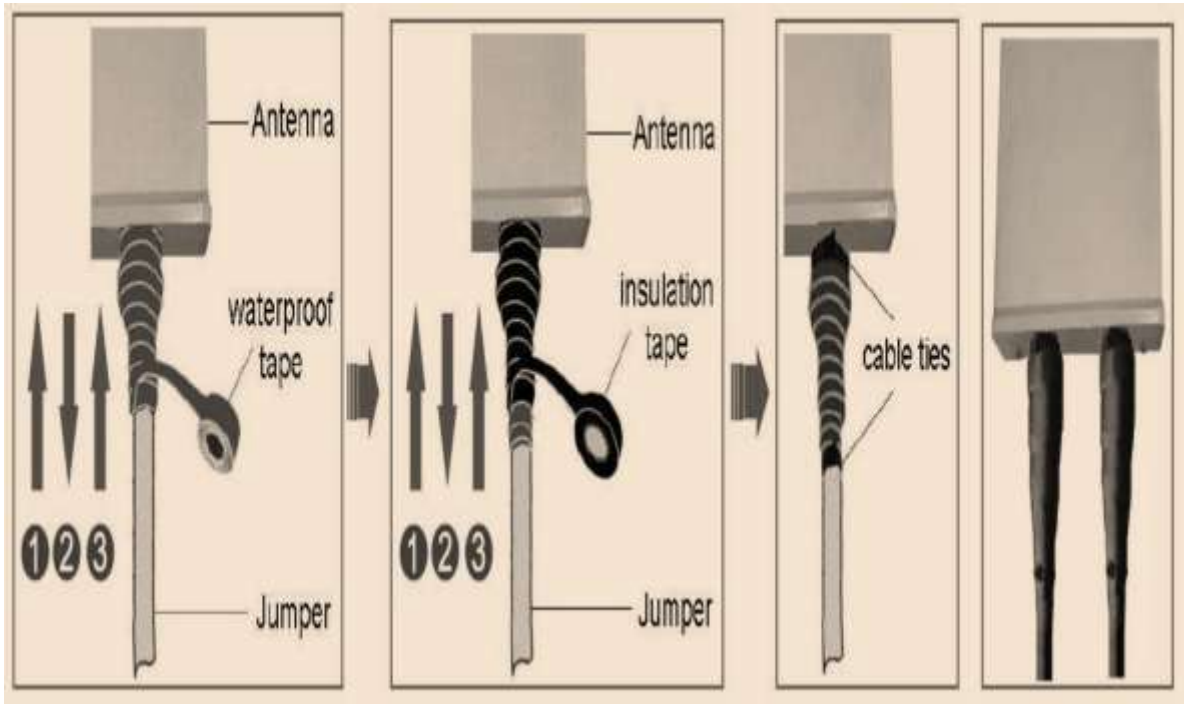


Figura 62 Instalación de los cables jumpers a la antena

Fuente: Huawei

3.3.3.8.3. ELEVACIÓN DE LA ANTENA A LA TORRE

3.3.3.8.4. CALCULO DE ELEVACIÓN DE LA ANTENA A LA TORRE

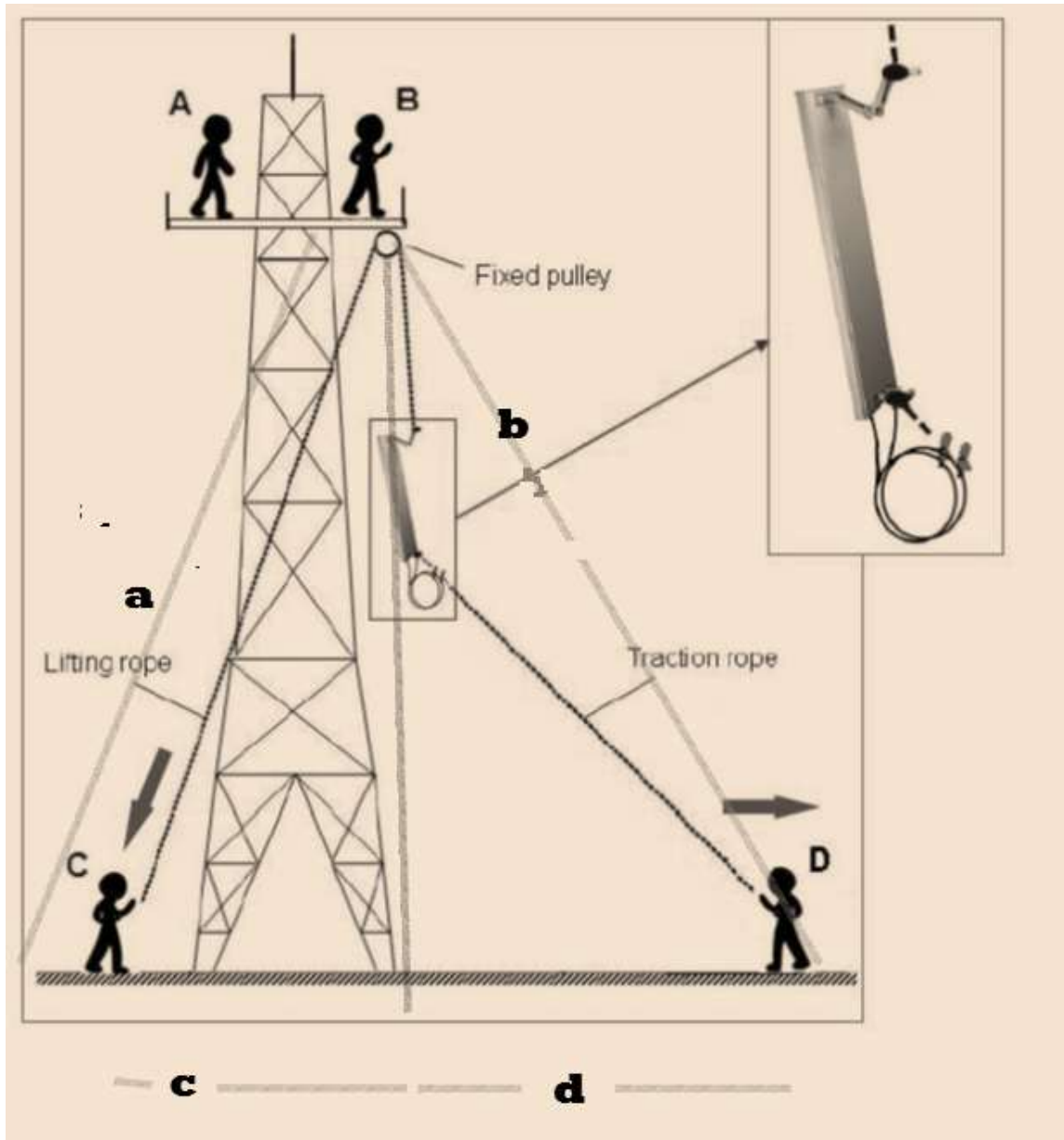


Figura 63 Cálculo de elevación de la antena

Fuente: Propio

$$T_a = \frac{Carg \times d}{c+d} \times \frac{a}{h} \quad \text{Ecuación 21}$$

$$T_b = \frac{Carg \times c}{c+d} \times \frac{b}{h} \quad \text{Ecuación 22}$$

Altura (h=m)	Distancia (c =m)	Distancia (d=m)	Eslinga (a =m)	Peso de la antena Kg	Tension (a)
30	4	4	35	50	29,167
40	4	4	35	50	21,875
50	4	4	35	50	17,500
60	4	4	35	50	14,583
100	4	4	35	50	8,750

Tabla 21 Cálculo de Tensión (a,b) para equipo de la antena exterior 50 Kg

Fuente: Propia

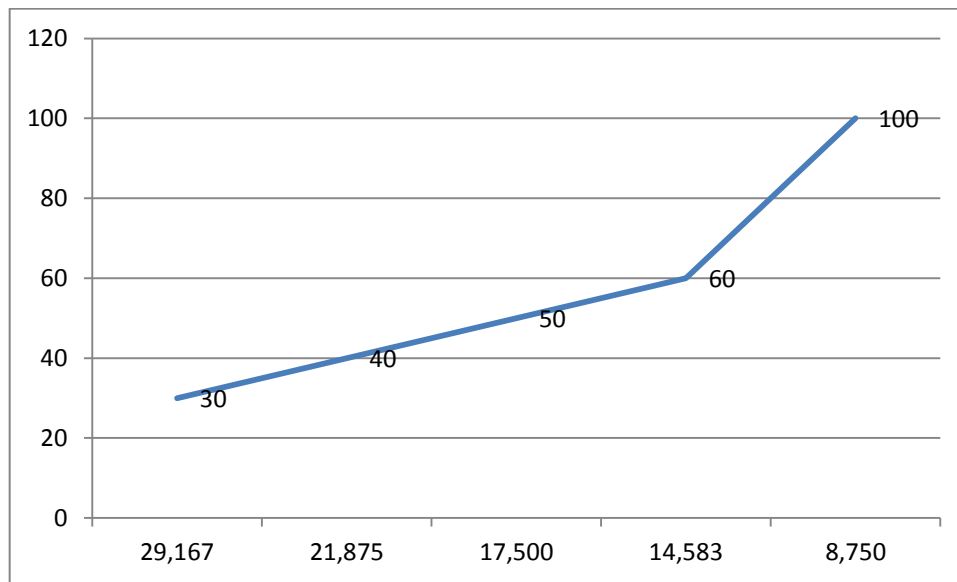


Figura 64 Cálculo de Tensión (a,b) de la antena exterior

Fuente: Propio

Nota. Se diagnostica un alto riesgo por tener alturas elevadas puede causar caídas de los equipo de la antena, destroz de objetos en el suelo y ocasionar accidentes a los trabajadores

Se requieren cuatro instaladores para realizar esta operación, A, B, C y D:

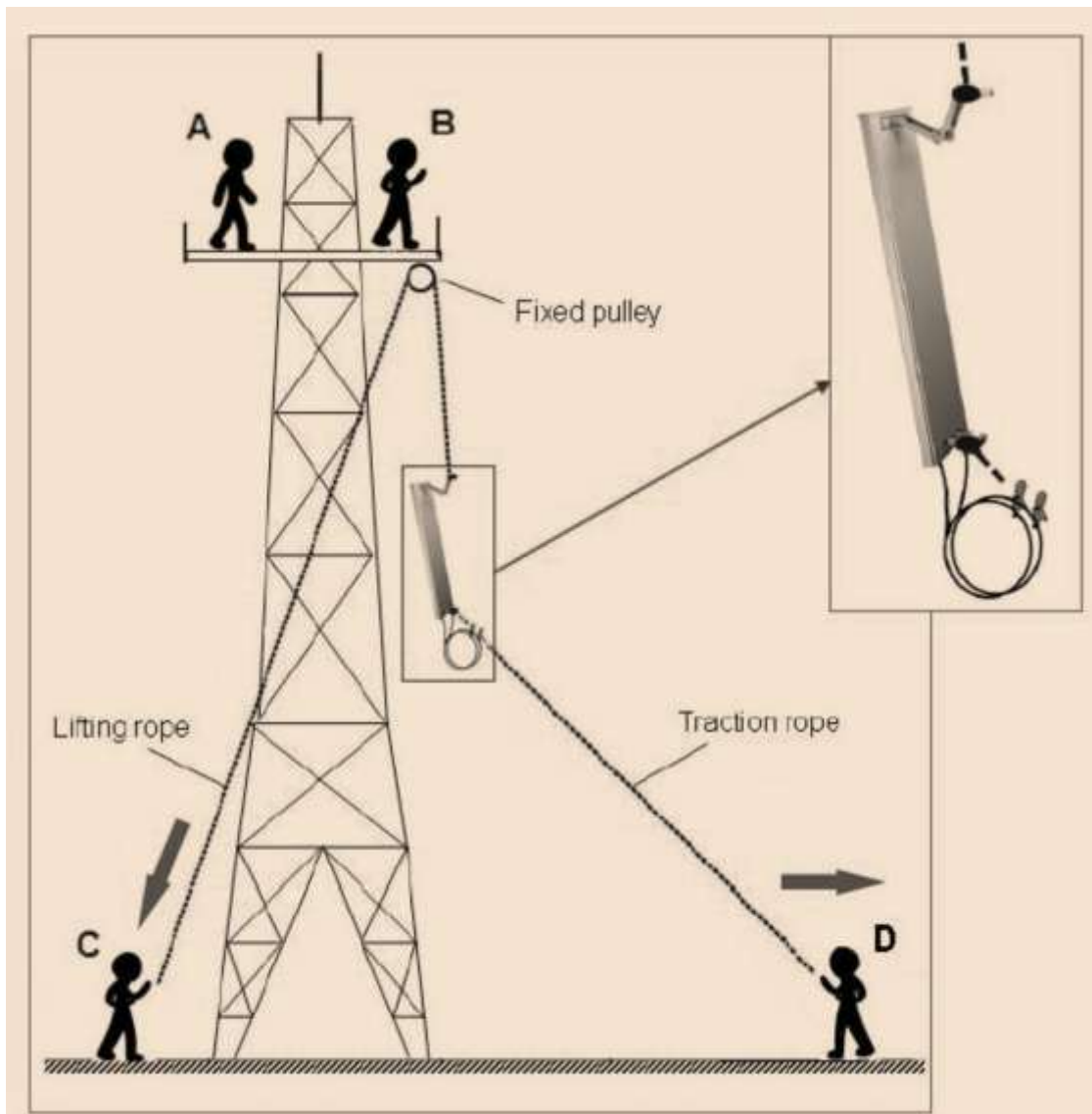


Figura 65 Elevación de antena a la torre

Fuente: Propio

Paso 1. Los instaladores A y B deben subir a la torre. B debe fijar una polea en un soporte de la plataforma de la torre y pasar la cuerda por la polea.

Paso 2. El instalador D debe envolver los conectores de los jumpers y los rollos para protegerlos y atar los dos soportes de la antena a las cuerdas de elevación y de tracción.

Paso 3. El instalador C debe jalar la cuerda para elevar la antena mientras D debe jalar la cuerda de tracción en dirección opuesta a la torre para evitar que la antena choque con esta.

Paso 4. Los instaladores A y B deben recibir la antena y desatarla.

