

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO Y APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO SWAP GSM BASE STATION SUBSYSTEM (GBSS) PARA DIGITEL

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Petillo F., Pablo A.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO Y APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO SWAP GSM BASE STATION SUBSYSTEM (GBSS) PARA DIGITEL

PROFESOR GUÍA: Prof. Zeldivar Bruzual

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Mairehely Riera

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Petillo F., Pablo A.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES



CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 17 de junio de 2008

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Pablo A. Petillo F., titulado:

***“DISEÑO Y APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA
EJECUCIÓN DEL PROYECTO SWAP GSM BASE STATION SUBSYSTEM
(GBSS) PARA DIGITEL”***

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Tamara Pérez
Jurado

Prof. Carolina Regoli
Jurado

Prof. Zeldivar Bruzual
Prof. Guía



Edificio Escuela de Ingeniería Eléctrica, piso 1, oficina 201, Ciudad Universitaria, Los Chaguaramos, Caracas 1051, D.F.

TELÉFONOS. (VOZ) +58 212 6053300 (FAX) +58 212 6053105
Mail: eie-com@elecrisc.ing.ucv.ve

DEDICATORIA

A mis padres.

Lourdes Flores de Petillo y

Antonio Stefano Petillo Scienza

Con toda mi admiración y afecto
Esto es por ustedes y para ustedes.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

A Dios

A mis padres Lourdes y Antonio

A mi novia Yuliana Y. Carrasco F.

A mi tío Luis Flores G.

A todos ustedes muchísimas gracias por todo su apoyo, jamás lo olvidaré.

Petillo F., Pablo A.

**DISEÑO Y APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE DETALLE PARA
LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO SWAP GSM BASE STATION
SUBSYSTEM (GBSS) PARA DIGITEL**

Prof. Guía: Zeldivar Bruzual. Tutor Industrial: Ing. Mairehely Riera. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: Huawei Technologies Co. Ltd. 2007. 100h + anexos.

Palabras Claves: Global System for Mobile Communication; Base Transceiver Station; Ingeniería de Detalle; Instalaciones.

Resumen. El departamento de Ingeniería y Diseño (EDD) división Wireless, perteneciente a Huawei Technologies Co. LTD., requirió el diseño de la ingeniería de detalle para el proyecto Swap GBSS de DIGITEL. Con el propósito de enfrentar esa necesidad, se presentó una metodología documental con la cual se creó un compendio de procesos y documentos que sirvieron de herramientas para la factibilidad técnica de la sustitución, acondicionamiento y puesta en marcha de una red de 77 nodos BTS a nivel nacional, así como la creación de planes de trabajo, logística de aplicación de la documentación creada, gerencia estratégica de ejecución y de suministros. Adicionalmente, se realizó el análisis de cada una de las etapas de adquisición de datos de las estaciones (levantamientos) y de equipos. Todo esto permitió la integración y desarrollo armónico del trabajo multidisciplinario de un grupo de profesionales para responder a las necesidades, tanto del cliente como de la empresa que prestó el servicio de ingeniería. Después de aplicados los documentos, se logró sustituir y ampliar eficazmente la estructura física, la capacidad RF y el equipamiento de la red GSM de DIGITEL Valencia. Ello permitió la reducción de costos asociados al tiempo de instalación, excesos o carencia de materiales y disminución del tiempo total de ejecución del proyecto, además de crear un estándar en la documentación de ingeniería preliminar que está siendo aplicada por la compañía en proyectos similares.

ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN	
DEDICATORIA	
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE TABLAS.....	XIV
LISTA DE SIGLAS.....	XV
LISTA DE ACRÓNIMOS Y TÉRMINOS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 LA COMPAÑÍA.....	5
2.1.1 Reseña Histórica.....	5
2.1.2 Clientes.....	5
2.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA GERENCIA DE OPERACIONES (TSD)....	6
2.3 GSM.....	7
2.4 ARQUITECTURA DE LA RED GSM.....	7
2.4.1 La Estación Móvil o Terminal.....	8
2.4.2 La Estación-base.....	9
2.4.3 La BSC.....	9

2.4.4 El MSC:.....	9
2.4.5 El Home Location Register (HLR):	10
2.4.6 El Visitor Location Register (VLR):	10
2.4.7 El Equipment Identity Register (EIR) Y El Authentication Center (Ac).....	10
2.4.8 El Short Message System Center (SMSC).....	10
2.5 INGENIERÍA DE DETALLE	11
2.6 LEVANTAMIENTO (SITE SURVEY)	11
2.7 INGENIERÍA PRELIMINAR	12
2.8 INGENIERÍA FINAL	12
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA INGENIERIA DE DETALLE.....	13
3.1 CARACTERISTICAS DEL PROYECTO	13
3.2 IDENTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO	14
3.3 IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS Y DINÁMICA DEL PROYECTO.....	15
3.3.1 Dinámica de ejecución del proyecto	18
3.4 DISEÑO DE DOCUMENTOS	20
3.4.1 Etapa 1. Determinación de las necesidades de documentación.	21
3.4.2 Etapa 2. Diagnóstico de la documentación en la organización.....	24
3.4.3 Etapa 3. Creación del sistema documental.....	25
3.4.4 Etapa 4. Elaboración de los documentos.....	32
3.4.4.1 Documento Principal	32
Información General del Equipo Radio Base	33
Transmisión	34
Consideraciones para acceso al sitio	36
Información general de infraestructura.....	37
Sistema radiante.....	40
Información general de energía	41
Adecuación del sitio	43
3.4.4.2 Planos.....	46

Vista General	46
Vista Losa/Shelter/Plataforma	46
Vista Detalle Plataforma Metálica	47
Vista Pasos	47
3.4.4.3 Memorias Fotográficas	48
3.4.4.4 Diagrama de Interconexión RF	49
3.4.4.5 Diagrama de Interconexión de Estaciones	49
3.4.4.6 Instrumento de Medición Final	49
As Built	49
Encuesta	53
3.4.5 Etapa 5. Aplicación del sistema documental	53
3.5 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO	59
3.6 INSTALACIONES DE SUSTITUCIÓN	59
3.7 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS A USAR Y DE AQUELLOS PRESENTES EN LAS ESTACIONES DEL PROYECTO	60
3.7.1 Equipos BTS Huawei a Usar	61
Capacidad	62
Características de Interconexión	62
Reloj y Sincronización	62
Antenas	63
Alimentación Eléctrica	63
Operación en Múltiples Bandas de Frecuencia	64
Dimensiones y Pesos	64
BTS 3012 (Indoor - Interiores)	65
BTS 3012AE (Outdoor - exteriores)	66
INFORMACIÓN DE INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS HUAWEI	67
BTS 3012 (Modelo Indoor - interiores)	67
BTS 3012AE (Outdoor - exteriores)	67

3.7.2 EQUIPOS SIEMENS BTS EXISTENTES	67
BTS Siemens BS-241	68
BTS Siemens BS-240	69
BS-240XL	70
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	72
4.1 Modelo de Ingeniería de Detalle	72
4.2 Modelo de Plano	73
4.3 Modelo de Memoria Fotográfica	74
4.4 Modelo de AS BUILT (instrumento de medición final)	76
4.5 Resultados de La Encuesta	76
4.6 Variación de Costos de instalación en la ejecución y servicios de ingeniería preliminar	79
4.7 Tiempo de ejecución del proyecto	83
4.8 Cambios en la red	87
4.8.1 Aumento del número de antenas	88
4.8.2 Aumento de portadoras (TRx) en la red	89
4.8.3 Cantidad de Gabinetes por estaciones (sites)	89
4.8.4 Sitios a los cuales se le habilitó la tec. de acceso a datos EDGE	90
4.8.5 Tiempo de autonomía	90
4.8.6 Uso de nuevos filtros	90
4.8.7 Uso de nuevos rectificadores	91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
BIBLIOGRAFÍA	99
APÉNDICES	
APÉNDICE 1: Mod. de doc.: Ingeniería Preliminar (documento principal)	101
APÉNDICE 2: Mod. de doc.: Ingeniería Final (As Built)	111
APÉNDICE 3: Mod. de doc.: Instrumento de Medición (Encuesta)	121

APÉNDICE 4:	Tabla de Consumo de Potencia de las estaciones.....	124
APÉNDICE 5:	Correo electrónico que evidencia el impacto en la reducción de tiempo del proyecto por directivos de Huawei en China.....	128
APÉNDICE 6:	Descripción del servicio de ing. adquirido por Huawei Technologies para el proyecto.....	130
APÉNDICE 7:	Procedimientos de sustitución.....	135

ANEXOS

ANEXO 1:	Ingeniería preliminar Estación Florida.....	138
ANEXO 2:	Diagrama de interconexión Estación Güigüe.....	148
ANEXO 3:	Diagrama de interconexión RF Estación El Morro.....	150
ANEXO 4:	Memoria Fotográfica Estación San Diego II.....	152
ANEXO 5:	Ingeniería Final (As Built) Estación San Diego.....	168
ANEXO 6:	Plano y vistas Estación La Encrucijada.....	177

LISTA DE FIGURAS

FIGURA N° 1. ESTRUCTURA DE EDD	6
FIGURA N° 2. ARQUITECTURA DE LA RED GSM	8
FIGURA N° 3. DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DE UN PROYECTO DE INGENIERÍA	11
FIGURA N° 4. DISTRIBUCIÓN DE LUGARES A SUSTITUIR.....	13
FIGURA N° 5. DIVISIÓN DE RESPONSABILIDADES DE SUMINISTROS DE BTS	14
FIGURA N° 6. DIVISIÓN DE RESPONSABILIDADES DE SUMINISTROS DE BTS INTERIORES (INDOOR)	14
FIGURA N° 7. DIAGRAMA DE LA ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO	15
FIGURA N° 8 . DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO DE LOS REQUERIMIENTOS PARA LA DOC.....	16
FIGURA N° 9 . DIAGRAMA DE FLUJO HUAWEI-CONTRATISTA-DIGITEL Y USO DE DOCUMENTOS.....	19
FIGURA N° 10. ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO APLICADA	21
FIGURA N° 11. DIAGRAMA DE LA GESTIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	27
FIGURA N° 12. DIAGRAMA GENERAL TENTATIVO DEL USO FINAL DEL PRODUCTO DEL DISEÑO	28
FIGURA N° 13. DIAGRAMA DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN	28
FIGURA N° 14. DIAGRAMA DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA ELABORACIÓN	28
FIGURA N° 15. DIAGRAMA DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA REVISIÓN	29
FIGURA N° 16. DIAGRAMA DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA APROBACIÓN.....	29
FIGURA N° 17. DIAGRAMA DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA COMPROBACIÓN...	31
FIGURA N° 18. DIAGRAMA DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA MODIFICACIÓN.....	31
FIGURA N° 19. DIAGRAMA DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE DEROGACIÓN Y/O	

DESTRUCCIÓN DE DOCUMENTOS.....	32
FIGURA N° 20. DIAGRAMA DE INFORMACIÓN GENERAL DEL EQUIPO RADIO BASE ..	33
FIGURA N° 21. DIAGRAMA SISTEMA DE TRANSMISIÓN CELDA GSM.....	34
FIGURA N° 22. EJEMPLO DE RADIOS MICROONDAS Y REGLETAS PRESENTES EN LAS CELDA S	35
FIGURA N° 23. DIAGRAMA DE LOS REQUERIMIENTOS DE LOGÍSTICA DE ACCESO	36
FIGURA N° 24. CONSIDERACIONES DE ACCESO AL SITIO	37
FIGURA N° 25. DIAGRAMA INFORMACIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA	38
FIGURA N° 26. TIPOS DE ESTRUCTURA DE SOPORTE	39
FIGURA N° 27. USO DE LOS MONTANTES EN LAS ESTRUCTURAS DE SOPORTE.	39
FIGURA N° 28. DIAGRAMA ORGANIZATIVO Y DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA RADIANTE.....	40
FIGURA N° 29. RECORRIDO DE JUMPERS Y GUÍAS DE ONDAS CON SU CONEXIÓN.....	41
FIGURA N° 30. DIAGRAMA DEL ORGANIZACIONAL Y DE REQUERIMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA.....	42
FIGURA N° 31. INFORMACIÓN GENERAL DE ENERGÍA	43
FIGURA N° 32. EJEMPLOS DE ADECUACIONES DE CELDAS	45
FIGURA N° 33. DIAGRAMA DE LA ESTRUCTURA Y CONTENIDO ASBUILT	50
FIGURA N° 34. PLAN DE TRABAJO EN LA APLICACIÓN DOCUMENTAL.....	57
FIGURA N° 35. BTS 3012.....	65
FIGURA N° 36. BTS 3012AE	66
FIGURA N° 37. BTS SIEMENS BS-241	68
FIGURA N° 38. BTS SIEMENS BS-240.....	70
FIGURA N° 39. BTS SIEMENS BS-240XL	71
FIGURA N° 40. CANTIDAD DE TRXS INSTALADAS Y EXISTENTES PREVIAS A LA SUSTITUCIÓN	89
FIGURA N° 41. ESTACIONES Y LA VARIACIÓN DE GABINETES BTS.....	90
FIGURA N° 42. PORCENTAJES DE ESTACIONES CON NUEVOS SISTEMA DC	92