3.3.3.8.5. INSTALACIÓN DE LA ANTENA EN EL POLO

Primero es necesario asegurarse que el tilt mecánico soporte superior de la antena este colapsado en 0

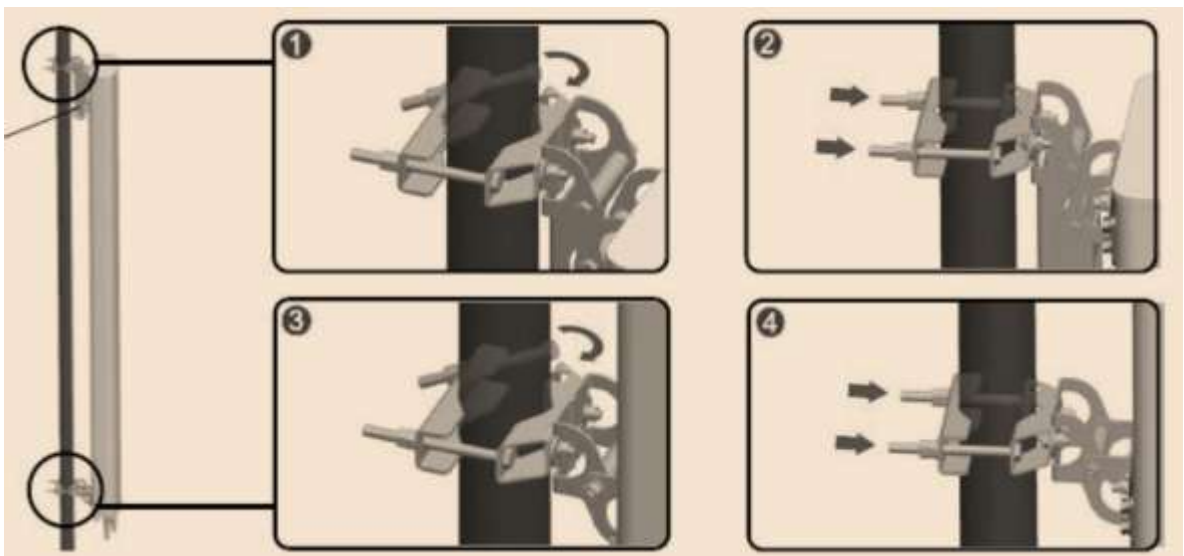


Figura 66 Instalación de la antena en polo

Fuente. Huawei

3.3.3.8.6. A JUSTE DEL AZIMUT

Esta operación debe realizarse entre dos personas. Una en el suelo entre 10 y 20 m de la torre para medir el azimut con la brújula y otro instalador en la torre para mover la antena. Una vez alcanzado el azimut. Se debe ajustar propiamente la antena.

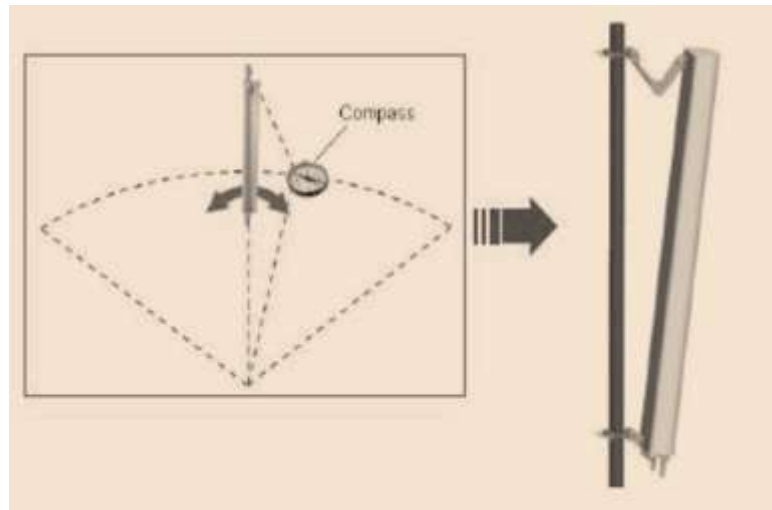
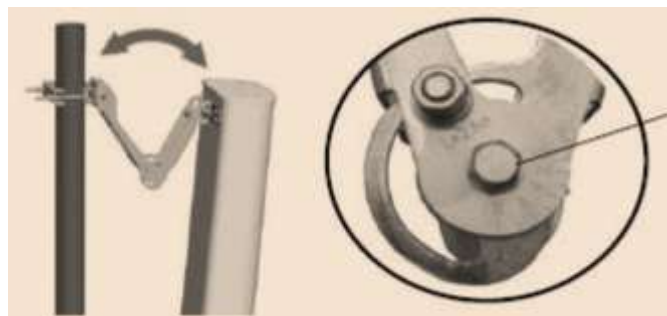


Figura 67 Ajuste del azimut

Fuente. Huawei

Debe desajustar el mecanismo del soporte superior e inclinar la antena hasta lograr la inclinación. Existen dos métodos para medir el tilt (inclinación) de la antena.

Utilizando la escala del soporte:



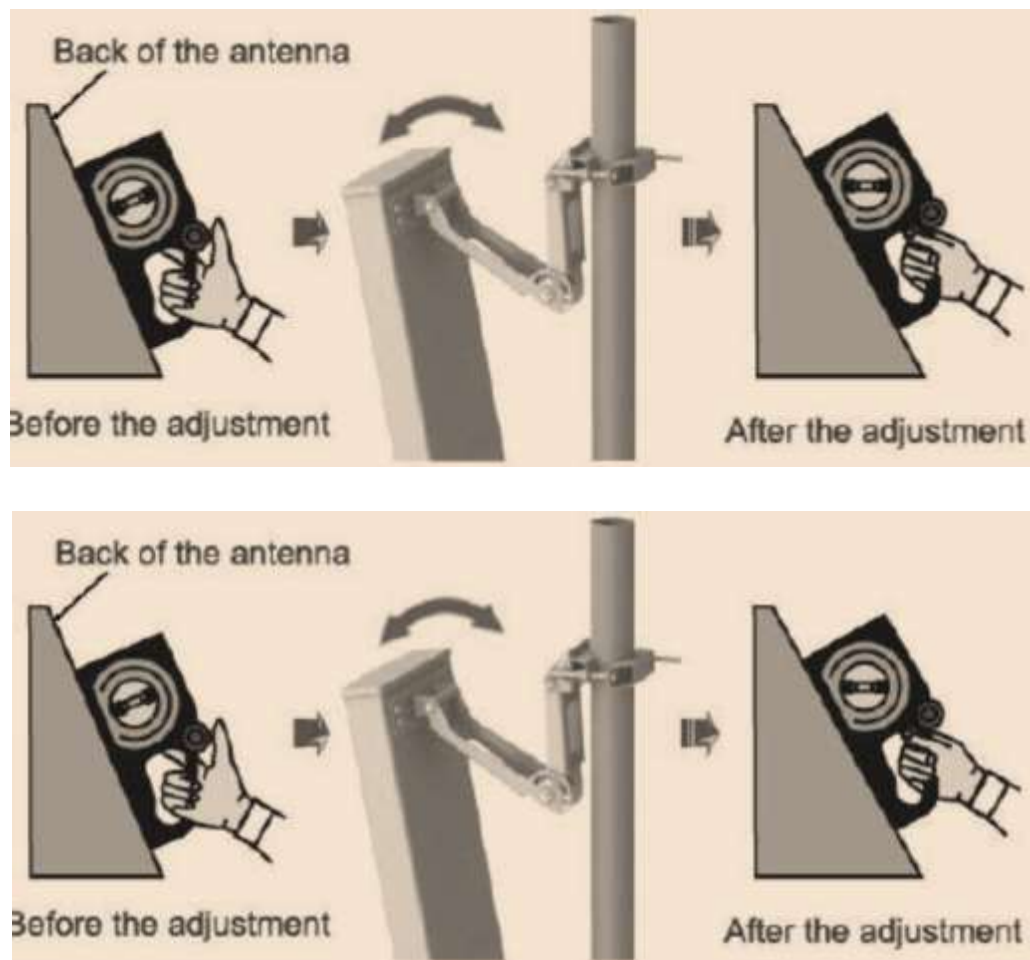


Figura 68 Utilizando un inclinometro (apoyado en la parte posterior de la antenna)

Fuente: Huawei

3.3.3.8.7. INSTALACIÓN DE RET

- Remover el protector de los puertos de la antenna y la RRU correspondiente a la conexión para el cable AISG, en el caso de la antenna es el Puerto RC8S y de la RRU es el puerto serial D9M, tal como se aprecia en las siguientes imágenes. En el caso de la RRU, se requiere usar un destornillador plano para remover dicho protector.

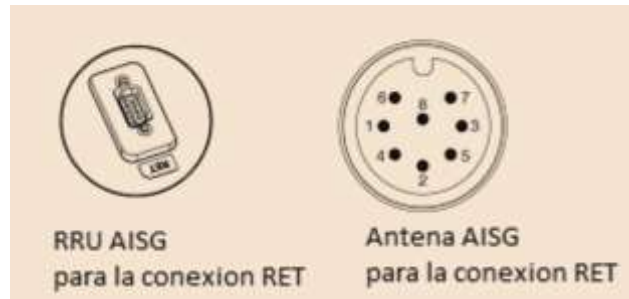


Figura 69 Instalación de red

Fuente: Huawei

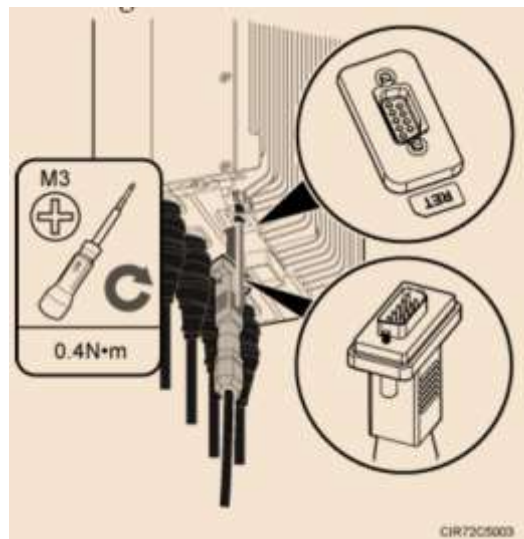


Figura 70 Conectar del puerto ret de la RRU al conector db9 del cable aisg, tal como se aprecia en la siguiente imagen.

Fuente: Huawei

Luego se requiere emplear un destornillador plano para asegurar la conexión entre ambos conectores. Una vez realizada dicha conexión se requiere canalizar el cable de manera que no posea dobles y se debe asegurar con precintos.

- Una vez realizada la conexión del cable AISG a la RRU, se debe realizar la conexión a la antena mediante el cable AISG. Para dicha conexión pueden existir dos casos:

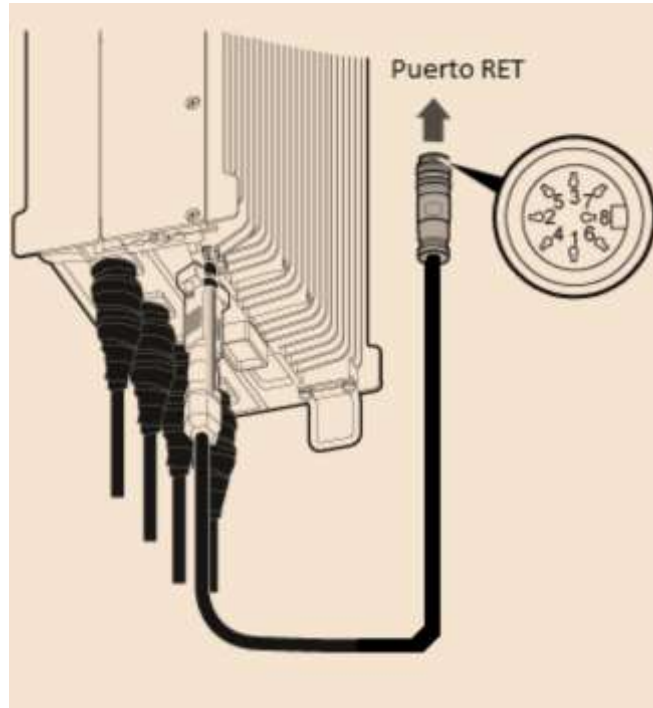
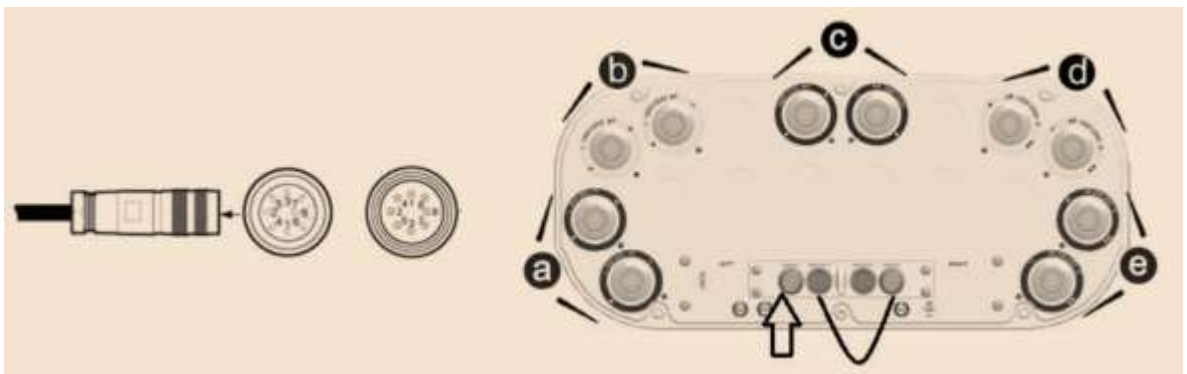


Figura 71 Conexión de cable AISG a la RRU

Fuente: Huawei

Para la conexión del cable AISG a la antena se enrosca el conector RC8S del cable AISG al puerto integrado RET de la antena (AISG IN 1, conector macho).

- Para la conexión del cable AISG entre la misma antena, se enrosca el conector RC8S en el puerto integrado AISG OUT 1 al puerto AISG IN 2.



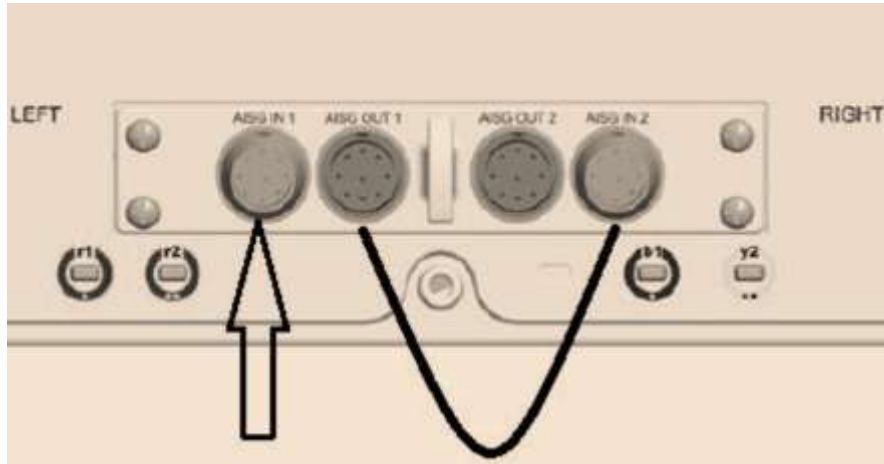


Figura 72 Conectores AISG N2 Y AISG2

Fuente: Huawei

- a. La conexión se debe asegurar los extremos de los cables y se posteriormente se debe impermeabilizar la conexión. Primero se envuelve con cinta aislante a cinco (05) centímetros de la conexión, este procedimiento se debe realizar dos veces, empezando de abajo hacia arriba.
- b. Posteriormente se envuelve dos veces con cinta de butilo de empezando de arriba hacia abajo a tres centímetros de la conexión anterior.
- c. Una vez realizado el encintado se colocan precintos abajo y arriba para fijar los extremos de dicho encintado.

Importante: Se debe asegurar que las capas posteriores cubran las capas inferiores y bien encintadas.

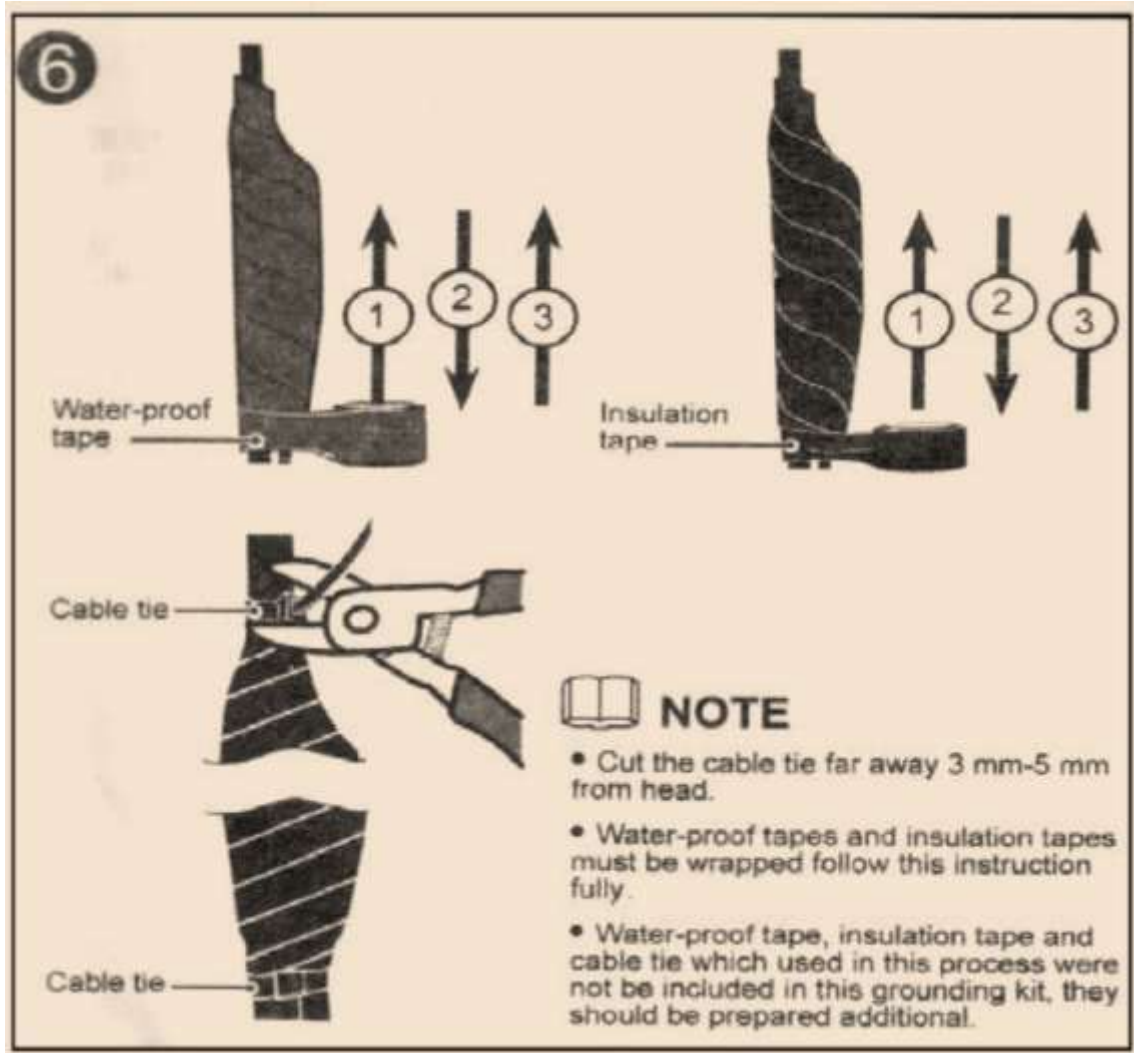


Figura 73 Aseguramientos de conectores

Fuente: Huawei

Para evitar la entrada de insectos y pequeños animales a los orificios de entrada de cables, estos deben ser correctamente asegurados con los capuchones que el gabinete posee, en caso de no tener estos capuchones o que estos mismos se encuentren en mal estado, deben ser bloqueados con la masa de calafateo a prueba de fuego, usando sólo la cantidad necesaria para bloquear el orificio.

3.3.3.9. INSTALACIÓN DEL CABLEADO

3.3.3.9.1. ORIENTACIÓN DE LOS CABLES DENTRO EL GABINETE

Al momento de peinar los cables, el instalador tiene que seguir los siguientes procedimientos:

CABLES DE ENERGÍA:

El peinado de cable de energía siempre debe ir por el lado Derecho.

CABLES DE DATOS:

El peinado de cable datos siempre debe ir por el lado Izquierdo.

La distribución de los cinturoncillos en el cableado debe ser pareja siguiendo cierta medida alrededor de 30 cm. de cinturoncillo a cinturoncillo, cuando el cable está teniendo una curva los cinturoncillos deben estar en ambos extremos como muestra la siguiente figura:

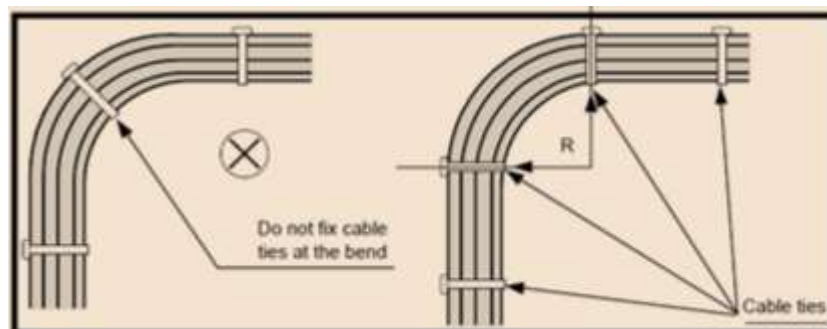


Figura 74 Aseguramientos de conectores

Fuente: Huawei

Para las instalaciones de los cables de aterramiento y energía deberán tener en consideración los siguientes puntos:

- Los cables de aterramiento deben ser enteros, no pueden existir añadiduras.
- Los cables de aterramiento deben seguir las normas internacionales de colores (Verde, amarillo).

- Las cables de energía deben seguir las normas internacionales de colores (Negro, Azul)
- El exceso de cable de aterramiento debe ser cortado, estos no pueden ser enrollados y almacenados en el interior del gabinete.
- Los materiales que debe tener un Terminal de ojo al momento de ajustarse son: Tornillo, perno, arandela de presión y arandela plana.

3.3.3.9.2. ORIENTACIÓN CABLES ÓPTICOS

Los cables de fibra óptica no deben ser presionados junto a la puerta del gabinete cuando son enviados, como se muestra en las siguientes figuras.

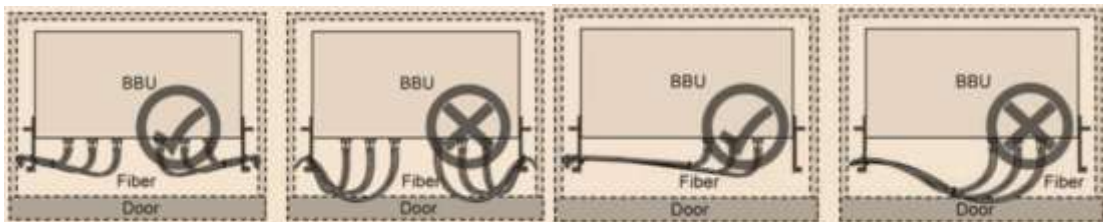


Figura 75 Orientación de cables ópticos

Fuente: Huawei

3.3.3.9.3. CABLEADO DE LA ESCALERILLA

Si existe espacio en las escalerillas (indoor/outdoor), el equipo de instalación debe acomodar o recorrer los cables existentes para evitar cualquier tipo de cableado óptico cruzado. No serán aceptados cables ópticos cruzados, solamente en el caso de que NO exista espacio para acomodar y/o recorrer los cables ya instalados o no exista remanente de los mismos cables para recorrerlos.

Determine las posiciones donde se instalan las abrazaderas según la situación real. Por normativa de Huawei se recomienda colocar abrazaderas en un intervalo de 1 m. Asegúrese de que las abrazaderas estén espaciadas uniformemente y en la misma dirección.

Al sujetar los cables con una abrazadera, asegúrese de que los cables están alineados perfectamente y se dirigen a través de los orificios de la abrazadera. No estire demasiado los cables.

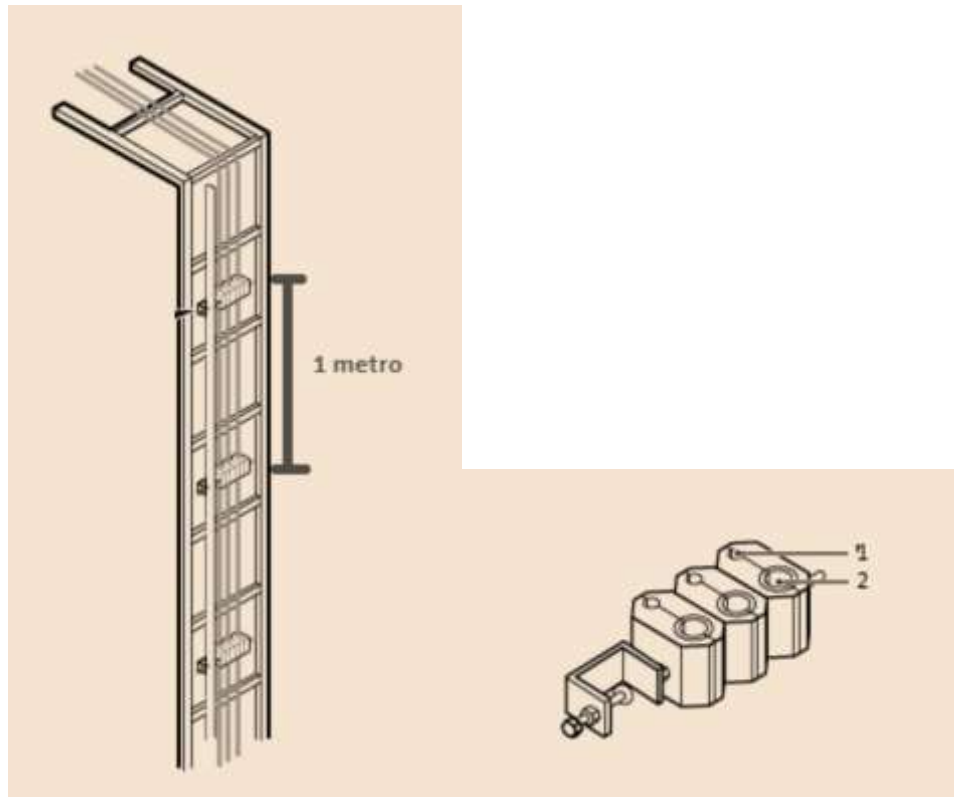


Figura 76 (1) Fibra óptica (2) energía

Fuente: Huawei

3.3.3.9.3. CABLE DE GESTIÓN NETECO

Para la correcta instalación del cable de gestión Neteco, siga los siguientes pasos:

Paso 1: Conecte un extremo del cable de red al puerto RS485 / RS232 de la SMU.

Paso 2: Conecte el otro extremo al puerto MON1 de la BBU, como se muestra en la siguiente figura.

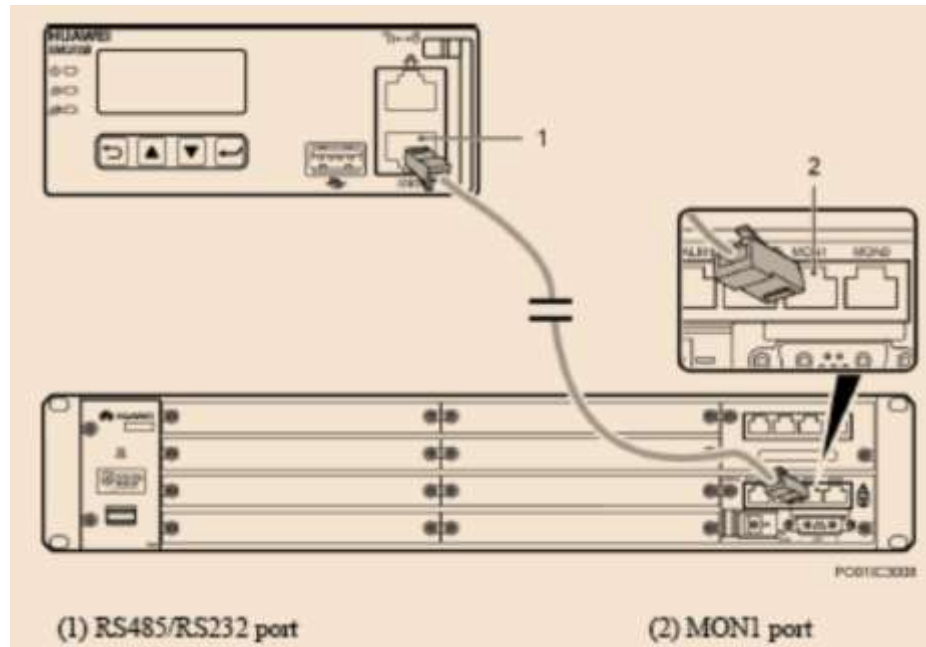


Figura 77 Cables de gestión neteco

Fuente: Huawei

3.3.3.9.4. INSTALACIÓN DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN TCUC

Para la correcta instalación del cable de alimentación de la TCUC, siga los siguientes pasos:

Paso 1: Coloque un cable de alimentación TCUC y enróllelo en el gabinete de alimentación a través del módulo de entrada del paquete. Un extremo está asegurado al puerto PWR en el gabinete de baterías TCUC, y el otro extremo está reservado en el gabinete de la batería.