LISTA DE TABLAS

TABLA N° 1. UBICACIÓN Y EQUIPOS INSTALADOS EN EL PROYECTO	13
TABLA N° 2. ESTACIONES A LAS CUALES SE REALIZÓ LA SUSTITUCIÓN DE BTS	54
TABLA N° 3. DIVISIÓN DE ACTIVIDADES HUAWEI/CONTRATISTA	60
TABLA N° 4. DIMENSIONES DE LA BTS 3012	65
TABLA N° 5. PESO DE LA BTS 3012	65
TABLA N° 6. DIMENSIONES DE LA BTS 3012AE	66
TABLA N° 7. PESO DE LA BTS 3012AE	66
TABLA N° 8. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BTS SIEMENS MOD. BS-241	69
TABLA N° 9. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BTS SIEMENS BS-240	70
TABLA N° 10. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BTS SIEMENS BS-240XL	71
TABLA N° 11. CARACTERÍSTICAS Y FORMATO DEL MOD. DEL DOC. PRINCIPAL	72
TABLA N° 12. CARACTERÍSTICAS Y FORMATO DEL MOD. DEL DOC. PLANO	74
TABLA N° 13. CARACTERÍSTICAS Y FORMATO DEL MOD. DEL DOC. MEM. FOT.	75
TABLA N° 14. CARACTERÍSTICAS Y FORMATO DEL MODELO DEL DOCUMENTO AS BUILT	76
TABLA N° 15. RESULTADOS DE LA ENCUESTA APLICADA	77
TABLA N° 16. ESTACIONES DEL PLAN PILOTO OCCIDENTE DIGITEL Y COSTO.....	80
TABLA N° 17. ESTACIONES DE MUESTRA DEL PROYECTO GBSS DIGITEL VALENCIA	81
TABLA N° 18. TIEMPOS DE EJECUCIÓN DIGITEL OCCIDENTE Y GBSS VALENCIA .	85
TABLA N° 19. COMPARACIÓN ENTRE BTS EXISTENTES Y LAS HUAWEI A INSTALAR	88
TABLA N° 20. SITIOS CON FILTROS Y SUS CONFIGURACIONES	91
TABLA N° 21. SISTEMA DE ENERGÍA DC A USAR.....	92

LISTA DE SIGLAS

U.C.V: Universidad Central de Venezuela

CANTV: Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela

CONATEL: Comisión Nacional de Telecomunicaciones

SOW: Alcance de trabajo (de sus siglas en inglés *Scope of Work*)

LISTA DE ACRÓNIMOS Y TÉRMINOS

BTS: Base Transceiver Station (Estación Transmisora Receptora)

BSC: Base Station Controller (Estación Base Controladora)

DDF: Digital Distribution Frame (Equipo Digital de Distribución)

GERAN: GSM EDGE Radio Access Network (GSM EDGE Red de Radio Acceso)

GSM: Global System Mobile (Sistema Móvil Global)

Indoor: Término en inglés que significa *Interior*

Jumpers: Guía de onda de media pulgada con una longitud máxima de 3 m

LTD: Limited company

MSC: Mobile Services Switching Center

Outdoor: Término en inglés que significa *Exterior*

RF: Radio Frequency

Swap: Término en Inglés que significa *Sustitución o cambio*

Shelter: Término en Inglés que se le da a la estructura de resguardo de celdas de tecnología celular; se suele usar en estaciones exteriores

TRX: Transmitter and Receiver unit (unidad transmisora receptora)

S(x,y,z): Sector 1 compuesto por “X” TRXs, Sector 2 compuesto por “Y” TRXs y Sector 3 compuesto por “Z” TRXs.

INTRODUCCIÓN

La ejecución de un proyecto implica el análisis de todos los elementos que generarán algún tipo de impacto sobre el mismo, con el fin de evitar cualquier efecto indeseable en su desarrollo. Se debe, además, unificar criterios de distintas áreas de la ciencia e ingeniería que se aplicarán, así como criterios técnicos y de calidad entre empresa-clientes y empresa-contratistas para obtener un producto final que sea eficiente y permitir obtener la mayor cantidad de beneficios posibles.

Por ello, al instrumentar una sustitución y aumento de capacidad en una red de telefonía móvil en expansión -como es el caso de la red GSM/EDGE DIGITEL- es necesario concentrar todos los requerimientos tanto del cliente como de la empresa proveedora, en función de lograr la armonía en la evolución del proyecto y permitir la factibilidad técnica de su ejecución.

La forma de agrupar procesos que permitan el desarrollo de la red y la elaboración de la documentación necesaria que contemple todas las necesidades y parámetros en cuestión se conoce como **Ingeniería de Detalle**. Con el presente Trabajo Especial de Grado, se pretende describir todo el proceso de creación e implementación de un modelo de Ingeniería de Detalle que permita establecer la factibilidad técnica y la posterior ejecución del proyecto de sustitución tecnológica y de equipos en cada una de las celdas pertenecientes al proyecto de la red GSM Digitel-Valencia. La puesta en práctica estará a cargo del primer departamento creado específicamente para prestar este tipo de servicios dentro de la empresa transnacional de telecomunicaciones Huawei Technologies Co.,Ltd., en Venezuela, a fin de obtener un producto eficaz y de utilidad.

Este Trabajo Especial de Grado está compuesto por cuatro capítulos. En el primero, se plantean la problemática presente y los objetivos tanto generales como específicos.

En el segundo, se realiza una revisión conceptual y teórica de cada uno de los elementos necesarios para dar una idea del marco en el cual se encuentra el proyecto. Se busca, así, iniciar al lector en las posteriores discusiones y se ofrece una vista general de la compañía donde se desarrolló el proyecto.

En el tercero, se expone la metodología empleada para conseguir la solución que se contempla. Para ello, se explica, por una parte, cada una de las actividades que sirvieron de sustento para definir los parámetros utilizados y, de esta manera, desarrollar los procesos, y por la otra, se presenta toda la documentación de la Ingeniería de Detalle.

En el cuarto, se muestra cada una de las herramientas creadas, se indica cómo se realizó la aplicación de las mismas y se argumentan los resultados obtenidos y las modificaciones que experimentó la red GSM DIGITEL en el estado Carabobo.

Por último, se plasma una serie de conclusiones y recomendaciones generadas a medida que se desarrollaba la presente investigación y elaboración del modelo de Ingeniería de Detalle, con el fin de estandarizar las instalaciones para este proyecto.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

Según estimaciones hechas por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) [1], Venezuela alcanzará el 100% de penetración del mercado de telefonía celular para el cierre del año 2008. Dicha tendencia ha estimulado el desarrollo de estrategias de expansión en operadoras de telefonía celular como Digitel, cuyas operaciones han experimentado un incremento de 60%, en tan sólo un año, para convertirse en la empresa de telecomunicaciones con mayor crecimiento en 2007. De acuerdo con informaciones de tecnologías móviles [2], el aumento sostenido que se ha venido notando en Digitel desde que sus operaciones cuentan con cobertura nacional se ve reflejado en los cinco millones de clientes para el año 2007. Se instalaron aproximadamente 260 nuevas BTS, para mejorar su plataforma tecnológica y ampliar su capacidad. Según Luis Bernardo Pérez, vicepresidente ejecutivo de Digitel citado en Business Week [3], dicho proceso de expansión implica mantener la relación inversión-beneficio adecuada a sus expectativas de ganancias.

Huawei Technologies LTD, se encuentra actualmente en la fase de penetración del mercado venezolano como proveedor de tecnología a grandes operadores de telefonía móvil y fija. Cuenta, para ello, con una gama de productos que se resume en cuatro áreas de negocios: Transmisión, Redes Fijas, Datacom y Wireless. En adición, los productos de Huawei incluyen equipos inalámbricos (HSDPA/WCDMA/EDGE/GPRS/GSM, CDMA2000 1x EVDO/CDMA2000 1X, TD-SCDMA, WiMAX) y plataformas compartidas de

alta calidad y desempeño, así como soluciones con precios competitivos.

Sobre esta base y dentro del plan principal de Huawei para el desarrollo del proyecto de sustitución GBSS para Digitel, se crea el Departamento de Ingeniería y Diseño, que dictamina la necesidad de realizar un conjunto de instrumentos que permita un trabajo extenso de Ingeniería de Detalle. Se espera recopilar toda la información técnica, los requerimientos del proveedor y los procesos -tanto internos como externos- que deberían ser estimados en la instalación tipo sustitución (swap) de 77 nodos BTS con tecnología GSM/EDGE para luego ser aplicados procurando el correcto desarrollo e implementación del proyecto. Así mismo se aspira detectar los requerimientos para crear los modelos de documentos y sus formatos que servirán de base para estudios de ingenierías de detalle a realizar para otros proyectos dentro del departamento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un modelo de ingeniería de detalle de setenta y siete (77) nodos BTS para el proyecto GBSS para Digitel.

1.2.2 Objetivos Específicos

- I.** Recopilar información referente al proyecto y de las necesidades de documentación para el modelo de ingeniería de detalle.
- II.** Examinar el proceso de elaboración de ingenierías de detalle.
- III.** Elaborar diagramas de flujo donde se puedan identificar etapas de ejecución del proyecto y diseño de la documentación.
- IV.** Aplicar el modelo propuesto de ingeniería de detalle.
- V.** Evaluar el modelo de ingeniería de detalle propuesto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 La Compañía: Huawei Technologies. Co. Ltd.

2.1.1 Reseña Histórica

Huawei Technologies de Venezuela es una empresa proveedora global de redes de telecomunicaciones, comprometida a proveer productos, servicios y soluciones innovadoras personalizadas para crear valor a largo plazo y crecimiento potencial para sus clientes. Los productos y servicios de Huawei son distribuidos en más de 100 países y sirven a 28 de los 50 operadores más importantes del mundo, así como a más de un millardo de usuarios a nivel global. Los productos de Huawei incluyen redes inalámbricas, redes fijas, servicios de valor agregado, terminales móviles y fijos.

La sucursal Huawei Venezuela (sólo para ventas de equipos) fue creada en el año 2001. Las oficinas están en Caracas, Maracaibo, Puerto La Cruz, Barquisimeto, Porlamar y Valencia. El centro de capacitación está ubicado en la ciudad de Caracas. Huawei ofrece las soluciones para las tecnologías NGN, DWDM, NG-SDH, GSM, CDMA850 y CDMA450.

2.1.2 Clientes

Huawei Venezuela provee servicios a las principales empresas de telecomunicaciones del país, como CANTV/Movilnet, DIGITEL GSM, Movistar-Telefónica y CVG Telecom. También colabora con importantes instituciones gubernamentales como el Ministerio Popular para la Educación, el Ministerio Popular para la Defensa y PDVSA.

2.2 Estructura organizacional de la gerencia de operaciones (TSD)

Dentro de la estructura de la empresa, se encuentra el departamento de Ingeniería y Diseño (de sus siglas en inglés *EDD*), en el cual se desarrolló el presente Trabajo Especial de Grado (a partir de ahora, T.E.G.). El citado departamento fue creado en enero de 2006. A partir de ese momento, se ha convertido en un grupo de trabajo de alto nivel técnico que pertenece a Technical Support Department (TSD).

La figura 1 muestra el organigrama que ilustra la estructura del departamento de ingeniería y diseño EDD.

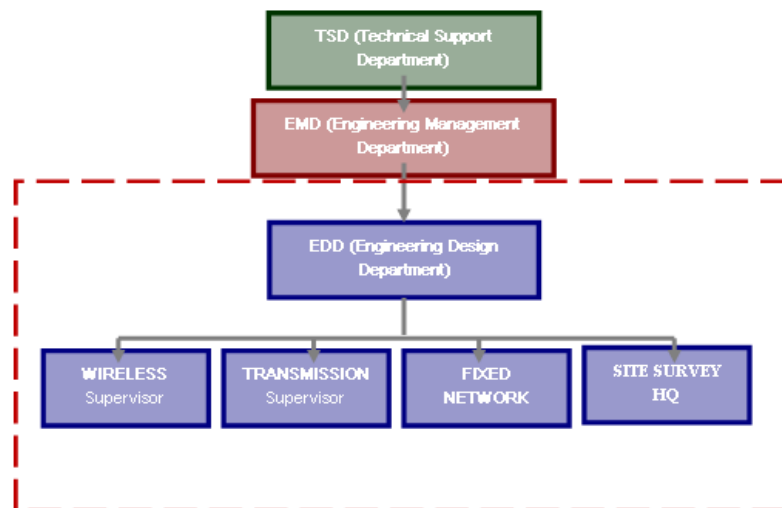


Figura N° 1. Estructura de EDD [4]

Este departamento tiene como misión principal el desarrollo de proyectos llave en mano a gran escala: por tanto, vela y es miembro activo en cada uno de los procesos que ahí se desarrollan. Estos procesos van desde la etapa de inspección y elaboración de ingenierías preliminares hasta la fase de cierre con la elaboración de las ingenierías finales. Obviamente, esta organización facilita, a la empresa, la venta, aprobación, instalación y el funcionamiento efectivo de

cada uno de sus productos en las distintas plataformas tecnológicas que conforman las soluciones ofrecidas a su cartera de clientes.