Paso 2: Conecte el terminal negativo en el otro extremo del cable de alimentación al disyuntor de 10 A BLVD.

Paso 3: Conecte el terminal positivo en el otro extremo del cable de alimentación a la barra RTN +.

Gabinete combinados

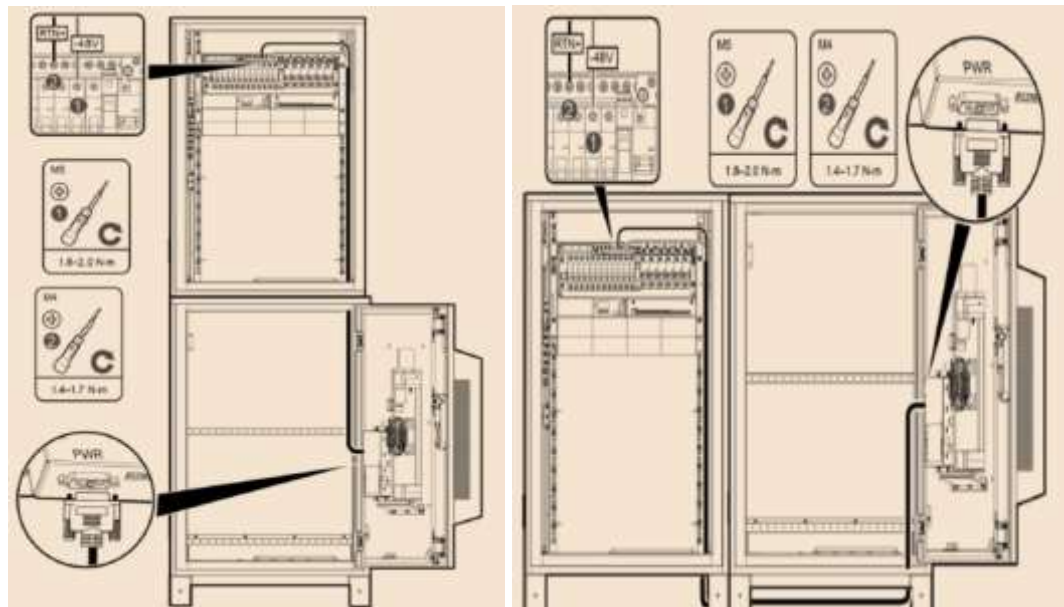


Figura 78 Gabinete combinado

Fuente: Huawei

3.3.3.9.5. INSTALACIÓN DE CABLES DE LA DCDU

Para la correcta instalación del cable de alimentación de la DCDU, siga los siguientes pasos:

Paso 1: Retire la cubierta protectora de los terminales de entrada de DC del DCDU-12B.

Paso 2: Conecte un extremo del cable de alimentación de entrada de DC negativo al terminal de entrada NEG-DC en el DCDU-12B y conecte el otro extremo al disyuntor LLVD de 80 A en el bastidor de alimentación.

Paso 3: Conecte un extremo del cable de alimentación de entrada de DC positivo al terminal de entrada de RTN + DC en el DCDU-12B y conecte el otro extremo a la barra RTN + en el bastidor de alimentación.

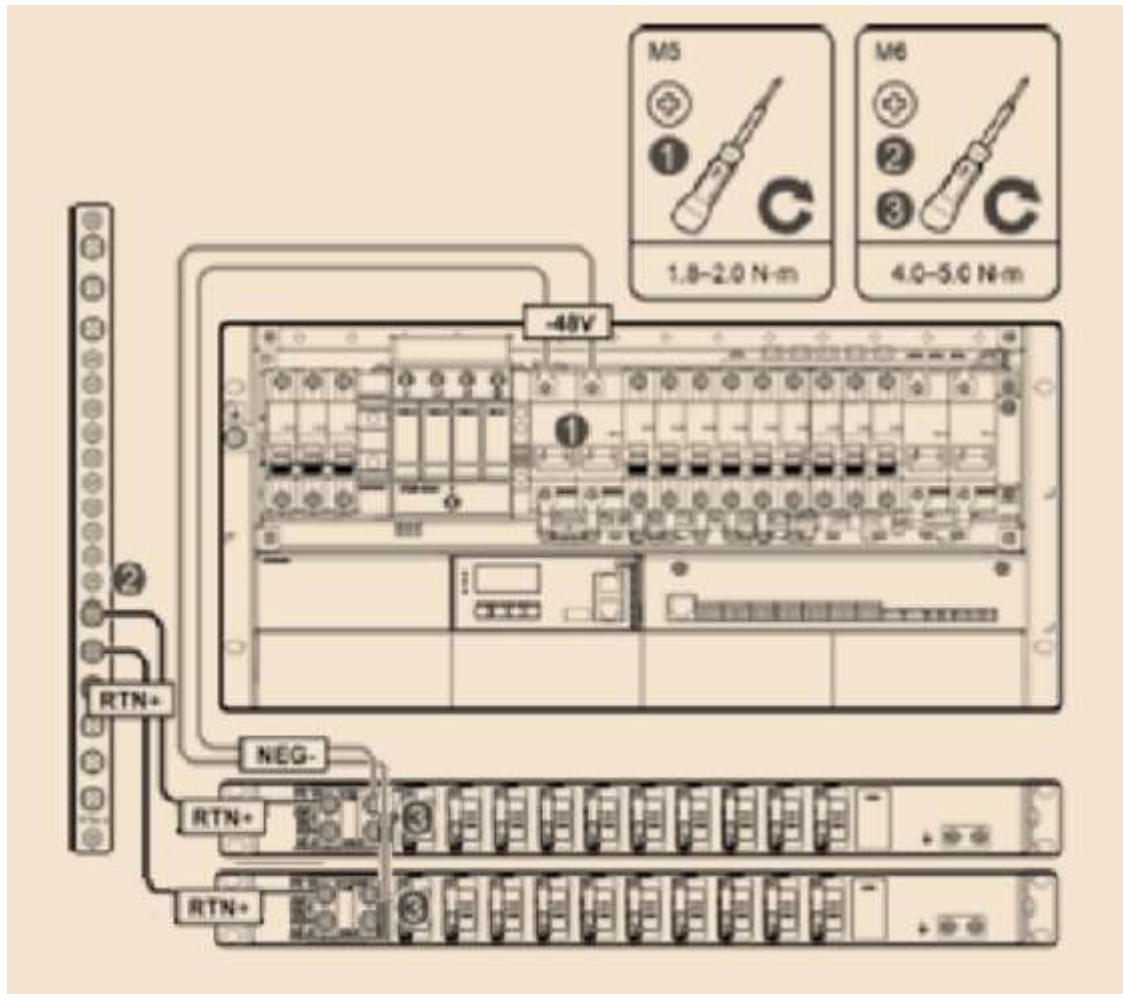


Figura 79 Instalación de gabinetes DCDCU

Fuente: Huawei

Paso 4: Vuelva a instalar la cubierta protectora para los terminales de entrada de DC en el DCDCU-12B.

Paso 5: Instale los cables de alimentación de DC para el DCDCU-12B.

- Prepare un conector de salida de DC.

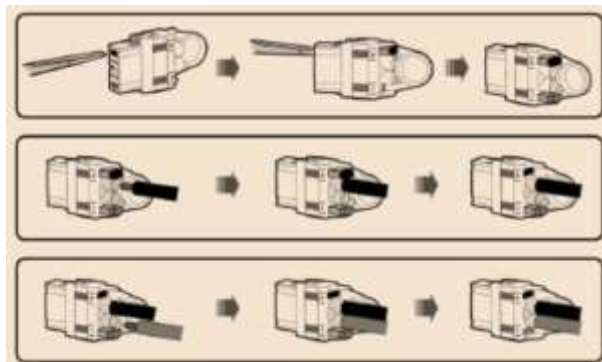
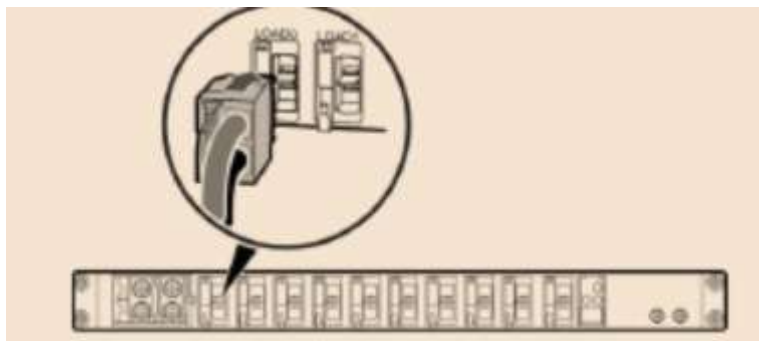


Figura 80 Conector de salida de DC

Fuente: Huawei

Inserte el conector de salida de DC en el terminal de salida de DC correspondiente.



3.3.3.9.6. INSTALACIÓN DE UN CABLE DE ALIMENTACIÓN DE AC DE SALIDA

Para la correcta instalación del cable de alimentación AC de salida, siga los siguientes pasos

Paso 1: Retire la cubierta de los interruptores automáticos de salida de AC.

Paso 2: Encamine el cable de alimentación de AC en el gabinete a través del módulo de entrada del paquete en la parte izquierda del fondo del gabinete.

Paso 3: Asegure el cable de alimentación de AC a la salida de AC correspondiente y al terminal

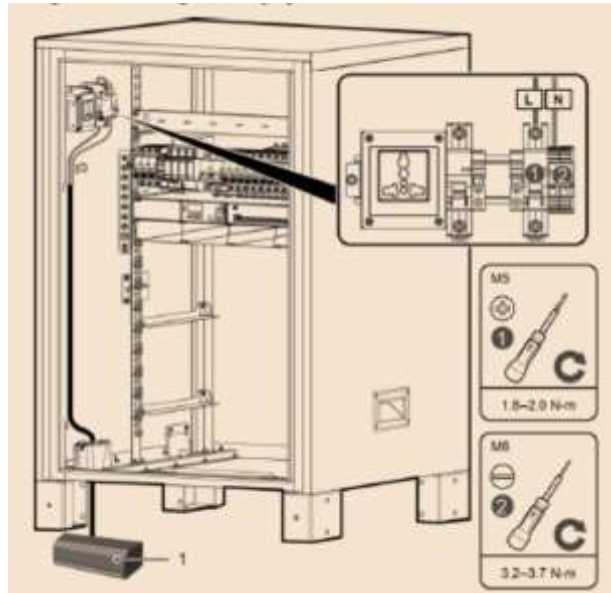


Figura 81 Carga AC

Fuente: Huawei

3.3.3.9.7. INSTALACIÓN DE CABLES DE ALIMENTACIÓN DE ENTRADA DE AC

Si la acometida eléctrica es trifásica, la conexión se realizara como en la siguiente figura:

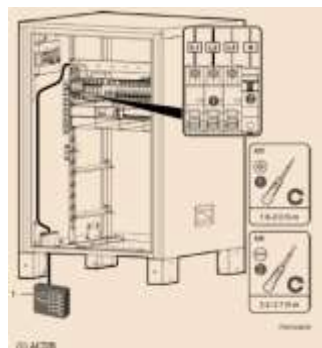


Figura 82 Instalación de cable de energía entrada

Fuente: Huawei

Si la conexión eléctrica que tiene el sitio es monofásica, se debe colocar la regleta que viene como accesorio en el Breaker de entrada AC como en la siguiente figura:

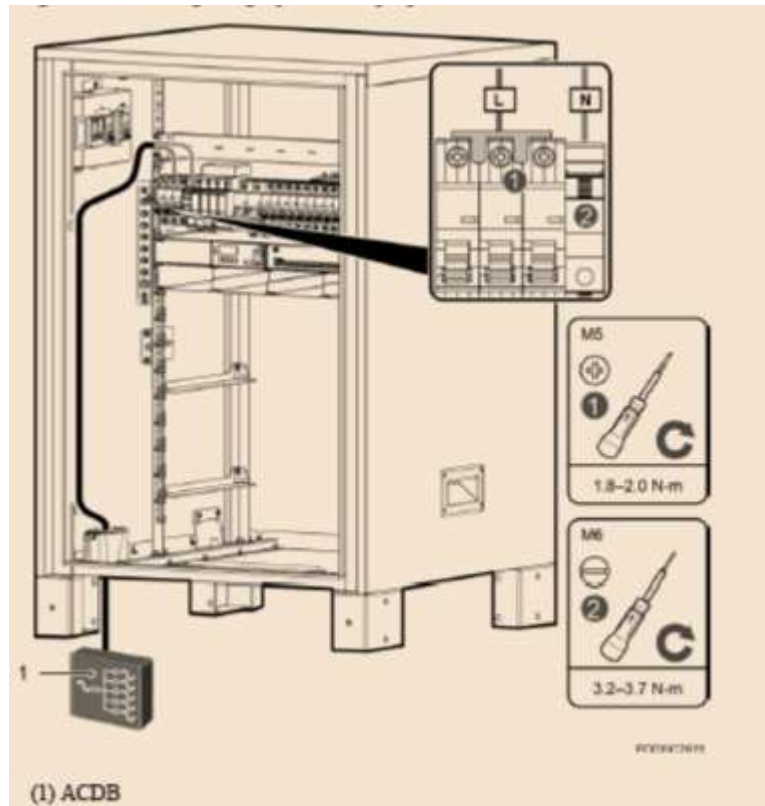


Figura 83 Accesorio en el BREAKER de entrada AC

Fuente: Huawei

3.3.3.9.8. CABLEADO DE LOS BANCOS DE BATERÍAS

Para cablear los bancos de baterías, seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Conduzca los cables de la batería positiva y negativa.

Paso 2: Conecte un extremo del cable negativo de la batería al disyuntor de la batería y conecte el otro extremo al terminal negativo de la batería.

Paso 3: Conecte un extremo del cable positivo de la batería a la barra RTN + correspondiente y conecte el otro extremo al terminal positivo de la batería.

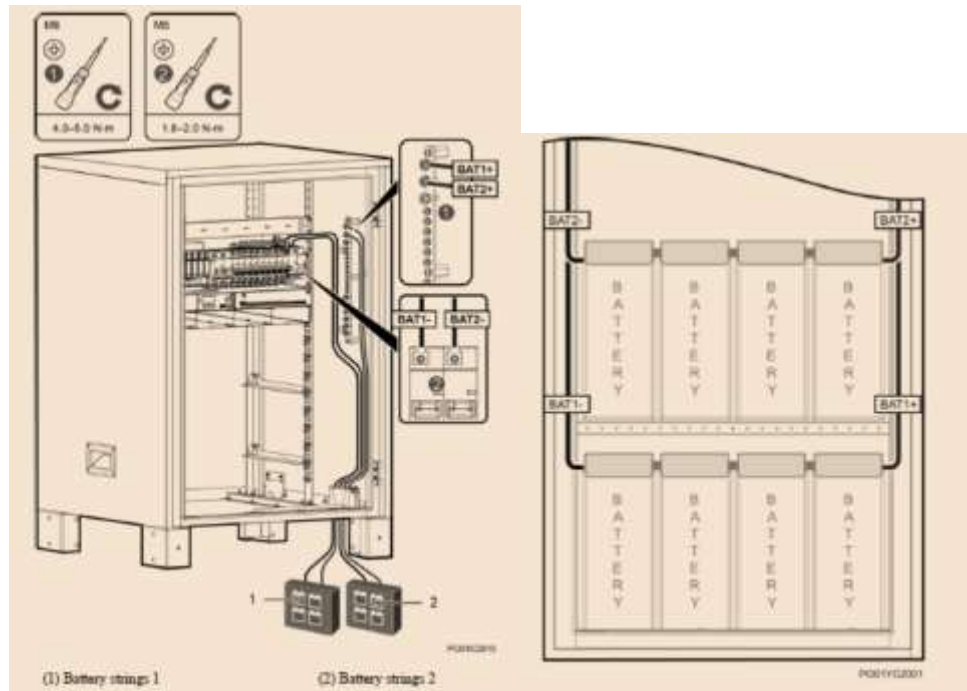


Figura 84 Cableado de los bancos de baterías

Fuente: Huawei

Cuando el gabinete de baterías tenga 2 bancos de baterías, se tiene que instalar barras colectoras como se muestra en la siguiente figura:

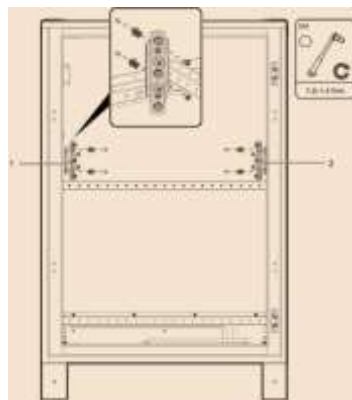


Figura 85 Instalar barras colectoras como se muestra en la siguiente

Fuente: Huawei

3.3.3.10. VULCANIZADO

3.3.3.10.1. PROTECCIÓN CONTRA GOTEO

La Protección contra fugas Jumper debe hacerse en todos los puentes que se encuentran en lo alto de la torre en el extremo del equipo de alta.

Jumper debe tener una curva siguiendo las especificaciones de los cables hechos.

Se debe verificar que se realice la curva de protección de goteo en el jumper, 15 a 20 centímetros finalizada la antena, para evitar dañar la punta de los conectores debido a algún tipo de estiramiento.



Figura 86 Vulcanizada protección contra goteo

Fuente: Huawei

3.3.3.10.2. CABLE JUMPER EXCEDENTE

Si quedan remanentes en los Jumpers, estos deben ser correctamente sujetos con precintos de modo que no queden oscilando con la presencia del viento.



Figura 87 Cable jumper excedente

Fuente: Huawei

3.3.3.11.3. VERIFICACIÓN DEL VULCANIZADO

Aquí mostramos un vulcanizado terminado donde se observa la forma cónica lisa sin protuberancias ni rajaduras y los cinturoncillos ajustados en ambos extremos.



Figura 88 Verificación del vulcanizado

Fuente: Huawei

El procedimiento para el correcto vulcanizado con cinta aislante negra y vulcanizante se describe a continuación:

- 1) Dos vueltas de cinta aislante color negro, la primera comienza del equipo al cable, y la segunda vuelta del cable hacia el equipo. Las conexiones del feeder deben estar hechas a prueba de agua con un buen acabado en forma cónica. Los sectores deben estar marcados correctamente con Etiquetas outdoor y también deben tener sus cintas de colores para TX/RX y RX.
- 2) Dos vueltas de cinta de vulcanizante, la primera comenzar del equipo al cable, y la segunda vuelta del cable hacia el equipo.
- 3) Dos vueltas de cinta aislante color negro, la primera comenzar del equipo al cable, y la segunda vuelta del cable hacia el equipo.
- 4) Dos cinturoncillos negros deben ser puestos en cada extremo del aislamiento conector.

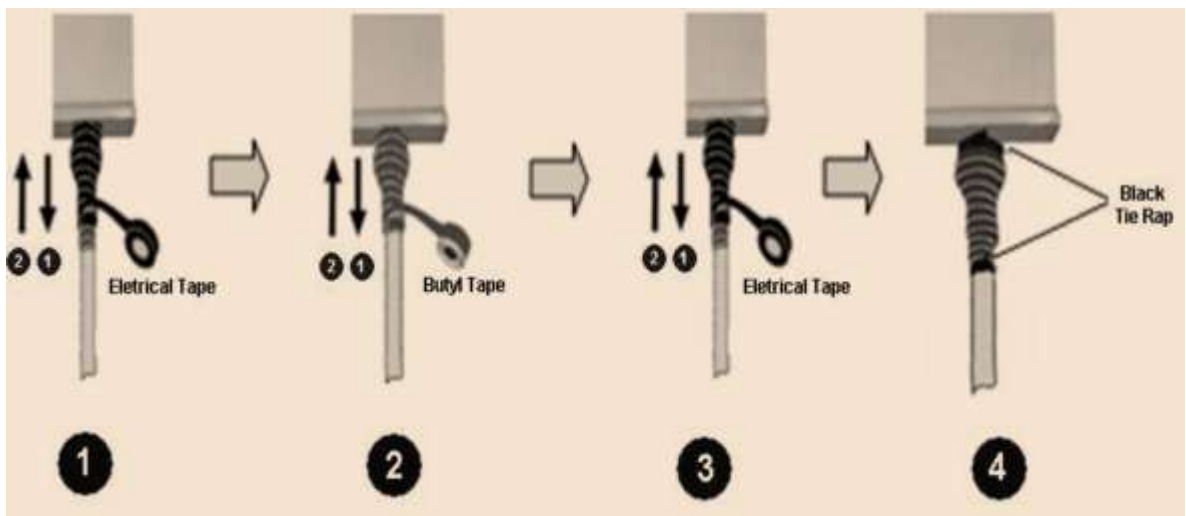


Figura 89 El procedimiento para el correcto vulcanizado con cinta

Fuente: Huawei

NOTA: El cable de RET o Tilt eléctrico también debe ser vulcanizado.

3.3.3.12. PUESTA A TIERRA

El cable utilizado para suelo será un cable amarillo y verde o simplemente verde.

La conexión del equipo a la barra de tierra se realizará con cable de color verde y el área de la sección transversal de 16 mm².

IMPORTANTE: Todos los elementos de la radio base deben estar aterrados (BBU, DCDU, RRUs, Chasis, gabinetes, etc.).

3.3.3.12.1. BARRAS DE TIERRA

En el caso de la instalación interior, la conexión a tierra del gabinete debe estar conectado directamente a la barra de tierra de la loza. En el caso que no exista barra de tierra avisar inmediatamente al personal de Huawei.

La conexión debe ser con cable verde 3 AWG y dos orejetas integrales, compatibles con la perforación de la barra de tierra.

3.3.3.12.2 TERMINALES DE TIERRA

El cable PGND es un solo cable con terminales de OT en ambos extremos

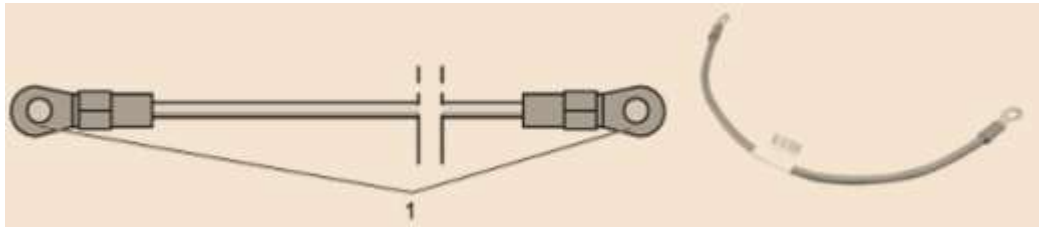


Figura 90 Terminación pgnd tierra

Fuente: Huawei

Las terminales deben ser fijados en la barra de tierra o gabinetes con la secuencia correcta. A partir de tornillo:

Arandelas de presión > arandela plana > conector.

El tornillo y el grupo de tuercas deben estar bien ajustados para garantizar la conexión a tierra.



Figura 91 Arandela plana como se debe instalar

Fuente: Huawei

Se debe tomar en cuenta los siguientes puntos al momento de tratar con los terminales

- Los tornillos utilizados deben tener el tamaño adecuado al terminal (no se aceptarán más pequeños o más grandes).
- Las terminales de OT deben hacerse en el sitio.
- Dos o más conectores de cables de tierra no pueden fijarse en un mismo tornillo
- Las terminales de cables de tierra deben ser identificadas con su destino y origen.
- Los conectores deben estar cubiertos con tubos termo-contraíbles negros.

3.3.3.12.3. ATERRAMIENTO DEL GABINETE

Para el aterramiento del gabinete, seguir los siguientes pasos:

- Prepare un cable PGND.
- Cortar los cables a la longitud adecuada para la ruta del cable real.

- Añada terminales OT a ambos extremos de los cables.
- Instale un cable PGND para el gabinete. como se muestra en la siguiente figura. Conecte un extremo del cable PGND al tornillo de tierra en la parte inferior del TP48200A y utilice un destornillador de par para apretar el tornillo a 3 N · m (26,55 lbf · in).
- Pase el otro extremo del cable PGND a través del módulo de salida del cable en la parte inferior del TP48200A y conecte el cable a la barra de tierra externa.
- Etiquete los cables instalados.

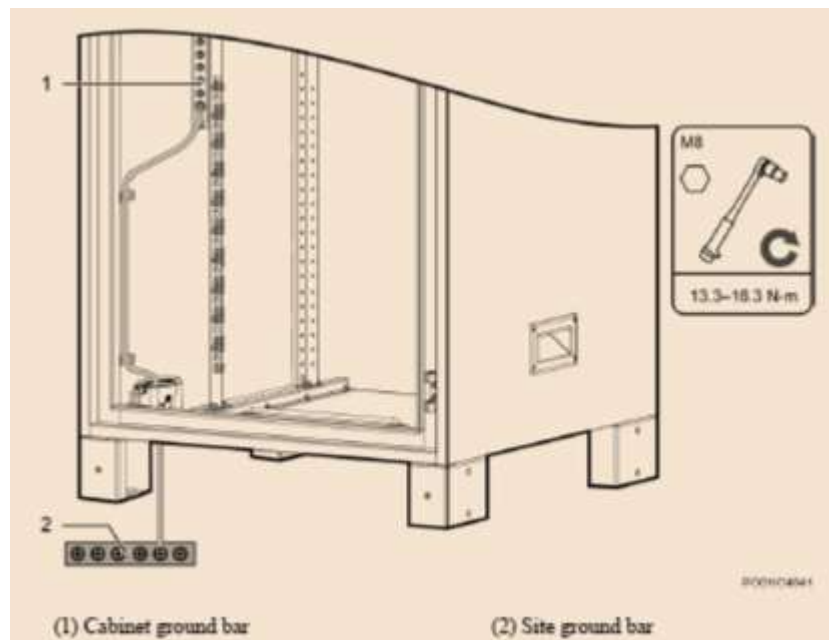


Figura 92 Aterramiento del gabinete

Fuente: Huawei

Los gabinetes de batería también tienen que estar puestos a tierra, para lograr eso, instale otro cable PGND al tornillo de tierra en la parte inferior del TP48200A y páselo al otro extremo de los gabinetes de batería, como se ve en la figura:

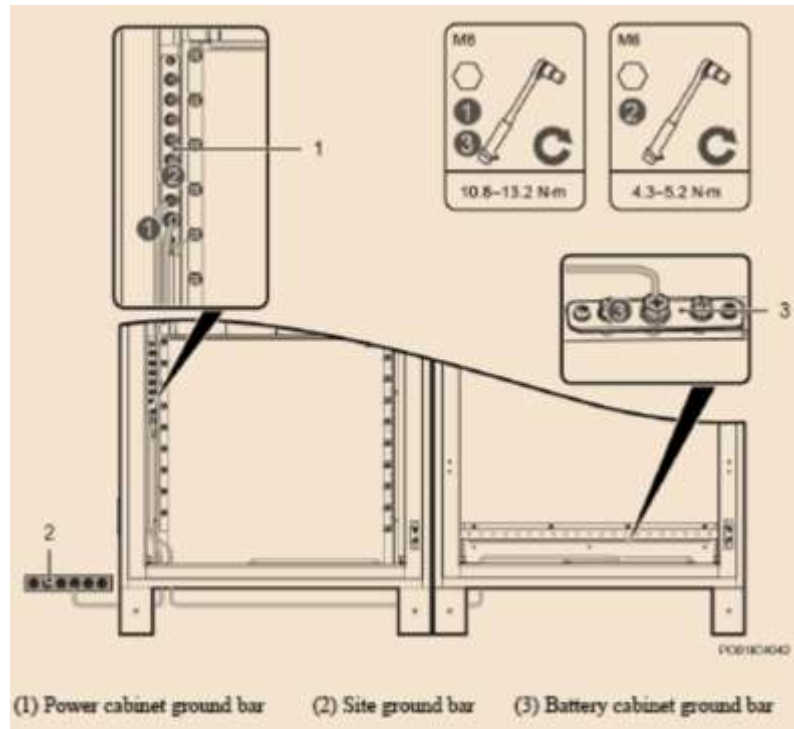


Figura 93 Aterramiento de tierra a las baterías

Fuente: Huawei

3.3.3.12.4. ATERRAMIENTO DE LA BBU

PGND Cable de BBU está conectado a DCDU (interior / exterior), con terminales de OT. Se trata de un cable amarillo y verde con el área de sección transversal de **6 mm²**.