Orientados bajo este precepto, la línea de Wireless (Redes Inalámbricas) de EDD trabaja constantemente para satisfacer las necesidades propias de clientes como Movilnet, Movistar y DIGITEL en sus redes de telefonía móvil.

2.3 GSM [5]-[6]

Global System for Mobile communications, nombre en inglés que significa *Sistema Global para las Comunicaciones Móviles*, era conocido anteriormente como "*Group Special Mobile*" (GSM, Grupo Especial Móvil). Hoy en día, es un estándar mundial para teléfonos móviles digitales. El mismo fue creado por la CEPT (siglas de su nombre en francés *Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications*) y posteriormente fue desarrollado por ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones) como un estándar para los teléfonos móviles europeos, con la intención de desarrollar una normativa que fuese adoptada mundialmente. Es abierto, no propietario y evolutivo (aún en desarrollo). Es mayoritario en Europa, así como en el resto del mundo.

GSM tiene cuatro versiones principales basadas en las bandas GSM-850, GSM-900, GSM-1800 y GSM-1900. En lo que respecta a las bandas GSM-900 (900 MHz) y GSM-1800 (1,8 GHz). El sistema GSM se puede dedicar tanto a voz como a datos.

Las implementaciones más veloces de GSM se denominan GPRS y EDGE, también conocidas como generaciones intermedias o 2.5G, las cuales conducen hacia la tercera generación 3G o UMTS.

2.4 Arquitectura de la red GSM

Una red GSM es constituida por tres elementos: el terminal, la estación-base

(BSS) y el subsistema de red o nodo. Adicionalmente, existen centros de operación establecidos por las operadoras para monitorizar el estado de la red.

La figura 2 presenta un gráfico donde se puede apreciar la topología de una red común GSM.

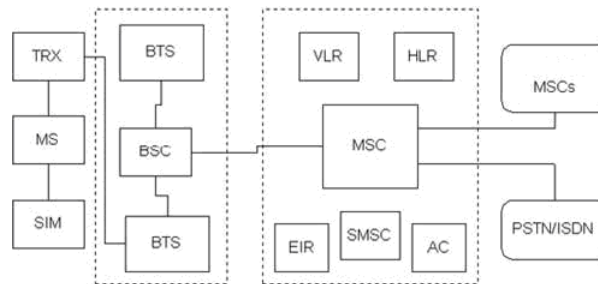


Figura N° 2. Arquitectura de la red GSM [7]

BSS: Base Substation System (Sistema de Subestación de Base).

TRX: Transceiver.

EIR: Equipment Identity Register (Registro de Identificación del Equipo).

MS: Mobile Station (Estación Móvil).

AC: Authentication Center (Central de Autenticación).

SIM: Subscriber Identity Module (Módulo de Identificación de Suscriptor).

HLR: Home Location Register (Registro de Localización de Llamada).

BTS: Base Transceiver Station (Estación Transreceptora de Base).

BSC: Base Station Controller (Estación Base de Control).

MSC: Mobile Switching Center (Central Intercambiadora de Servicios Móviles).

VLR: Visitor Location Register (Registro de Localización del Visitante).

ISDN: Integrated Services Digital Network (Red Digital de Servicios Integrados).

PSTN: Public Switched Telephone Network (Red Telefónica Analógica Pública).

SMSC: Short Message System Center (Central de Sistema de Mensajes Cortos).

2.4.1 La Estación Móvil o Terminal:

La estación móvil contiene la tarjeta SIM, que es utilizada para identificar al usuario dentro de la red. El SIM confiere movilidad personal al usuario de la tarjeta, pues le permite acceder a los servicios de la red independientemente del teléfono móvil que use o de su localización. El SIM puede ser protegido contra uso indebido a través de un código (PIN) que debe ser marcado cada vez que se conecta el móvil con el SIM. Existe, además, un número que identifica cada terminal individualmente, denominado *International Mobile Subscriber Identity* (IMEI), pero que es independiente del SIM. [8]

2.4.2 La Estación-Base:

La estación-base controla la radio-conexión entre el teléfono móvil y la red y es también conocida como *célula*, debido a que cubre una determinada área geográfica. Una BSS esta compuesta por dos elementos: el BTS (Base Transceiver Station) y el BSC (Base Station Controler). Cada BSS puede tener una o más BTS. Las BTS albergan el equipo de transmisión / recepción (los TRX o transceivers) y gestionan los protocolos de radio con el terminal móvil.

2.4.3 La BSC:

La BSC administra los recursos de radio de una o más BTS. Entre sus funciones, se incluyen el handoff (que ocurre cuando el usuario se mueve de una célula a otra, permitiendo que la conexión se mantenga), el establecimiento de los canales de radio utilizados y los cambios de frecuencias. Asimismo, establece la conexión entre el móvil y el Mobile Service Switching Center (MSC), es decir, el corazón del sistema GSM.

2.4.4 El MSC:

El MSC es el centro de la red, a través del cual se efectúa la unión entre una llamada realizada desde un móvil hacia las otras redes fijas (analógicas PSTN o digitales ISDN) o móviles. El nodo en el que se encuentra posee, además, una

serie de equipos destinados a controlar varias funciones como el cobro del servicio, seguridad y envío de mensajes SMS.

2.4.5 El Home Location Register (HLR):

El HLR contiene toda la información administrativa sobre el cliente y la localización actual del terminal. A través del HLR, la red verifica si un móvil que se intenta conectar a la red posee un contrato de servicio válido. [8]

2.4.6 El Visitor Location Register (VLR):

El VLR es utilizado para controlar el tipo de conexiones que un terminal puede realizar. Por ejemplo, si un usuario posee restricciones en las llamadas internacionales, el VLR impide que éstas sean hechas, bloqueándolas y enviando un mensaje de vuelta al teléfono móvil con información para el usuario.

2.4.7 El Equipment Identity Register (EIR) Y El Authentication Center (AC):

Tanto el EIR como el AC son utilizados para garantizar la seguridad del sistema. El EIR posee una lista de IMEI de terminales que han sido declarados como robados o que no son compatibles con la red GSM. Si el teléfono móvil está en esa lista negra, el EIR no permite que se conecte a la red. Dentro del AC hay una copia del código de seguridad del SIM. Cuando ocurre la autorización, el AC genera un número aleatorio que es enviado para el móvil. Posteriormente, los dos aparatos utilizan ese número, junto al código del SIM y un algoritmo de encriptación denominado A3, para crear otro número que es remitido de nuevo para el AC. Si el número facilitado por el terminal es igual al calculado por el AC, el usuario es autorizado a usar la red.

2.4.8 El Short Message System Center (SMSC):

El SMSC es responsable de generar los mensajes cortos de texto. Otros equipos utilizados en redes GSM pueden adjuntar el recaudo de llamadas, la conexión a internet, la caja de mensajes de voz, entre otros.

2.5 Ingeniería de Detalle

Es un conglomerado de procesos y documentos cuya finalidad es facilitar al cliente las características funcionales de un sitio sin tener que visitarlo. Contempla, así mismo, una propuesta de diseño que permita la implementación de la solución, basada en la plataforma tecnológica a la que pertenezca. [9]

Es importante reconocer en qué parte se ubica la Ingeniería de Detalle dentro de un proyecto. Para ello, la figura 3 presenta un diagrama general ilustrativo que contempla los aspectos referentes a la Ingeniería de Detalle.

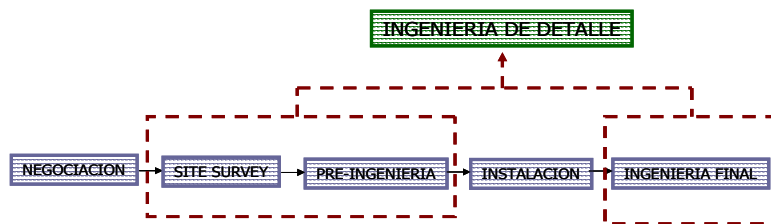


Figura N° 3. Diagrama de flujo general de un proyecto de ingeniería

2.6 Levantamiento (Site Survey)

El proceso del levantamiento (Site Survey) consiste en la realización de una recopilación de datos de forma exhaustiva (incluye mediciones de estructuras civiles, plataformas, torres, sistema radiante, etc.) de una sala o celda, con el fin de definir sus características. Este proceso es el primer paso para la elaboración de la Ingeniería de Detalle, pues facilita toda la información del sitio, a partir de la cual se puede empezar a elaborar la ingeniería como tal.

Después de haber recopilado los datos propios de la celda, se realiza un reporte de inspección acompañado con una cantidad considerable de fotografías

que permitan corroborar la veracidad del informe. En el área de las redes inalámbricas, este reporte debe contener la investigación referente a la logística de acceso y a la planimetría del sitio. Esta última, a su vez, debe proporcionar las condiciones de la infraestructura, así como la ubicación de los equipos de la red en funcionamiento, la torre, el sistema radiante, alcantarillas de energía y puesta a tierra, escalerillas, barras de tierra, equipos de energía, equipos de radio, losas, shelters, entre otros elementos.

2.7 Ingeniería Preliminar

La ingeniería preliminar consiste en la preparación del conjunto de documentos que definen un determinado trabajo o proceso, en forma tal que una persona distinta al autor pueda dirigir y ejecutar la labor con arreglo a esos instrumentos. Tiene como resultado describir la solución adoptada con las justificaciones técnicas, administrativas y económicas correspondientes, los esquemas detallados y requeridos para la ejecución del proyecto, la lista de materiales y equipos, y las especificaciones técnicas generales y particulares establecidas para la realización de los trabajos. [10]

2.8 Ingeniería Final

La ingeniería final o cierre es el último paso en el proceso de Ingeniería de Detalle. Ella valida la propuesta efectuada a nivel de pre-ingeniería, después de haber ocurrido la instalación. Por lo general, esta etapa implica un levantamiento de datos de la celda involucrada. Sin embargo, se puede prescindir del mismo, si el equipo de campo decide, al momento de culminar la instalación, superponer, sobre la documentación de pre-ingeniería, la información referente a cómo quedó dispuesto el sitio (As Built) y realiza un reporte fotográfico al respecto.

En la figura 4, se presenta el mapa perteneciente al estado Carabobo donde se puede apreciar la distribución de las estaciones en sustitución. Las figuras 5 y 6 presentan dos diagramas donde se indica -de forma gráfica- la división de responsabilidades adquiridas por Huawei y Digitel, referentes al suministro de materiales y equipos en la sustitución.

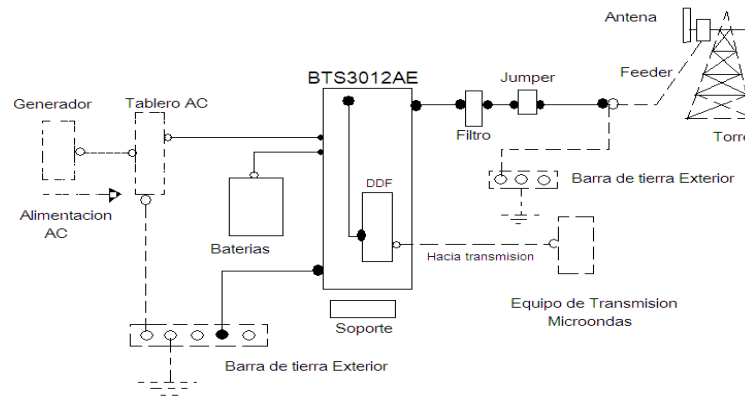


Figura N° 5. División de responsabilidades de suministros de BTS (exteriores)

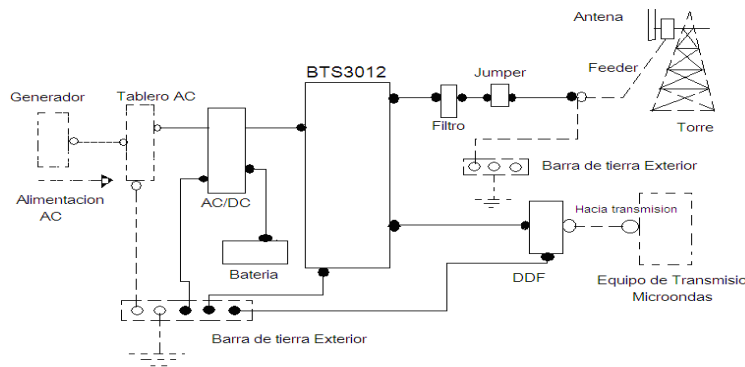
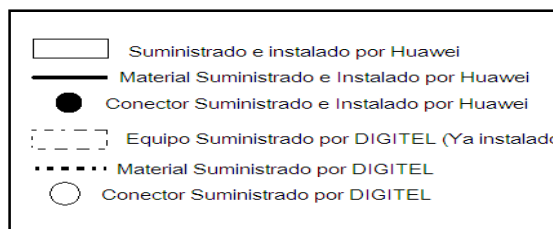


Figura N° 6. División de responsabilidades de suministros de BTS interiores (indoor)



Legenda de las figuras 5 y 6.

3.2 Identificación de la Organización del Proyecto

La identificación previa de la estructura organizacional del proyecto permite,

por una parte, visualizar y ordenar correctamente el plan de trabajo. Por otra parte, facilita la adecuada comprensión e internalización de las vías de comunicación dispuestas en la compañía entre departamentos, personal encargado y equipos para responder a las necesidades del proyecto, dentro de las etapas del diseño y aplicación de la documentación de ingeniería preliminar.

En la figura 7, se procede a identificar tanto los departamentos involucrados en la implementación del proyecto como su organización administrativa.

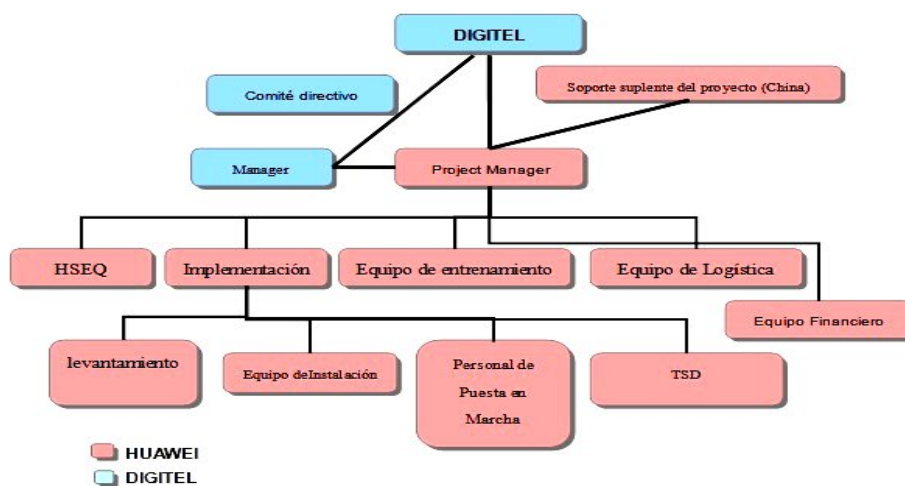


Figura N° 7. Diagrama de la organización del proyecto [4]

Debe señalarse que los departamentos y personal involucrados en la instrumentación del proyecto fueron el departamento de Levantamiento o Site Survey, el departamento de Ingeniería y Diseño (EDD) en la creación de la documentación y aplicación de los mismos para la puesta en marcha, el equipo instalador (Huawei) y la empresa contratista.

3.3 Identificación de Requisitos y Dinámica del Proyecto

Para el diseño del documento principal y de los posibles documentos de apoyo, se identificó la dinámica de requerimientos y del uso de la información en cada etapa. Así mismo, se tomó en cuenta el análisis de los compromisos adquiridos con DIGITEL, las necesidades estratégicas de Huawei para reducir los

costos (materiales y equipos que debían ser importados) y la distribución del personal dentro del desarrollo del proyecto. En la figura 8, se presenta el diagrama de flujo donde se identifican los requisitos y la dinámica de ejecución del proyecto.

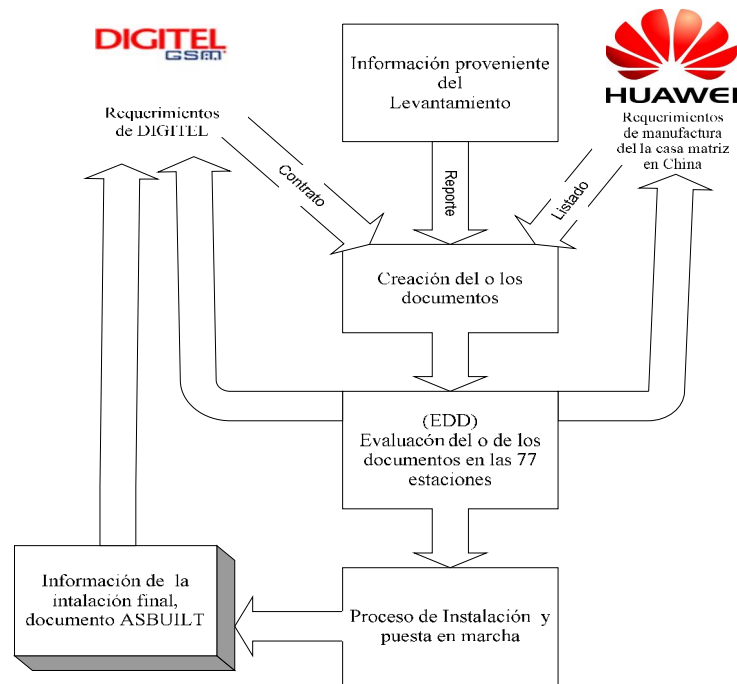


Figura N° 8 . Diagrama general de flujo de los requerimientos para la documentación

En el diagrama de flujo mostrado en la figura 8, se puede observar la existencia de documentos como el contrato del proyecto, el reporte del levantamiento, el TEMPLATE (formulario de carácter confidencial usado para las importaciones dentro de la compañía Huawei) y los reportes finales. Desde luego que estos escritos se pueden clasificar como entradas externas al proceso de creación de documentación para la ingeniería preliminar, pero está claro que representan el marco referencial para la logística de diseño.

- **Levantamiento**

Inicialmente, se procedió a realizar un compendio de datos en el cual se

resumieran y armonizaran los puntos de mayor interés en la fase inicial de ejecución del proyecto: los equipos de sustitución, los materiales para la adecuación y su correcta instalación. Posteriormente, se recopilaban los datos provenientes de los levantamientos y se indicaron aquellos materiales, equipos, características de la estación, planimetría (entre otros) que se encontraban en la celda visitada. Finalmente, se creó una base fotográfica de las estaciones para la ulterior utilización de la misma.

- **Reuniones con personal de operaciones (Huawei y contratista)**

Se discutió sobre la logística de transporte y acceso tanto con la empresa contratista como con los gerentes del proyecto. Se determinó que -dentro de la información contenida en las ingenierías preliminares de cada estación- se debía indicar el nivel de peligrosidad de la zona donde se encontraban las estaciones. Este aspecto fue un requerimiento del personal de transporte e instalación, para quienes significaba un punto de honor.

La principal petición presente en dichas reuniones y, de hecho, su hilo conductor resultó ser la exigencia de la ejecución de las instalaciones en el menor tiempo posible. Para lograrlo, se planteó la elaboración de un estudio y plan de visitas a las estaciones con el objeto de identificar los días y los horarios más convenientes para realizar el trabajo. La idea era evitar visitas a las estaciones en horarios donde no se pudiese instalar y, por ende, enfrentarse a retrasos en el proyecto. Se generó, por tanto, un renglón dentro del documento principal con dicha información. Véase el punto 3.4.4.1, para mayor detalle.

- **Estudio y análisis de las funciones de los equipos en la red**

Continuando con el proceso de identificación de requisitos, se procedió a analizar el funcionamiento de una celda GSM BTS. De esta manera, se logró la enumeración de elementos de suma importancia para la instalación de las BTS.

El objetivo era cotejarlos con la información procedente del levantamiento de las estaciones, pues inicialmente no fueron tomados en cuenta por no ser responsabilidad adquirida de la empresa (ver figuras 5 y 6). Se suponía que estos insumos debían estar en las estaciones al ser suministrados por DIGITEL. Sin embargo, no se encontraban en la estaciones y, en consecuencia, debían ser procuradas para la correcta instalación y operación de la celda GSM.

- **Reportes iniciales**

Provenientes del levantamiento o Site Survey (SS), se generaron dos reportes. El primero fue muy básico y sólo planteaba, sin entrar en detalles, los equipos necesarios para comenzar a producir. Se envió a la sede principal (Headquarter) en China para la manufactura de los equipos y el cableado en general (fibras ópticas, guías de onda, cables de E1, cables de energía, cables de aterramiento). El segundo reporte del SS sirvió de referencia para generar toda la documentación técnica necesaria para la elaboración de la ingeniería preliminar, tal como se presenta en la figura 8.

3.3.1 Dinámica de Ejecución del Proyecto

Conociendo la estructura del proyecto (véase Figura N° 8), se procedió a crear una dinámica de trabajo adecuada. Se identificaron las prioridades y el uso de las herramientas dentro de cada etapa del desarrollo del proyecto. Se hizo énfasis en las características que debían tener estas últimas, según las necesidades indicadas por el personal que las emplearía.

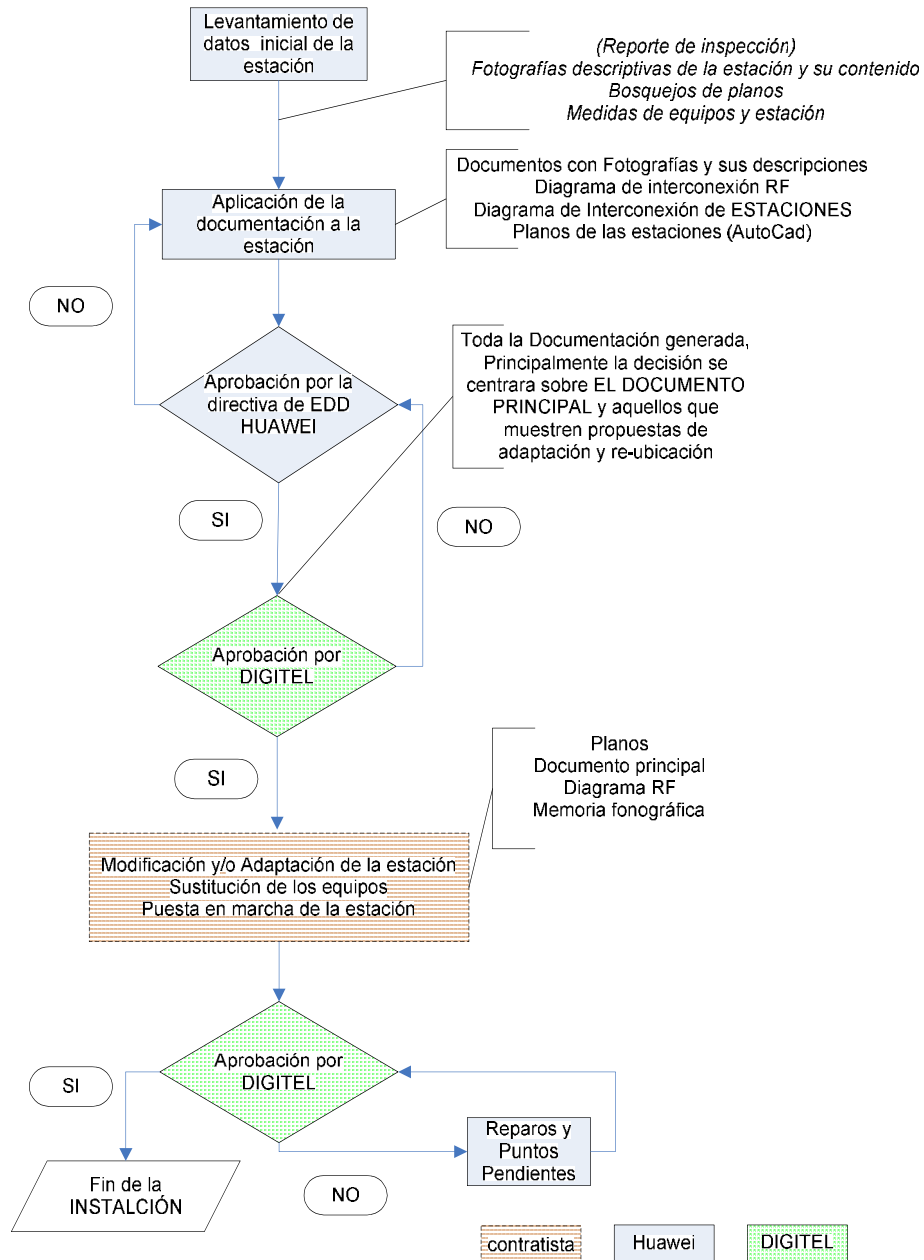


Figura N° 9 . Diagrama de Flujo Huawei-Contratista-Digitel y uso de documentos

En la Figura N° 9, se muestra, en detalle, el diagrama de flujo planteado para la ejecución del proyecto con sus correspondientes puntos de control tanto de Huawei como de DIGITEL. Asimismo, se presenta la descripción de la documentación que se requeriría.