La BBU se aterriza de un costado donde está el punto para aterramiento hasta la barra superior derecha del gabinete.

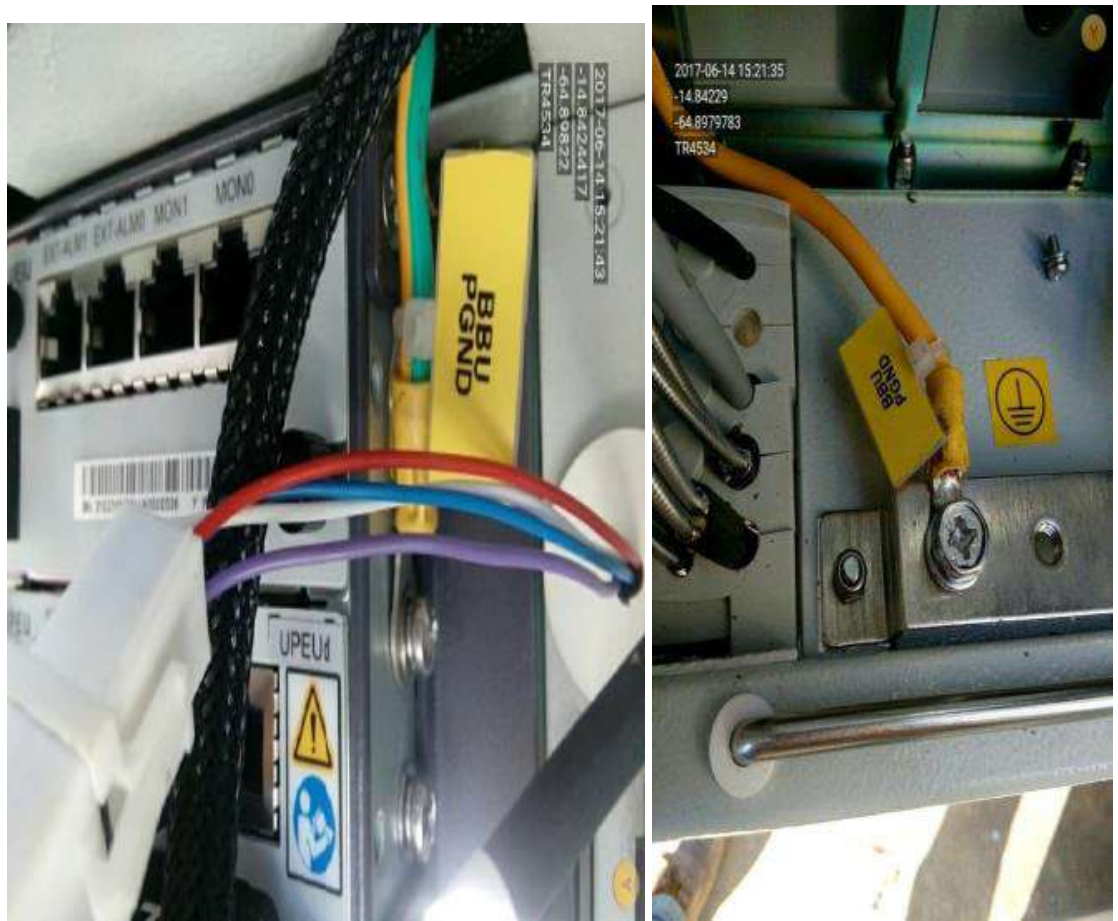


Figura 94 Aterramiento de la BBU

Fuente: Huawei

3.3.3.13.5. ATERRAMIENTO DE LAS RRU

El cable PGND en la RRU está conectado al tornillo de conexión a tierra M6 en la parte inferior RRU.

El otro extremo se conecta a un terminal fijo en la barra de puesta a tierra torre o bus de conexión a tierra. Se utilizará un cable con área de sección transversal de **16 mm²**, amarillo y verde o verde.



Figura 95 Aterramiento de las RRUS

Fuente: Huawei

3.3.3.13.6. ATERRAMIENTO DE LOS CABLES DC DE LAS RRUS

Los cables de energía DC para las RRUs deben estar conectados a tierra con un Kit de instalación (disponible para cada cable DC) y se conectan a tierra en la barra más cercana.

- Recubrir la parte recortada con la terminal de cobre del cla1.- Primero pelar el recubrimiento superficial del cable DC aproximadamente 6 cm (63 mm).

Recomendación:

Realizar el trabajo con los equipos de protección necesarios y guantes recomendados para trabajos con cables de energía.

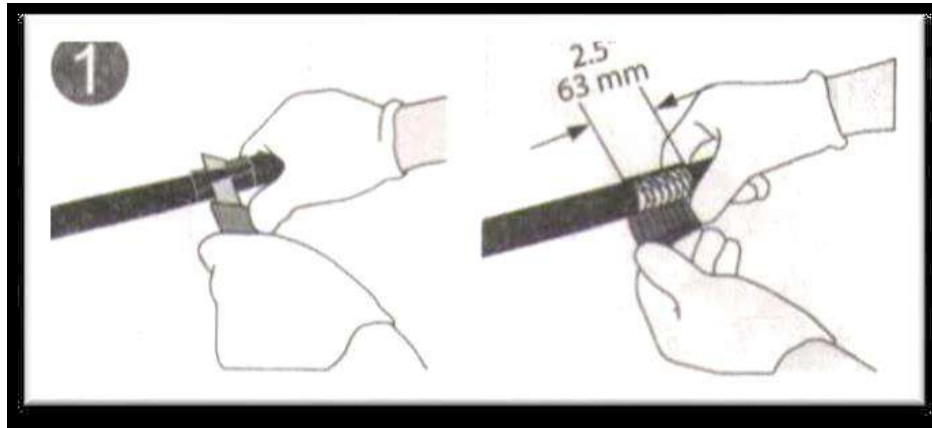


Figura 96 Aterramiento de los cables DC de las RRUS

Fuente: Huawei

Recubrir la parte recortada con la terminal de cobre del clamp de aterramiento. Elegir el orificio de acuerdo al área y diámetro del Power Cable

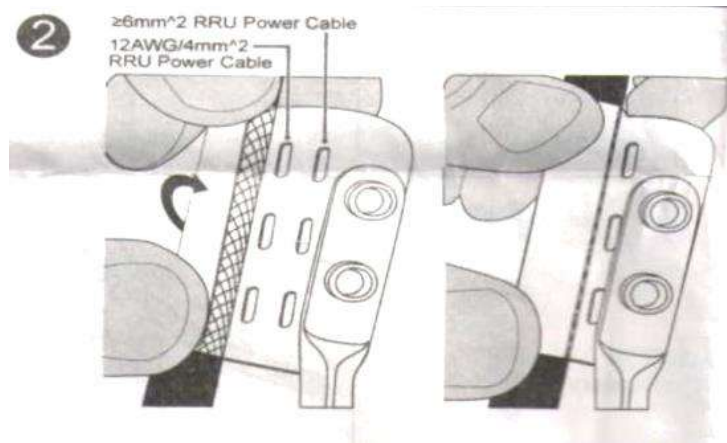


Figura 97 Aterramiento de los cables DC de las RRUS

Fuente: Huawei

Asegurar firmemente con los cinturoncillos correspondientes (3 son entregados y son los requeridos para cada clamp de aterramiento)

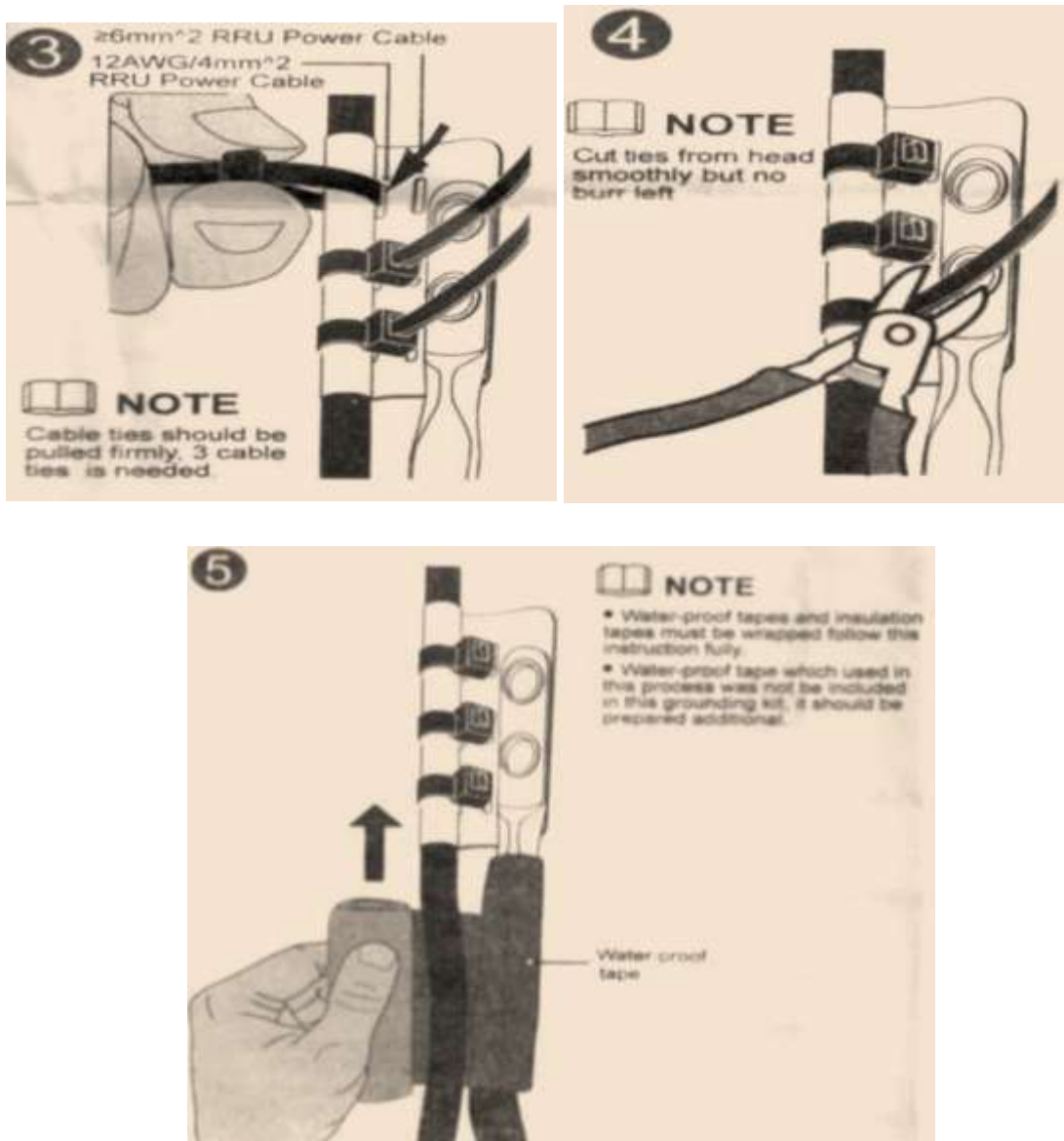


Figura 98 Requeridos para cada CLAMP de aterramiento

Fuente: Huawei

Realizar el corte de los cinturoncillos sin dejar puntas filosas ni remanente

IMPORTANTE.- *Envolver completamente con material de protección a prueba de agua y cinta aislante.*

Comenzar con la cinta vulcanizante hacia arriba hasta cubrir todo el conector. Presionar con la mano para que no queden superficies hasta que quede lo más liso posible. Una vez cubierto todo el conector hasta la parte superior se debe ir hacia abajo (tratando de hacer los bucles lo más cercanos posibles) Una vez en la parte inferior volver otra vez hacia arriba hasta llegar a la parte superior y luego cortar la cinta vulcanizante. Apretar con la mano para darle uniformidad y que no queden protuberancias.

Luego, comenzar con la cinta adhesiva pasando por la mitad de la misma cinta cuando avanza hacia arriba. Avanzar hacia arriba hasta llegar al fin del conector, una vez cubierta todo el conector debe volver hacia abajo llegando hasta el fin del conector, volver a subir por 3ra vez hasta cubrir totalmente el conector y luego cortar la cinta. Apretar con la mano para que se adhiera la cinta y no dejar líneas sobresalidas.

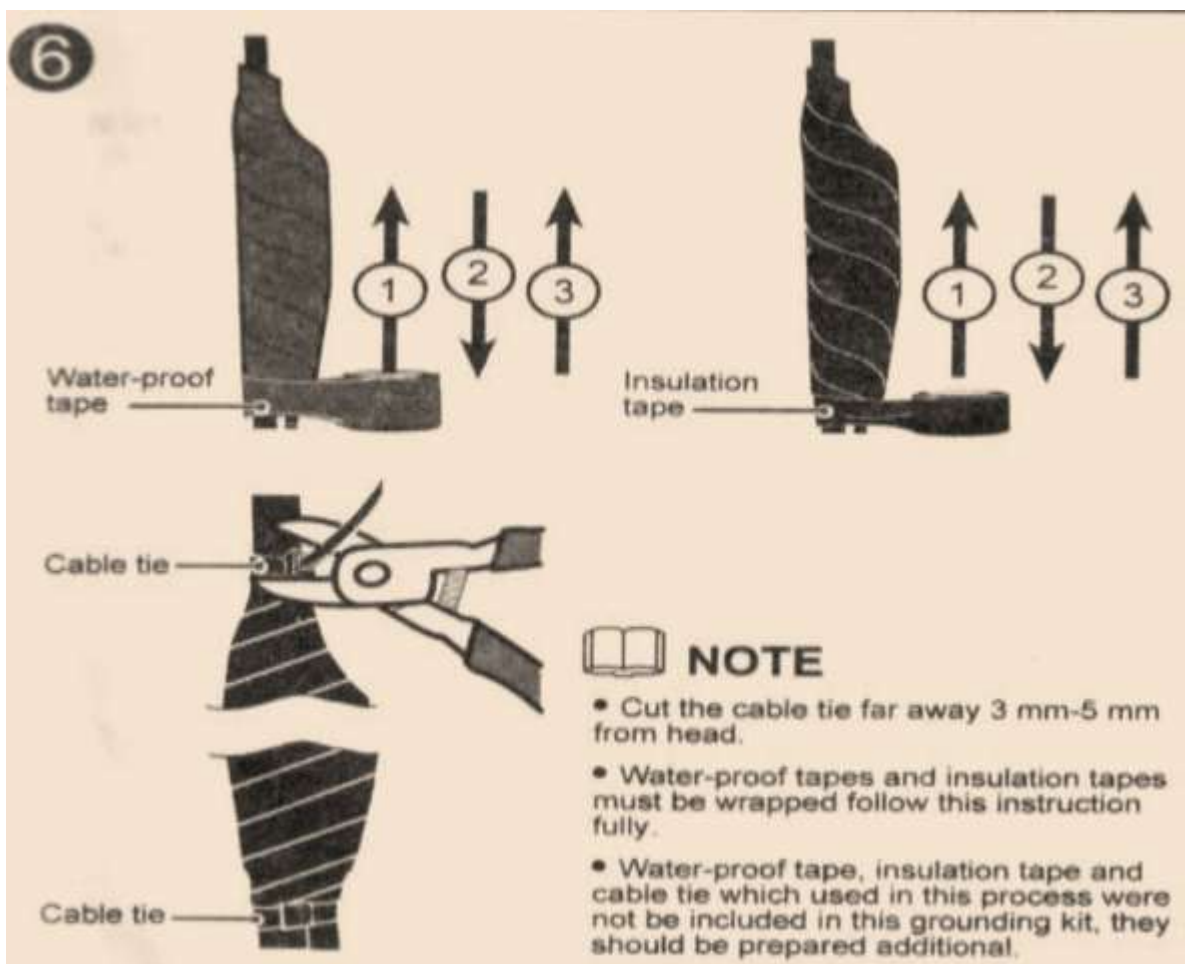




Figura 99 Conector y luego cortar la cinta

Fuente: Huawei

Ajustar con los cinturoncillos negros en ambos extremos. Antes de cortar el sobrante del cinturoncillo se debe jalar con la punta del alicate para que quede lo más justo posible.

NOTA.- Conectar el terminal de ojo del clamp a la barra de aterramiento antes de ingresar al shelter indoor. En el caso de ser completamente outdoor, instalar en la barra media de la torre.

IMPORTANTE.- No realizar esta instalación cuando se tenga la presencia de tormentas eléctricas, por riesgo a lesiones serias o incluso muerte.

3.3.3.14. INSTALACIÓN DE BATERIAS

3.3.3.14.1. INSTALACIONES GENERALES

Es necesario para verificar la tensión de la batería antes de comenzar la instalación y la carga, esto para descubrir la condición de almacenamiento de la batería

Este valor debe ser más de 10,2 voltios para baterías de 12 voltios.

RECORDATORIO: Observar el orden correcto de instalación para cada batería, de izquierda a derecha y la instalación de los bancos de abajo para arriba (El primer banco de batería se encuentra en la parte inferior del gabinete).

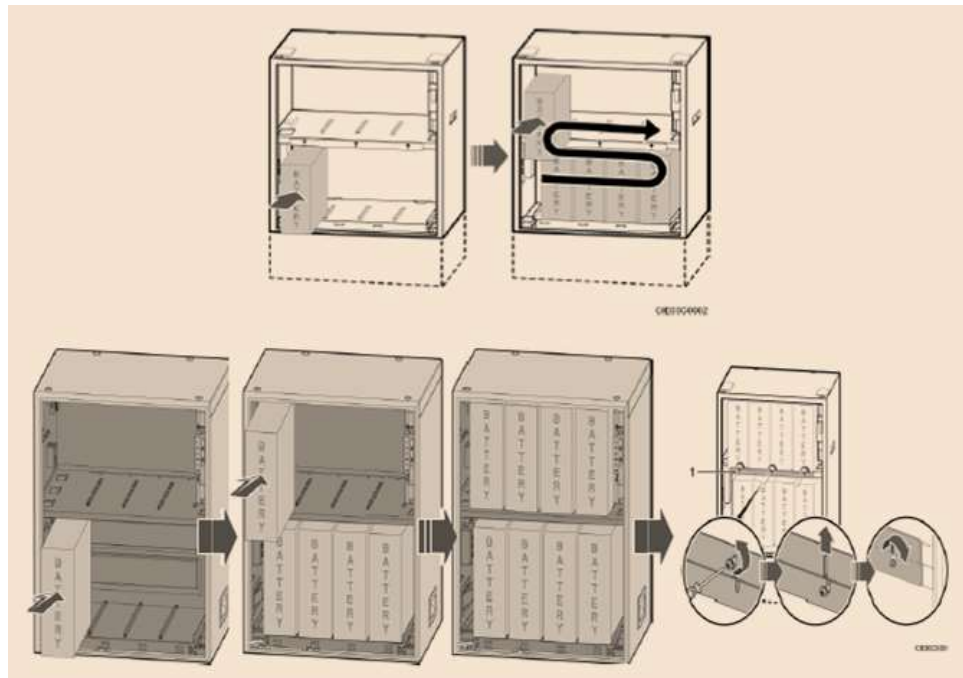


Figura 100 Banco de batería se encuentra en la parte inferior del gabinete

Fuente: Huawei

Los terminales deben ser compatibles con el calibre del cable y debe ser ajustado con la herramienta adecuada (Alicate crimpeador o crimpeadora), consiguiendo una buena área de contacto, fija y estable. Luego proteger esta parte con tubo termo-contráctil.

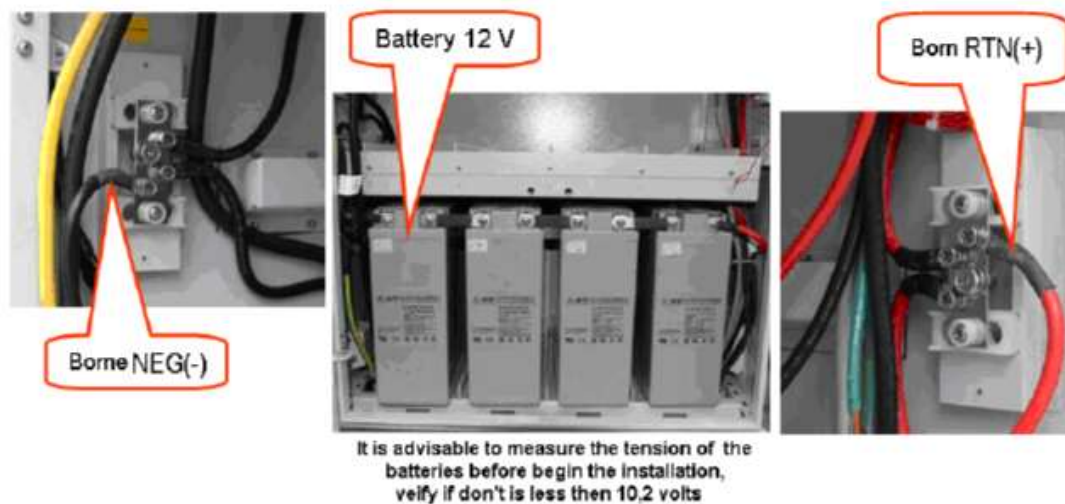


Figura 101 Proteger esta parte con tubo termo-contráible.

Fuente: Huawei

El cable rojo con el conector debe ser atornillado en posición **RTN (+)** de la batería y el cable negro en posición **NEG (-)** de las pilas (a cada lado del banco de baterías).



Figura 102 Posición NEG (-)

Fuente: Huawei

3.3.3.14 .2. RECOMENDACIONES INSTALACIÓN DE BATERÍAS

Después de ser instalados, los cables deben ser identificados casi cerca de 5 cm del conector de la batería.

Al utilizar Corbata plástica, siempre corte el exceso con pinzas nuevas, verificando que la cola de la corbata plástica no sea puntiaguda o pueda cortar la cubierta de los cables y evitar accidentes personales.

Una vez finalizada la instalación, antes de iniciar la carga, verificar si todos los terminales estén correctamente ajustados, si no, apretarlos.

El tubo de respiradero de la batería debe ser conectada a cada batería sin pliegues, como se muestra en la Figura, la cubierta debe colocarse y asegurarla.



Figura 103 Cubierta debe colocarse y asegurarla.

Fuente: Huawei

3.3.3.14.3. PRUEBA DE VOLTAJE

Una vez instaladas las baterías se debe realizar una prueba de voltaje con Tester para certificar su normal funcionamiento.

Para cada banco de baterías la medida debe estar entre 48 y 50 Voltios.



Figura 104 Prueba de voltaje

Fuente: Huawei

3.3.3.15.1. ETIQUETADO Y ENCINTADO

Todos los cables de alimentación de energía, aterramiento y transmisión de datos deben tener su respectiva etiqueta de identificación.

Además que se debe forrar las etiquetas hechas con cinta DYMO con cinta adhesiva transparente para evitar que se desprendan.

En caso que una etiqueta outdoor se requiera modificarla con cinta Dymo, también se la debe forrar con cinta adhesiva transparente para evitar que se desprenda.

Se debe colocar con cinta Dymo el nombre del sitio con la tecnología que está siendo utilizada.

3.3.3.15.2. ETIQUETADO DE CABLES RF (JUMPERS)

Los etiquetados deben ser claros, en letras mayúsculas, color negro y de material PVC de color amarillo (500) para ambientes outdoor y deben ser instalados en ambas puntas o finales de los cables instalados. Características

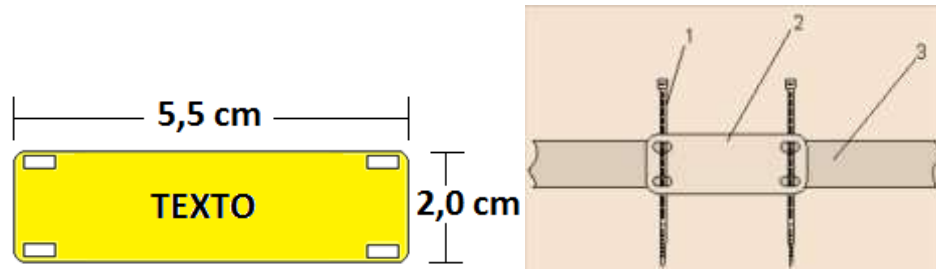


Figura 105 Etiquetado de cables RF (JUMPERS)

Fuente: Huawei

El etiquetado debe realizarse a ambos lados del Jumper, es decir” del lado de la RRU y del lado de la Antena para cada uno de los sectores.

3.3.2.15.3. ENCINTADO DE COLOR DE LOS JUMPERS

Envuelva los cables con 2 o 3 capas de cinta para hacer que el anillo de color. La distancia entre el color del anillos vecino es 13 mm (0 de 1/2 ").

Envuelva dos o tres capas hasta que el anillo de color este seguro. Ponga dos o tres vueltas de cinta aislante de color que cubre siempre en el turno anterior.

Evite poner el dedo en la cara pegada. No dejar "orejas" para facilitar el desprendimiento de la cinta.

La identificación con cinta aislante de color se debe poner en los dos extremos de la alimentación (RRU y antena) y el cable de alimentación.



Figura 106 Encintado de color de los JUMPERS

Fuente: Huawei

3.3.3.15.4 ENCINTADO DE COLORES HUAWEI

Huawei tiene la siguiente normativa para el encintado de colores:

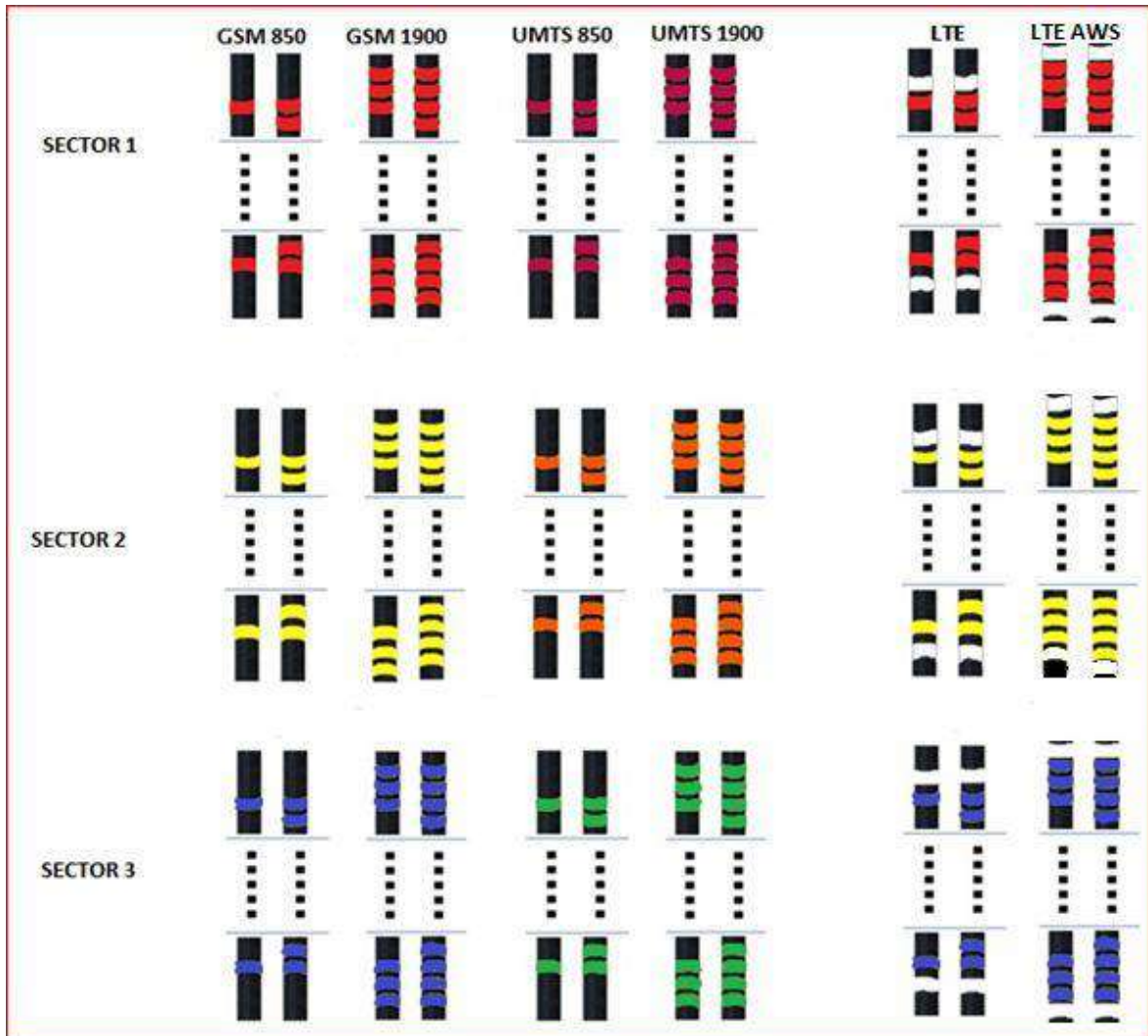


Figura 107 Encintado de colores huawei

Fuente: Huawei

Pero como en este caso se está mezclando UMTS y GSM por los mismos puertos de las RRU y antenas, se tomara la siguiente disposición.