Se definieron etapas de decisión con opciones duales de aprobación/rechazo. Entre ellas, se encuentra la perteneciente a Huawei, que implicaba que, de ser aprobada la documentación en ese punto, era necesario enviar al cliente (DIGITEL) la ingeniería preliminar para la aprobación final y ejecución de la misma. En el supuesto de que DIGITEL rechazase o efectuara correcciones a las ingenierías, sería responsabilidad del Técnico de Huawei que la evaluó en la estación en estudio, realizar las modificaciones correspondientes para su posterior aceptación.

Como se puede observar, existe una gran cantidad de pasos de control referentes al proceso de aplicación de la documentación y desarrollo del proyecto en general. Se pretende, con ello, obtener la depuración y el mejoramiento de las Ingenierías de Detalle. Para afinar, más aún, la búsqueda de la seguridad industrial, se establecen -dentro del proceso de diseño de la documentación- otras etapas de control como se indicarán en los puntos correspondientes que se muestran a continuación.

3.4 Diseño de Documentos

El proyecto se fundamenta en procesos que tienen su base en el sistema documental. Se entenderá, por tanto, la importancia vital que se le asigna a éste en el logro de la calidad del servicio prestado por la compañía. En consecuencia, se planteó adoptar una metodología conveniente para crear un sistema documental.

En aras de seguir parámetros ya probados, se tomaron, como referencia, los enunciados de las normas de la familia ISO 9000:2000 y, en particular, la ISO 9001. Estas pautas se aplican a las empresas que diseñan productos o servicios. La disquisición se fundamenta, pero no se restringe, por una parte, en los estudios presentados en el trabajo de Zulem Pérez, titulado “Metodología para la implementación de un sistema documental ISO 9000”, publicado por la universidad de la Habana, Cuba. Por otra parte, se recurrió a la indagación de

María Elena Portuondo, titulada “Metodología para el diseño e implantación de un sistema documental técnico con las normas ISO 9000”. Se estableció, como premisa, que dicha metodología pudiese ser aplicada por el personal de Huawei en cualquier proyecto dentro del departamento de ingeniería y diseño (EDD).

La metodología aplicada contó con cinco etapas y se describe de forma general en el esquema de la figura 10:

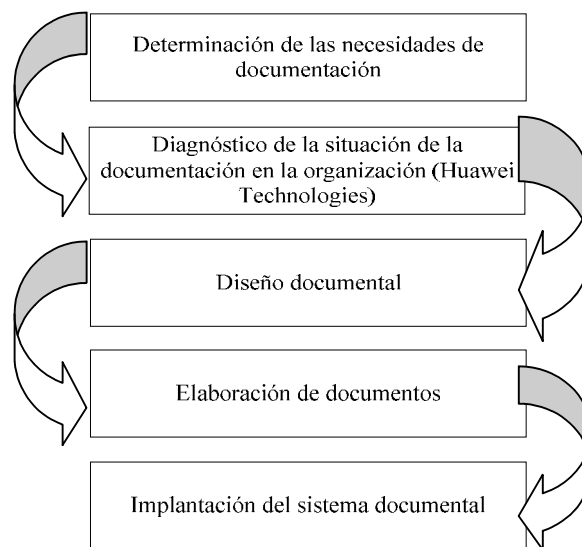


Figura N° 10. Esquema de la metodología de diseño aplicada (Adaptación propia)

A continuación, se explican, en detalle, las etapas realizadas dentro del proceso de diseño.

3.4.1 Etapa 1. Determinación de las necesidades de documentación.

Se determinaron los tipos de documentos que debían existir en la organización para garantizar que los procesos se llevaran a cabo bajo condiciones controladas.

1. Se escogieron, dentro de las normas ISO 9000, aquellos elementos de la documentación aplicables a la organización, según Hoyle. [12]

Asimismo, se fijó toda la información referida a cómo realizar sistemas documentales basados en dichas normas.

La versión del año 2000 de las normas ISO 9000 es bastante flexible [12]. De hecho, brinda la posibilidad de aplicar el sentido común y decidir de acuerdo con las características de la organización en cuanto a tamaño, tipo de actividad que realiza, complejidad de los procesos y sus interacciones, la competencia del personal, la extensión de la documentación. No obstante, las normas especifican que deberían existir los siguientes documentos:

- Manual para prestar el servicio.
 - Procedimientos documentados para control de documentos, control de los registros de calidad de los mismos, control de productos no conformes, acciones correctivas, acciones preventivas.
 - Los documentos requeridos por la organización para asegurar el control, funcionamiento y planificación efectivos de sus procesos.
 - Registros para las revisiones efectuadas por la dirección a la documentación realizada, los procesos de realización del producto y cumplimiento de los requisitos del producto, la revisión de los requisitos relacionados con el producto, los elementos de entrada del diseño y desarrollo, los resultados de la verificación del diseño y desarrollo, los resultados de la validación del diseño y desarrollo, el control de cambios del diseño y desarrollo, la evaluación de proveedores, la autoridad responsable de la puesta en uso del producto, el tratamiento de las no conformidades, las acciones correctivas, las acciones preventivas, y, por último, la educación, formación, habilidades y experiencia de cada miembro del personal.
2. Se estudiaron las regulaciones internas de Huawei como empresa que presta servicio de ingeniería para determinar los documentos que deben responder al cumplimiento de estos requisitos legales.

Cada empresa establece determinadas regulaciones que deben ser cumplidas

para garantizar la uniformidad de los productos y servicios que oferten sus organizaciones y el cumplimiento de los requisitos legales que sobre ella se imponen.

En este particular, se analizó el contrato¹ firmado por Huawei donde se indican las necesidades del cliente DIGITEL. Se acordó que la documentación de la ingeniería preliminar debía armonizar los requisitos anteriormente expuestos que son genéricos, con los requisitos específicos de la organización.

3. Se determinaron los tipos de documentos que debían existir y sus requisitos.

Como derivación de las tareas anteriores, se decidió y seleccionó dicha documentación. Se creó un listado tentativo para usar como referencia. A continuación, se presenta dicho listado.

- Manuales del servicio prestado y manipulación de los equipos.
- Manuales de Procedimientos.
- Procedimientos generales y específicos para la ejecución de las actividades.
- Registros.
- Especificaciones.

Además podrán existir otros documentos como planes de inspección y ensayo, expedientes maestros de los productos, informes, planos, dibujos, esquemas, etiquetas, certificados, prospectos, reglamentos, facturas, tarjetas de almacenamiento, modelos, instrucciones.

Se realizó la adaptación de todos estos documentos al departamento de ingeniería y diseño. Se hizo necesario contemplar todos los elementos que, de alguna manera u otra, afectaban el desarrollo del proyecto, como: infraestructura,

¹ El pliego del contrato y la información contenida en el mismo es de carácter confidencial. Se usó para el diseño, pero se prohíbe su reproducción y/o publicación.

logística de acceso e instalación, factibilidad, energía, RF, entre otros. Se crearon seis (6) instrumentos básicos que permitieron dicha labor. Esos instrumentos se organizaron en cuatro carpetas que corresponden a la presentación de la documentación entregada al cliente en formato digital:

- Documento principal. En él se incluyen todos los datos que permitan el suministro adecuado de los materiales y equipos e indiquen lo necesario para la instalación.
- Diagrama de Interconexión RF. En él se incluyen todos los datos referentes a la interconexión de filtros y guías de ondas.
- Diagrama de Interconexión de Estaciones. En él se incluyen todos los datos referentes a la interconexión de las celdas BTS y las BSC.
- Memoria Fotográfica. Es un compendio de fotografías descriptivas de la estación y de sus equipos.
- Planos. Se elaboraron con el programa AutoCAD. Contienen toda la información necesaria expuesta claramente, de tal forma que no fuese necesario algún cálculo sobre éstos, con reglas para medir u otro instrumento. Se pretende, con ello, evitar que los instaladores, cuya mayoría no posee competencia ni conocimiento sobre el proyecto, produzcan daños a algún equipo o afecten la correcta ubicación de los mismos.
- As Built. Documento de medición final

En la **cuarta etapa** (ver sección 3.4.4) del proceso de diseño documental se describe, en detalle, la documentación anteriormente indicada.

3.4.2 Etapa 2. Diagnóstico de la documentación en la organización.

Se planteó fijar la situación previa de la documentación en la organización. Para ello, se confrontó lo existente con las necesidades determinadas en la etapa anterior. Al respecto, se pudo identificar, en la compañía, la presencia de

información básica sobre el proyecto, especialmente en cuanto a requerimientos y manuales de los equipos ofertados por Huawei. Para el cumplimiento de los objetivos de esta etapa, se procedió de la siguiente manera.

1. Se elaboró una nueva lista para el diagnóstico, donde se agrupo todo aquello que debería existir y aquello que se encuentra en la organización.

La creación de dicha lista permitió la mayor organización posible en la búsqueda de datos. De igual forma, se registró la información recopilada.

2. Se ejecutó el diagnóstico.

Para la ejecución del diagnóstico se utilizó la guía y se aplicaron técnicas como la observación, la entrevista (al personal de Huawei) y la revisión de documentos.

3. Elaborar y presentar el informe de diagnóstico.

El informe contó, inicialmente, con los documentos existentes. Estos fueron clasificados tanto por etapas del proceso, como por su requerimiento de adecuación a los requisitos. Además, se indicó la correcta utilización de los mismos. Finalmente, el informe fue remitido a la alta dirección del proyecto.

3.4.3 Etapa 3. Creación del sistema documental.

En esta etapa, se establecieron todos los elementos generales necesarios para la elaboración del Sistema Documental.

1. Se procedió a definir la jerarquía de la documentación.

Para realizar esta tarea, se clasificó la documentación y se definió su jerarquía utilizando un criterio único. Usualmente, se esgrime el criterio de la pirámide que aparece en la ISO 10013:94. Allí, se ubica en el nivel más alto, el manual interno de la compañía, es decir, aquel o aquellos documentos pertenecientes a Huawei Technologies Co. LTD. que indiquen los requerimientos necesarios para que el servicio, la venta de equipos, la operación

de los mismos y su correspondiente puesta en marcha estén acorde a los estándares de su compañía a nivel mundial.

En el segundo nivel, se encuentran los procedimientos. En el tercer nivel, aparecen instrucciones, especificaciones y otros documentos que sirvan de apoyo. Los registros, al no ser documentos regulatorios, no entran en esta clasificación y no se ubican en ningún lugar dentro de la jerarquía. La documentación regulatoria de procedencia externa (aquella no perteneciente al proyecto) podría ser controlada, pero no forma parte de la documentación del proyecto.

2. Se indicó la estructura y formato de los documentos. Tomando como referencia las normas ISO 9001 y 9004, para la estructura y el formato del documento principal. Se atendieron las exclusiones permisibles. Esta estructura contó con las siguientes partes:

- Título.
- Breve descripción o identificación de la compañía.
- Resumen (con información general de la estación y del momento cuando fue visitada para el levantamiento de datos).
- Tabla de contenido.
- Alcance (con especificación de todas las exclusiones permisibles).
- Sistema de gestión de la calidad del proyecto que contempla la responsabilidad de la dirección, la gestión de recursos, la ejecución del servicio, la entrega del producto y su medición, análisis y mejora.

Estos puntos fueron tomados como referencia y adaptados a los requerimientos de practicidad y urgencia impuestos por el departamento de ingeniería y diseño de Huawei (véase cuarta etapa del diseño documental).

3. Se ejecutaron los procesos requeridos en la documentación, para determinar y delimitar los pasos de creación de la documentación y mostrarlos de forma

clara y detallada. Para permitir su ejecución, se propuso un enfoque canalizado en dos procesos generales: la gestión de la documentación técnica y el uso de la documentación generada.

A continuación, se desglosan estos procesos generales en sus aspectos específicos.

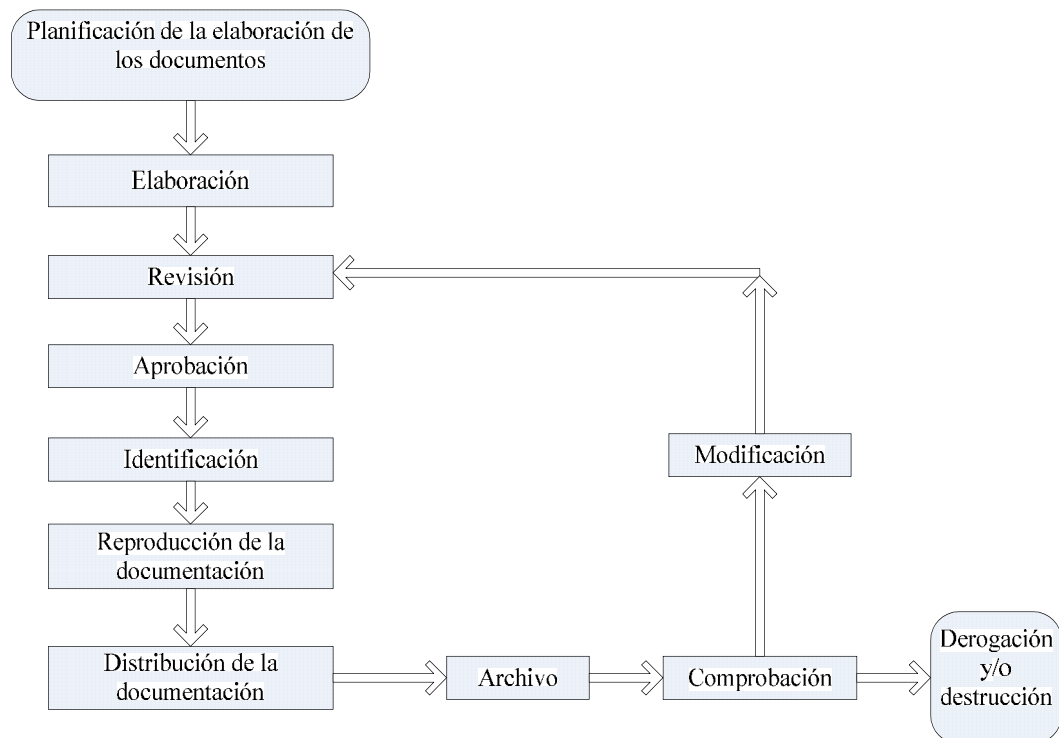


Figura N° 11. Diagrama de la gestión de la documentación técnica (Adaptación propia)

- Gestión de la documentación técnica:

En la figura 11, se presenta la dinámica y los pasos de la gestión de la documentación técnica.

- Uso de la documentación generada:

Se proyectó, de forma general, el uso final del producto del proceso de diseño. Así mismo, se planificó el uso de los documentos dentro del proceso de ejecución del proyecto (ver figura 9). En la figura 12, se presenta un diagrama básico general tentativo de dicha planificación.

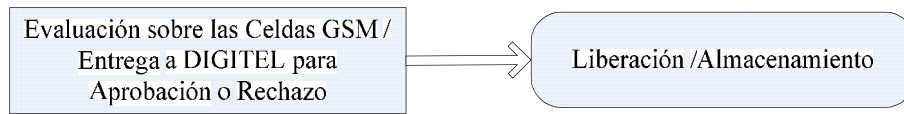


Figura N° 12. Diagrama general tentativo del uso final del producto del diseño

Los procesos específicos mostrados en la figura 11 se subdividen, a su vez, en procesos unitarios que permiten su rigurosa ejecución. A continuación, se procederá a indicar las entradas y salidas, de los mismos, además de ilustrarlos con diagramas.

- Planificación de la elaboración

Entradas: información sobre la necesidad de documentación y la posibilidad real de satisfacer esta necesidad.

Salidas: Plan de elaboración de documentos.

La figura 13 muestra, en detalle, los procesos unitarios pertenecientes a la planificación de la elaboración.

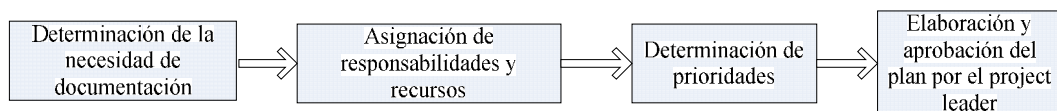


Figura N° 13. Diagrama de los procesos unitarios de la planificación de la elaboración

- Elaboración

Entradas: Plan de elaboración de documentos.

Salidas: Proyecto de documento.

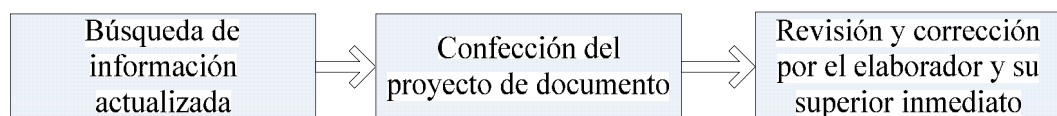


Figura N° 14. Diagrama de los procesos unitarios de la elaboración

La figura 14 muestra, en detalle, los procesos unitarios pertenecientes a la elaboración del plan documental.

- Revisión

Entradas: Proyecto de documento.

Salidas: Proyecto de documento corregido y listo para aprobar.

La figura 15 muestra, en detalle, los procesos unitarios pertenecientes a la planificación de la revisión del proyecto de documento.

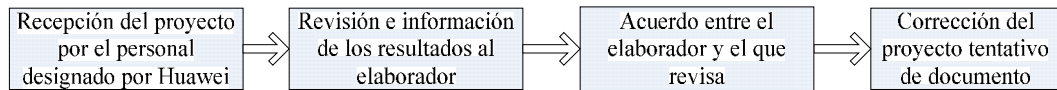


Figura N° 15. Diagrama de los procesos unitarios de la revisión

- Aprobación

Entradas: Proyecto de documento revisado.

Salidas: Documento aprobado o rechazado.

La figura 16 muestra, en detalle, los procesos unitarios pertenecientes a la aprobación del proyecto de documento.

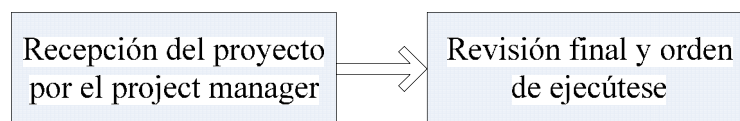


Figura N° 16. Diagrama de los procesos unitarios de la aprobación

- Identificación

Entradas: Documento aprobado.

Salidas: Documento identificado con un código que lo clasificará en Huawei.

Se contempló la recepción del documento por el departamento o personal

designado por la compañía para una posterior asignación de un código de identificación y registro del mismo.

- Reproducción

Entradas: Documento aprobado e identificado.

Salidas: Documento reproducido en el número de copias necesarias (77 estaciones pertenecientes a la negociación DIGITEL/Huawei de la red GSM Valencia), con sus correspondientes anexos, planos y archivos de apoyo.

- Distribución

Entradas: documentos a distribuir. Se enmarca en el plan de asignación de tareas y recursos del equipo conformado para la aplicación.

Salidas: documento distribuido y clasificado dentro del equipo de aplicación de las ingenierías preliminares en cada estación. Posteriormente, en la etapa de aplicación, se aclarará, con mayor detalle, la forma en que esta división de responsabilidades se realizó.

- Archivo

El proceso de archivado en versión digital se realizó en el servidor² principal del departamento. No se almacenó ningún tipo de respaldo en físico, ya que se contaba con el digital. Los documentos impresos fueron entregados a la contratista para su ejecución, después de pasar por el proceso de aprobación-rechazo de DIGITEL.

A medida que se evaluaban los documentos en las estaciones, se propuso un proceso de comprobación. El objetivo consistía en verificar la presencia de cualquier error y realizar cualquier modificación pertinente en tal caso. De no ser posible, se agregaba cualquier petición de último minuto indicada por DIGITEL.

- Comprobación

² El computador en el que se ejecuta un programa que permite el acceso, escritura y archivado de datos usados por aplicaciones/computadores llamados clientes. En este caso, se trata del computador central (*mainframe*) de la red del departamento EDD.

Entradas: Documento vigente.

Salidas: Documento comprobado.

La figura 17 muestra, en detalle, los procesos unitarios pertenecientes a la comprobación del documento.

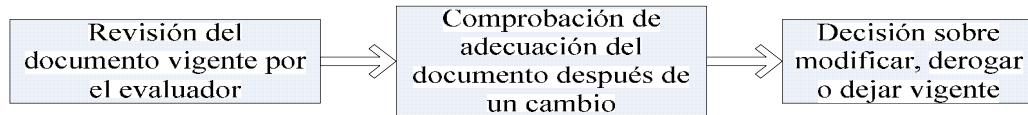


Figura N° 17. Diagrama de los procesos unitarios de la comprobación

- **Modificación**

Entradas: documento vigente.

Salidas: documento modificado.

La figura 18 muestra, en detalle, los procesos unitarios pertenecientes a la planificación de la modificación del documento.

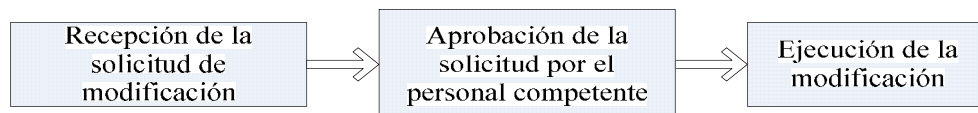


Figura N° 18. Diagrama de los procesos unitarios de la modificación

- **Entrega a Digitel para aprobación o rechazo**

Este proceso fue exigido expresamente por DIGITEL dentro del contrato. De esta forma, la compañía lleva un control de aquello que se va a hacer en la celda para tomar alguna previsión pertinente. Como se puede observar, se encuentran puntos de control dentro del departamento EDD en Huawei. La idea consiste en efectuar revisiones por parte de los líderes del proyecto y gerentes. Se garantiza, así, que los departamentos que DIGITEL asignó dentro de su compañía dispongan de la posibilidad de efectuar modificaciones en la red GSM, dentro de las normas y parámetros previstos.

- Derogación y/o destrucción

Entradas: documento comprobado ya declarado obsoleto.

Salidas: documento derogado y/o destruido.

La figura 19 muestra, en detalle, los procesos unitarios pertenecientes a la planificación de la derogación y/o destrucción del documento obsoleto.

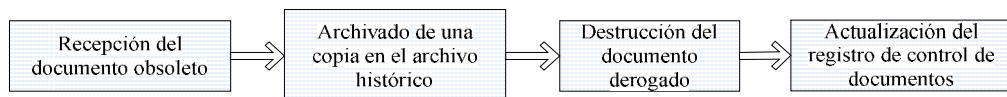


Figura N° 19. Diagrama de los procesos unitarios de derogación y/o destrucción de documentos

- Liberación (para el caso de registros)

Este proceso sólo es válido en el caso de los registros. Se empleó con los registros digitales de los modelos de los documentos almacenados en el servidor. El objetivo fue lograr el mejor aprovechamiento del espacio en la memoria del disco duro, al usarlo en forma estructurada y controlada. Se evitaron, con esta medida, el sobre-almacenamiento innecesario, la saturación de la memoria del servidor y el peligro de borrar, por equivocación, algún modelo válido.

3.4.4 Etapa 4. Elaboración de los documentos

En esta etapa, se procedió a la conformación y elaboración de las Ingenierías Preliminares.

3.4.4.1 Documento Principal

A continuación, se presenta la explicación, análisis de la creación y contenido del documento principal. Se le considera como el de mayor jerarquía, dentro de la documentación general de la ingeniería preliminar, por contener la

mayoría de la información requerida para la ejecución del proyecto.

i) Información General del Equipo Radio Base

Del análisis realizado a la estación radio base y a la descripción del servicio de ingeniería adquirido (ver apéndice 6), se desprendió el diagrama descrito en la figura 20.

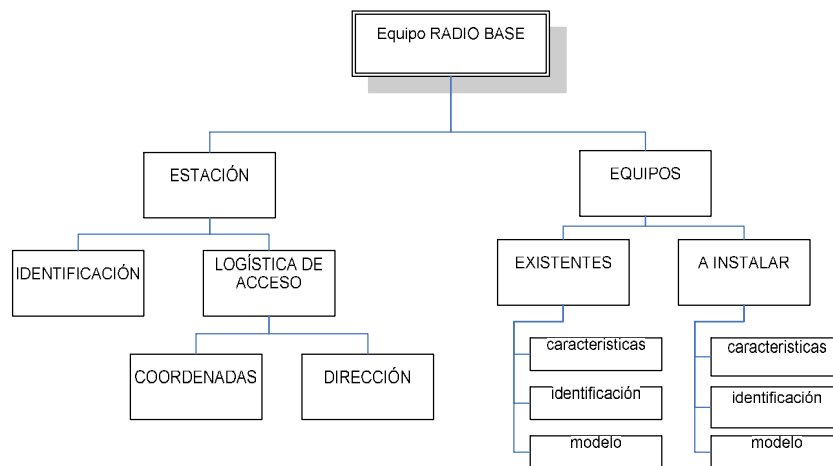


Figura N° 20. Diagrama de información general del equipo radio base

En este sentido, se indica la información que se expone a continuación, con el objeto de cumplir con la estructura presente en la figura 20 y especificar, con mayor detalle, los requerimientos indicados:

- El nombre de la estación.
- El número de identificación de la celda (ID).
- La dirección del sitio en sustitución. La señalización debe incluir una amplia gama de referencias que permitan su rápida ubicación por parte de aquéllos que vayan a visitar la estación.
- La BSC a la cual pertenece la estación BTS.
- Las coordenadas del sitio en cuestión. Debe emplearse el sistema de grados decimales WGS84 y la información debe ser tomada de un GPS

latitud y longitud.