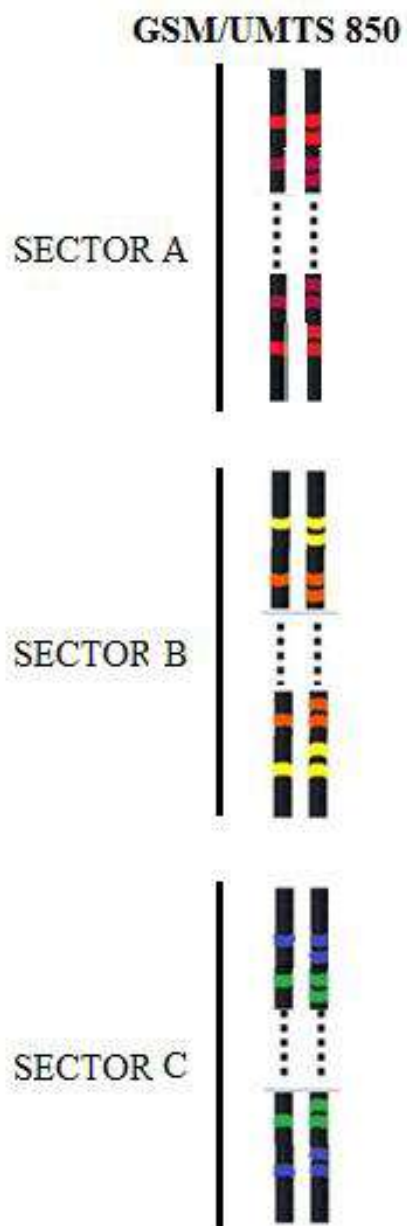


Figura 108 Encintado de colores

Fuente: Huawei

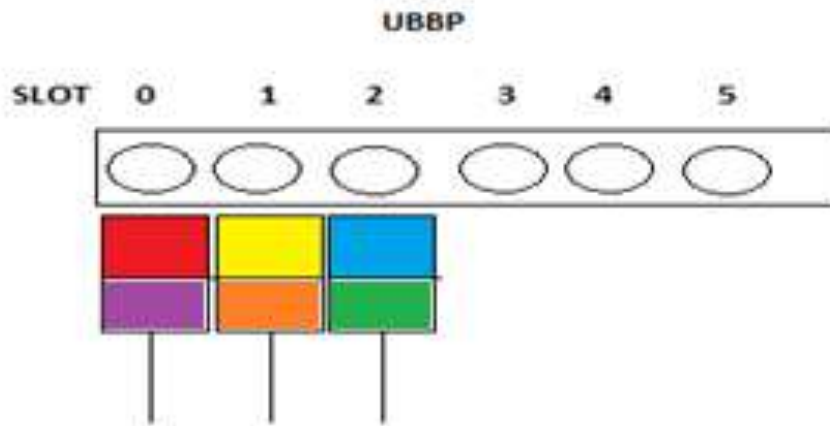
En el caso del escenario con antenas omnidireccionales, se debe etiquetar el cableado como si se tratara del primer sector.

3.3.3.15.5. NOMENCLATURA RRU

Las RRU's deben ser marcadas con el color de acuerdo al sector al que pertenecen y con cinta Dymo cubierta con cinta adhesiva transparente indicando Nombre, Tecnología y Sector al que pertenece la RRU.

3.3.3.15.6. ENCINTADO DE LOS CABLES DE DATOS DE LA BBU

Las fibras que llegan desde las RRU's a la tarjeta UBBP ubicada en la posición 3 de la BBU deben encintarse de la siguiente manera:



	Descripción Etiqueta	Cantidad	Localización
			
Sector 1	MBTS CPRI 0	2	Extremos cable de fibra óptica (BBU- RRU)
Sector 2	MBTS CPRI 1	2	
Sector 3	MBTS CPRI 2	2	

	Descripción Etiqueta	Cantidad	Localización
			
Sector 1	ANT_0A	2	Extremos jumper (RRU-Antena)
	ANT_0B	2	
	ANT_0C	2	
	ANT_0D	2	
Sector 2	ANT_1A	2	
	ANT_1B	2	
	ANT_1C	2	
	ANT_1D	2	
Sector 3	ANT_2A	2	
	ANT_2B	2	
	ANT_2C	2	
	ANT_2D	2	

	Descripción Etiqueta	Cantidad	Localización
			
Sector 1	MBTS PWR RRU 0	2	Extremos cable DC (BBU-RRU)
Sector 2	MBTS PWR RRU 1	2	
Sector 3	MBTS PWR RRU 2	2	

	Descripción Etiqueta	Cantidad	Localización
			
Sector 1	PGND RRU 0	2	Extremos cable de tierra (RRU-barra de tierras)
Sector 2	PGND RRU 1	2	
Sector 3	PGND RRU 2	2	

	Descripción Etiqueta	Cantidad	Localización
Otros	PGND	2	Extremos cable de tierra (gabinete-barra de tierras)
Otros	AC	2	Extremos cable de AC (gabinete-Tablero de distribución AC)

Figura 109 Encintado

Fuente: Huawei

3.3.3.16. FINALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Una vez concluida la instalación se debe retirar todos los materiales utilizados durante y después de la instalación, es responsabilidad del colaborador de retirar las cajas y embalajes donde llegaron los equipos.

(1) El gabinete debe quedar completamente limpio sin materiales sobrantes en la parte inferior o superior del gabinete.

(2) Utilizar una aspiradora para quitar todos los rastros de filamentos de cobre que puedan haber quedado durante la instalación.

(3) El contorno del gabinete debe quedar totalmente limpio sin rastros de materiales sobrantes.

(4) El reporte fotográfico debe estar finalizado

Se debe realizar una inspección final en todo el sitio una vez finalizada la instalación, el colaborador debe cerciorarse que el sitio se encuentre limpio, es responsabilidad de cada colaborador retirar las cajas y empaques en donde vinieron los equipos y todos los residuos de materiales que hubieran quedado.

3.3.3.16.1. ACEPTACIÓN

Para requerir ATP, Huawei debe entregar los siguientes documentos:

- Reporte Fotográfico
- CDD
- SCM
- Survey Report (si es Sitio nuevo no se requiere Survey Report, ENTEL proveerá la Ficha de Proyecto) a la fecha de solicitud de ATP test.

Se deben entregar estos documentos en Formato Físico y Digital al Departamento O&M Regional ENTEL, y enviarlo en Formato Digital al Departamento O&M Nacional.

Una vez realizado el ATP con el Cliente ENTEL, Huawei debe entregar:

- ATP.
- Reporte de solución de Pendientes, en caso de haber observaciones en el ATP.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. CONCLUSIONES.

- Los procedimientos de etiquetado son métodos establecidos para prevenir que el quipo sea activado y ponga a los trabajadores en peligro.
- Es la sección de los equipos internos dentro del gabinete se determina un riesgos presentes en mayor magnitud como “Moderados” lo que indica que se deben de hacer esfuerzos para reducir el riesgo mediante una buena señalización de encintados con etiqueta de los cables de datos y energía.
- En la sección de la torre los equipos de RRUs y la ANTENA se determina que los riesgos presentes en mayor magnitud están valorados como “Moderados” lo que indica que se debe hacer un buen etiquetado.
- Este proyecto de igual manera es un gran aporte para la universidad tecnológica de la carrera electrónica telecomunicaciones, ya que puede ampliar de forma práctica todos los conocimientos importantes materias de la carrera de licenciatura sistemas de comunicación móvil, de esta manera promoviendo una manera didáctica de emplear todos los conocimientos teóricos e incentivar las investigaciones
- En la sección de los equipos en etiquetado se determina que los riesgos presentes en mayor magnitud están valorados como “Tolerables” lo que indica que se deben hacer esfuerzos para mejorar las acciones preventivas mediante un aumento en las medidas de control en el uso de protección personal.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar una inspección final en todo el sitio verificando que no falte las etiquetas en los equipos internos y externos más el etiquetado del sistema de energía y aterramiento
- Aplicar un mantenimiento anual para el etiquetado de los equipos internos y externos para no provocar fallas con el personal de mantenimiento.
- Implantar un norma de etiquetados para las instalaciones en las radio bases para la empresa Entel S.A. que sea un herramienta informativa para los conocimientos para personal de servicio.
- Impulsar una capacitación de señalización y etiquetado a las empresas de servicio para tener mayores conocimientos con alta precisión en las instalaciones de la radio base de la comunidad Vacelcia de la empresa Entel S.A. en los sitios de energía, aterramiento y transmisión de datos.
- Se recomienda es encontrarse a una distancia considerable al momento de realizar estos proyectos con dichos equipos, ya que al trabajar a altas frecuencias como las bandas celulares y encontrarse demasiado cerca puede ser un poco perjudicial para la salud.
- Se debe implantar una materia de seguridad industrial a la carrera electrónica para que los estudiantes tengan una mejor conocimiento de manejo de las normas precautelando su conocimientos hacia las instalaciones de los equipos en una radio base.

4.3. BIBLIOGRAFÍA

- Aretillo, J. A. (Diciembre 1996). Esénciales sobre Tecnología de Red ATM. En J. A. Aretillo, *Esénciales sobre Tecnología de Red ATM*. España : Conectronica N.13.
- Bonet, L. (2003). Gustave Alexandre Eiffel. En L. Bonet. German, French and Italian.: Düsseldorf : TeNeues.
- Bonet, L. (s.f.). Gustave Alexandre Eiffel.
- Caballero, J. M. (1998.). Redes de Banda Ancha. En J. M. Caballero, *Redes de Banda Ancha*. Barcelona, España: Marcombo.
- Cond, J. P. (2000). Hacking y Seguridad en comunicaciones móviles GSM / GPRS / UMTS / LTE. En J. P. Cond, *Hacking y Seguridad en comunicaciones móviles GSM / GPRS / UMTS / LTE*. Mexico: 2ª Edición.
- Enríquez Palomino Antonio, S. R. (2016). Seguridad industrial puesta en servicio, mantenimiento e inspección de equipos e instalaciones. En S. R. Enríquez Palomino Antonio, *Seguridad industrial puesta en servicio, mantenimiento e inspección de equipos e instalaciones*. Victoriano: Fundación Confemetal.
- Horst D. Clausen, H. L.-N. (Junio 1999.). Internet over direct broadcast satellites. En H. L.-N. Horst D. Clausen, *Internet over direct broadcast satellites*. Esatados Unidos : IEEE Communications Magazine.
- Huidobroid, J. M. (2012). Comunicaciones moviles: Sistemas gsm, umts y lte. En J. M. Huidobroid. Mexico : Alfaomega, Ra-Ma.
- Jose M, M.-V. (1997). La seguridad industrial fundamentos y aplicación. En M.-V. Jose M, *La seguridad industrial fundamentos y aplicación*. E.T.S.I.I., U.P.M.: Fundacion para el fomento de la innovación industrial.
- Méndez, K. C. (2015). TESIS ANÁLISIS DE UNA TORRE DE TELECOMUNICACIONES ATIRANTADA ANTE LOS EFECTOS DE

VIENTO: RELACIÓN DEL. *T E S I S QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:INGENIERO CIVIL*, 5,5,6,7,8.

- Ransom, N. a. (1999). Access Technologies: ADSL/VDSL, Cable MODEM, Fiber and LMDS. En N. a. Ransom, *Access Technologies: ADSL/VDSL, Cable MODEM, Fiber and LMDS*. New York: McGraw-Hill.

4.3.1. WEB.

- Entel. (Jueves de 15 Diciembre de 2016). <https://www.entel.bo/inicio3.0/index.php/presentacion1/historia>. Recuperado el 15 de Febreo de 2021, de <https://www.entel.bo/inicio3.0/index.php/presentacion1/historia>: <https://www.entel.bo/inicio3.0/index.php/presentacion1/historia>
- Guarachi, J. M. (29 de agosto de 2012). <https://www.buenastareas.com/ensayos/Historia-De-Las-Telecomunicaciones-En-Bolivia/5170521.html>. Recuperado el 15 de agosto de 2021, de <https://www.buenastareas.com/ensayos/Historia-De-Las-Telecomunicaciones-En-Bolivia/5170521.html>: e-mail: Usnayo.77@gmail.com
- Industrial, L. S. (01 de Abril de 2020). <https://www.euskadi.eus/presentacion-seguridad-industrial/web01-a2indust/es/>. Recuperado el 07 de Enero de 2021, de <https://www.euskadi.eus/presentacion-seguridad-industrial/web01-a2indust/es/>: <https://www.euskadi.eus/presentacion-seguridad-industrial/web01-a2indust/es/>
- INDUSTRIAL, L. V. (02 de Noviembre de 2020). <https://higieneyseguridadlaboralcvs.wordpress.com/2012/06/06/libro-virtual-de-higiene-y-seguridad-industrial/>. Recuperado el 9 de Febreo de 2021, de <https://higieneyseguridadlaboralcvs.wordpress.com/2012/06/06/libro-virtual-de-higiene-y-seguridad-industrial/>: <https://higieneyseguridadlaboralcvs.wordpress.com/2012/06/06/libro-virtual-de-higiene-y-seguridad-industrial/>
- Tecnico. (s.f.). <https://tec-mex.com.mx/breve-historia-de-las-etiquetas/>. Recuperado el 7 de Enero de 2021, de <https://tec-mex.com.mx/breve-historia-de-las-etiquetas/>: <https://tec-mex.com.mx/breve-historia-de-las-etiquetas/>
- Tráfico, H. y. (s.f.). https://www.sitographics.com/conceptos/temas/historia/Traffics_sign_history.ht

4.5. ANEXOS

