- Tipos de celdas para verificar si es exterior o interior.
- Qué tipo de alimentación se encuentra o utiliza la BTS existente.
- Qué tipo de radio base de Huawei se va a instalar. Debe especificarse la configuración y el modelo.
- Filtros a instalar, sectores con filtro y tipos de conectores necesarios.

ii) Transmisión

Del análisis realizado al sistema de transmisión de la estación GSM y a la descripción del servicio de ingeniería adquirido (ver apéndice 6), se desprendió el diagrama descrito en la figura 21.

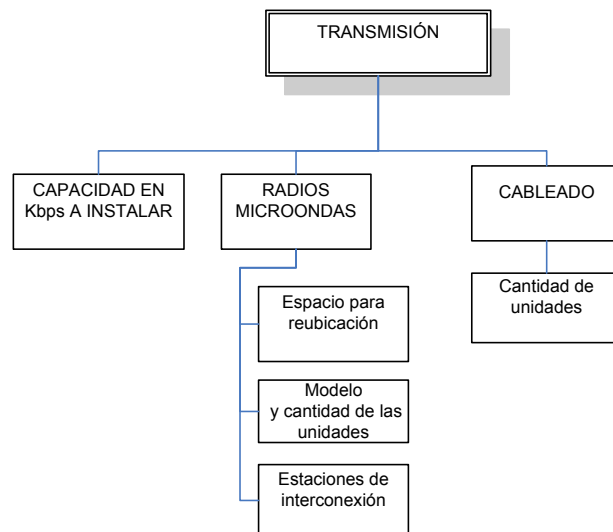


Figura N° 21. Diagrama sistema de transmisión celda GSM

En este sentido, se indica la información que se expone a continuación, con el objeto de cumplir con la estructura presente en la figura 21 y especificar, con mayor detalle, los requerimientos indicados:

- Cantidad de cables troncales³ que transportan E1s a conectar a la BTS de la estación y la cantidad de kbps por troncales a instalar.
- La capacidad máxima de E1's a instalar en el sitio.
- El modelo de las radios existentes y cantidad de éstas encontradas en la estación.
- Cantidad de unidades físicas donde se conectan las radios existentes y la cantidad de espacio disponible en la regleta donde se encontrarían instaladas las radios.

En la figura 22 (a), se pueden observar dos (2) fotografías de los equipos de radio presentes en la estación “los colorados” para transmisión microonda, que sirve como ejemplo de la información presentada en la figura 21. Es importante indicar el modelo de los mismos, ya que su reutilización depende de sus características. Así mismo, se presenta en esta sección del documento, de manera detallada, la ubicación de la celda en evaluación dentro de la topología de la red, a través de las indicaciones de las conexiones entre las estaciones. En la figura 22 (b), se puede identificar la información referente a los espacios libres disponibles en la regleta (de entrada y salida de señal) donde se instalarán las radios.



(a)

(b)

(a) 4 radios Siemens microondas presentes en la estación “Los colorados”

(b) Regleta de instalación de las microondas

Figura N° 22. Ejemplo de Radios microondas y regletas presentes en las celdas

³ Los cables troncales que cumplen con los requisitos presentes en los modelos de BTS Huawei a instalar son de 15 m de largo y de 75 Ω de impedancia constituidos por E1s de 3.9 mm

iii) Consideraciones para acceso al sitio

Del análisis realizado a la logística de acceso, se desprendió el diagrama descrito en la figura 23.

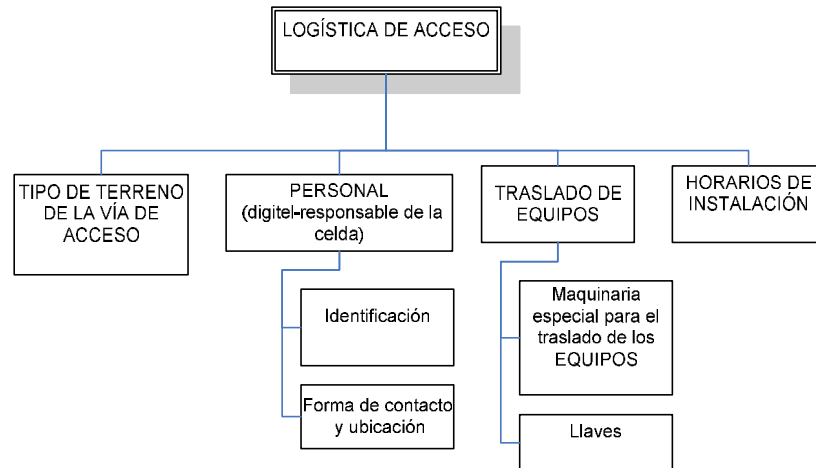


Figura N° 23. Diagrama de los requerimientos de logística de acceso

En este sentido, se indica la información que se expone a continuación, con el objeto de cumplir con la estructura presente en la figura 23 y especificar, con mayor detalle, los requerimientos indicados:

- Nombre de la persona de contacto.
- Teléfonos, permiso de acceso.
- Número de identificación del personal de DIGITEL.
- Ubicación de las llaves para abrir las puertas que limitan la entrada al lugar donde se encuentran las BTS. Puede ser -por ejemplo- la del shelter en caso de una celda interior (indoor), o en azotea en caso de una celda exterior (outdoor) en edificio.
- Dirección en donde se puede localizar al personal que tiene la llave de la estación.
- Tipo de vialidad de acceso a la radio base, y los instrumentos para izar los

equipos (si se requieren). En caso de que sea necesario un winche o grúa telescópica es imprescindible notificarlo, pues es de suma importancia para la instalación de las BTS. Por otra parte, es obligatorio indicar el horario de instalación, debido a que la mayoría de los sitios en los cuales se realizará la sustitución corresponde a zonas como edificios residenciales o lugares rurales.

En la figura 24, se presentan dos (2) fotografías de vías de acceso de algunas celdas dentro de la red. Dentro de la documentación perteneciente a la ingeniería preliminar de la estación en evaluación, esas imágenes sirvieron de sustento para indicar, a los obreros, el medio de transporte que debían llevar en su visita de instalación. Resultan evidentes -a través de las fotografías mostradas- los problemas de transporte y ubicación de los equipos que hubiesen aflorado, de no haberse tenido disponible esa información, antes de partir a la instalación.



(a)



(b)

(a) Escalera de acceso al Shelter (b) Escalera de acceso a la estación Exterior en azotea

Figura N° 24. Consideraciones de acceso al sitio

iv) Información general de infraestructura

Del análisis realizado a la infraestructura de las instalaciones GBSS, se desprendió el diagrama descrito en la figura 25.

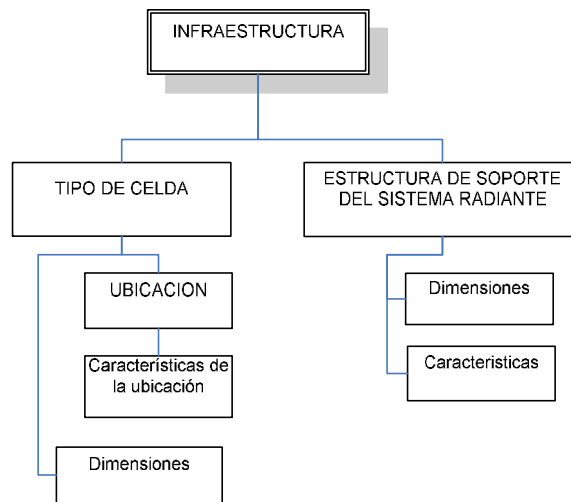


Figura N° 25. Diagrama Información general de infraestructura

En este sentido, se indica la información que se expone a continuación, con el objeto de cumplir con la estructura presente en la figura 25 y especificar, con mayor detalle, los requerimientos indicados:

- Tipo de celda. Se debe indicar si es un “shelter”, en caso de estaciones interiores o losa, en caso de ser estación exterior.
- Dimensiones de la misma.
- Ubicación. Se debe indicar si es terreno o azotea.
- Número de pisos, si se encuentra en un edificio.
- El tipo de estructura de soporte. En este punto, se debe mostrar si es angular u omega. Este aspecto remite a las características de las aristas de la torre que le dan soporte y sostienen a las antenas. Esta información se provee en el caso en que corresponda: por ejemplo, si es una torre, ya que si es un mástil no aplica. Con esto, se busca asegurar llevar el montante correcto para las antenas a instalar.

La figura 26 muestra imágenes representativas de estructuras de soporte del sistema radiante presente en las celdas. En ellas, se puede apreciar las principales características de los montantes y la importancia que representa

indicar esa información en cualquier documento de ingeniería preliminar de una estación GSM.



(a)

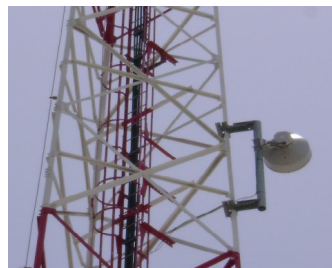


(b)

(a) Estructura Angular. (b) Estructura Omega.

Figura N° 26. Tipos de estructura de soporte

En la figura 27, se puede observar dos (2) ejemplos del uso adecuado de los montantes correspondientes a cada estructura de soporte. Indicar esta característica con antelación -dentro del proceso de ingeniería de detalle de la estación- redundante en una gran reducción del tiempo y del costo de instalación de la celda. Ello es producto de que se mejora la logística de transporte de materiales y se realiza la correcta instalación de las antenas. Sin el uso apropiado de los brazos de agarre de las antenas, sería imposible su colocación.



(a)



(b)

(a) Montante para antena microonda en estructura angular (b) Montantes para antenas sectorizadas GSM y para antena microondas en estructura omega

Figura N° 27. Uso de los Montantes en las estructuras de soporte.

v) Sistema radiante

Del análisis realizado al sistema radiante presente en una estación GSM se desprendió el diagrama descrito en la figura 28.

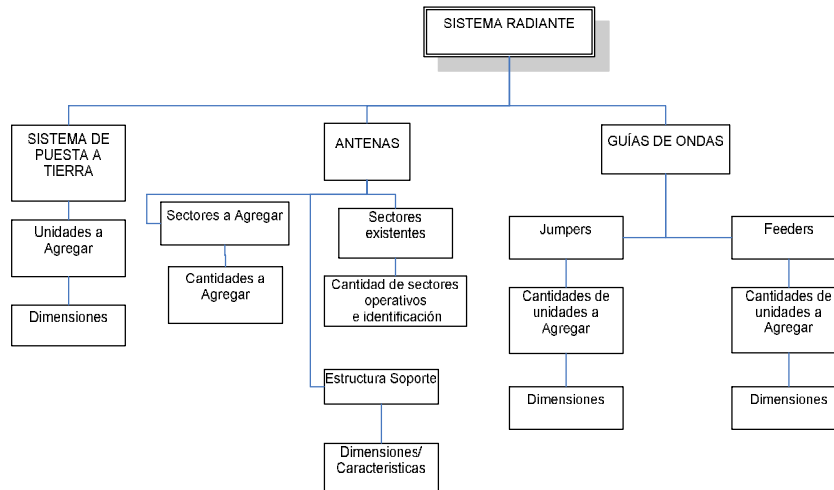


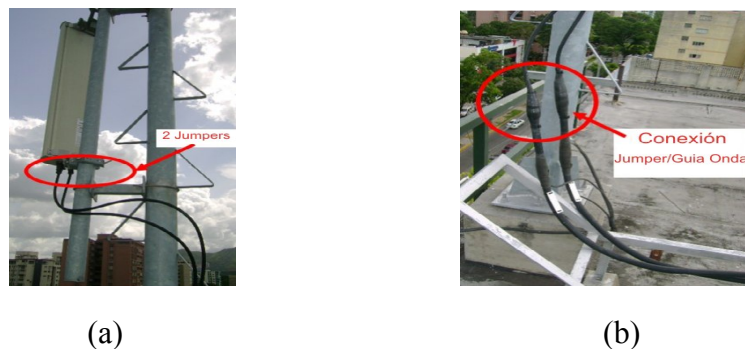
Figura N° 28. Diagrama organizativo y de requerimientos del sistema radiante

En este sentido, se indica la información que se expone a continuación, con el objeto de cumplir con la estructura presente en la figura 28 y especificar, con mayor detalle, los requerimientos indicados:

- Cantidad de sectores existentes (en uso).
- Orientación de las antenas existentes.
- El ángulo de elevación de las antenas (Tilt).
- La altura donde se encuentran las antenas, el personal de instalación denominado “torreros” exigió incluir esa información dentro de la documentación.
- Sectores a adherir en el caso de aumento del sistema radiante (si aplica).
- Tipos de guías de ondas presentes.
- Longitud de las guías de ondas presentes.
- Tipos de conectores requeridos para la instalación de los equipos.

- Sistema de puesta a tierra de las guías de ondas (lighting arrester), y la cantidad de feeders.
- Antenas existentes y las de adherir, en el caso de que la expansión en la estación así lo requiera. Este estudio se realiza de acuerdo a la característica que presente el modelo de BTS a sustituir en el lugar y la cantidad de jumpers a adquirir.

En el caso en que se amplíe el sistema radiante mediante el aumento de la cantidad de antenas en el sitio, se debe hacer referencia a las características de interconexión de las antenas usadas. Se presenta el uso de 4 jumpers por antena y dos guías de ondas, como se muestra en la figura 29. Para identificar la longitud de los mismos se debe hacer uso de las medidas presentes en el plano de AutoCAD proveniente del levantamiento que se realizó anteriormente, más una distancia de guarda para prevenir la falta de material a instalar (alrededor de 3 m).



(a) 2 jumpers (Tx y Rx) en antena, (b) Conexión jumpers/guía de onda en antena

Figura N° 29. Recorrido de jumpers y guías de ondas con su conexión

vi) Información general de energía

Del análisis realizado al sistema de energía presente en una estación GSM, se creó el diagrama descrito en la figura 30.

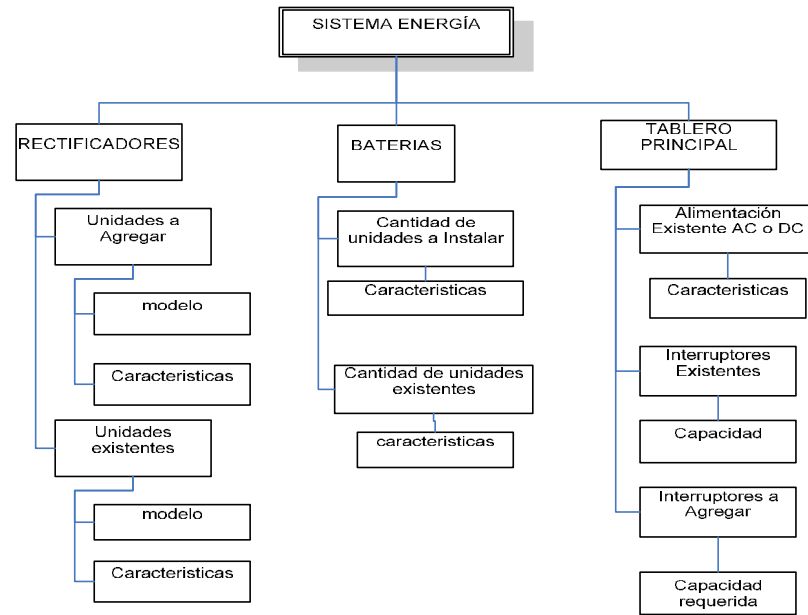
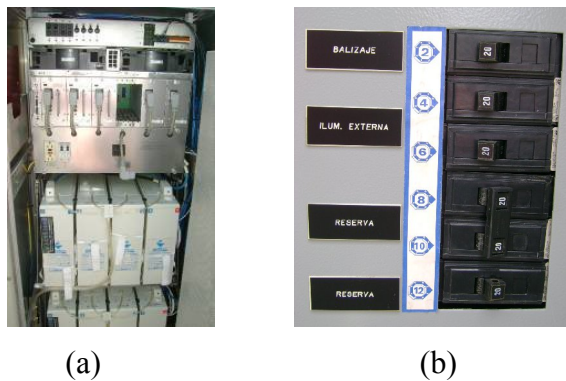


Figura N° 30. Diagrama del organizacional y de requerimiento del sistema de energía

En este sentido, se indica la información que se expone a continuación, con el objeto de cumplir con la estructura presente en la figura 30 y especificar, con mayor detalle, los requerimientos indicados:

- Se requiere la identificación de los equipos de energía existente. Se debe especificar la marca y las características de los rectificadores.
- Respaldo de baterías existentes en Amperios y en Amperios/hora. Estos datos se pueden apreciar en la figura 31.
- Equipo de energía a instalar. En este caso, debe ser el rectificador Huawei que corresponde en el sitio en cuestión.
- Interruptores AC existentes e interruptores AC requeridos. Para el caso de las exteriores son 3x63A y, en interiores, son 2x63A. Debido a las características de las BTS Huawei, fusibles AC, se debió tomar en consideración la capacidad en ampere y el espacio disponible para su instalación.
- Interruptores DC (existentes y sus capacidades), fusibles DC (requeridos y sus capacidades). Se debe indicar, además, el tipo de banco de batería a utilizar.

En la figura 31 (a), se presenta una fotografía de un rectificador y sus baterías de respaldo pertenecientes a la estación “Parral” que sirve de ejemplo de la información expuesta en el diagrama de la figura 30. En la figura 31 (b), se puede observar un detalle particular del tablero principal, donde se identifican los interruptores y su capacidad también perteneciente a la estación “Parral”. Esta información sirve de sustento para decidir si se usarán los existentes o si se deben sustituir por interruptores adecuados al nuevo equipo.



(a) Rectificadores y baterías de respaldo de la estación “Parral”, (b) Tablero principal de la estación “Parral”

Figura N° 31. Información general de energía

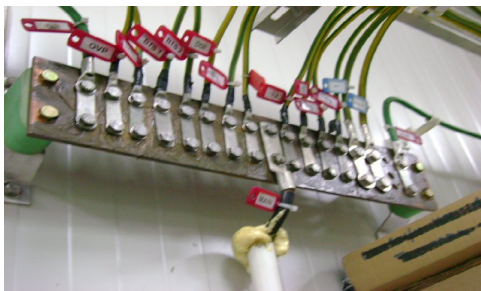
vii) Adecuación del sitio

Huawei requirió que cada una de las estaciones tuviese la completa operatividad de sus equipos. Para lograrlo, se necesitó realizar las modificaciones para la adaptación del lugar de ubicación de las BTS, las adecuaciones del sistema de energía, la creación de obras civiles y la procura de los equipos y materiales requeridos. Cabe indicar que, sin la aprobación previa por parte de Digitel, estas modificaciones no debían hacerse. Aquí se manifiesta la importancia de proponer una adecuación con antelación al proceso de instalación.

Las posibles adecuaciones incluyen la instalación de escalerillas verticales -si

se necesitan- para la correcta instalación de las guías de ondas, la instalación de escalerillas horizontales, la barra de tierra a instalar, los filtros a instalar y filtros requeridos, los interruptores ac y dc requeridos, los fusibles ac y fusibles dc requeridos, las tanquillas nuevas, la losa nueva, para poder albergar las BTS y permitir su anclaje, la antena a adherir (si aplica) y sus correspondientes feeders, el soporte de antena y especificación de su tipo (véase la Figura N° 27), el mástil a instalar si el o los existentes no presentaran espacio libre para la colocación de los montantes para las antenas, la puesta a tierra del mástil, la base metálica para nuevos equipos (si la azotea o terreno no soportan las bts), la ductería de plástico pvc (en el caso de que fuese una bts exterior), la ductería liquid tight para canalización del cableado de energía (caso de bts interior), y los pasa guías a instalar (si hay ampliación del sistema radiante o si fuese necesario).

En La figura 32, se puede apreciar ejemplos de lo anteriormente expuesto. Se muestran seis (6) fotografías de celdas que requerían adecuación tanto de infraestructura como de instalación de equipos de puesta a tierra (barra de tierra) y escalerillas. A todas las celdas indicadas, se le propusieron sus correspondientes adecuaciones y fueron aprobadas por Digitel. Se permitió, con ello, el correcto desarrollo de la instalación de los equipos requeridos por las exigencias de sustitución tecnológica y de equipamientos de la red.



(a)



(b)



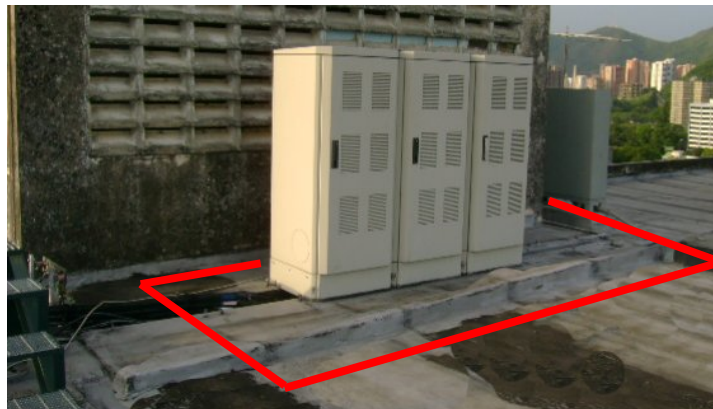
(c)



(d)



(e)



(f)

(a) Barra de tierra sin espacio libre lo que requiere instalación de una nueva, (b) Propuesta de escalerilla vertical, (c) Propuesta para escalerilla horizontal debido a que la existente se encuentra a su máxima capacidad y no puede ser usada para la canalización de energía, (d) Propuesta del Tesista para la creación de un nuevo pasa guía, (e) Se muestra un mástil en su máxima capacidad donde se requiere la instalación de un nuevo mástil para la ubicación de los nuevos montantes para las antenas sectorizadas GSM, (f) Se requiere la ampliación de la losa para ubicar los equipos Huawei (BTS exterior en azotea sobre losa); ésta es una adecuación de obra civil

Figura N° 32. Ejemplos de adecuaciones de celdas

3.4.4.2 Planos

Este es un documento realizado con el auxilio del programa AutoCAD. Su objetivo consiste en mostrar toda la información exacta del sitio, especialmente distancias, equipos, propuestas, sistema radiante, equipos de energía, equipos de radio y cualquier otro detalle que aparezca en la celda. Es uno de los documentos más complejos por la cantidad de información que maneja. Hay que destacar que, para desarrollar este archivo, se creó todo el proceso para la estandarización del mismo en el departamento EDD. Las innovaciones incluyeron el código de colores y de leyendas, además de una librería compuesta por todos los elementos y huellas a utilizar en los planos.

Para lograr un mejor uso de los mismos, se dividió en vistas de interés y se separó la información presentada en el plano para que fuese de fácil acceso. Se debe recordar que dicho documento resulta de primordial interés para la etapa de aplicación del documento principal a las estaciones. Todas las mediciones para las estimaciones de los materiales se realizan sobre el plano digitalizado de la estación en cuestión. Las medidas que se colocan en los planos son provenientes del levantamiento de datos del sitio. De aquí la importancia de crear varias vistas dentro del documento “plano”. Cada una de las vistas está conformada por hojas adjuntas al plano principal. Éstas aportan datos para cada uno de los renglones del documento principal de la ingeniería preliminar.

Las vistas a las cuales se hace referencia son las siguientes:

- **Vista General**

En esta capa perteneciente al plano en formato AutoCAD, debe aparecer la celda completa. Se debe mostrar todos los detalles que la componen: entre ellos, el perímetro, la entrada, las áreas de interés, la estructura de soporte, el sistema radiante, los equipos, el norte referenciado con la infraestructura.

- **Vista Losa/Shelter/Plataforma**

En esta capa, se indica el área donde se pretende instalar la BTS, con el

norte magnético referenciado a la infraestructura.

- **Vista Detalle Plataforma Metálica**

En caso de que exista una plataforma metálica, debe hacerse un detalle exclusivo de la estructura. Se deben mostrar la disposición de las vigas, el ancho y la longitud de las mismas, el espesor de las alas y el alma de la viga, así como los patines presentes (en caso de existir). Esto definirá, con precisión, dónde se instalará la BTS, ya que ésta sólo se puede anclar a las alas de la viga porque el alma no se puede perforar. Por último, se debe presentar el norte referenciado a la infraestructura.

- **Vista Pasos**

En este punto, se deben considerar los pasos necesarios para instalar los equipos GSM Huawei en el lugar propuesto, según lo contemplado dentro del plano (documento en AutoCAD). También se deben hacer descripciones en la zona de notas ubicadas en el formato del documento plano. De esta forma, se va obteniendo un registro narrado de lo que esta capa (vista de pasos) ilustra.

Se deben exponer dos pasos con los cuales se pretende guiar a los instaladores en el proceso de instalación. En el primero, se mostrará, sobre el plano digitalizado, la remoción de las BTS existentes y se indicará si el tipo de sustitución es difícil o simple. Para ello, se utilizarán los parámetros de clasificación establecidos por Digitel para indicar la necesidad del enrutamiento de tráfico en la estación durante el proceso de sustitución. Se debe expresar si hay espacio suficiente para maniobrar las nuevas BTS.

A continuación, si el caso es de simple sustitución, se procede a ejecutar las pruebas de EIs sin desconectar las BTS existentes. De esta manera, se evita dejar sin servicio a los usuarios. Por el contrario, si el caso es considerado de difícil sustitución, se debe efectuar la sustitución en “caliente”. En este proceso, se requiere desinstalar las BTS existentes e instalar inmediatamente las BTS Huawei. Es de suma importancia resaltar que ésta es sólo una propuesta, pues la

decisión debe ser tomada por DIGITEL, apoyándose en el conocimiento de tráfico de la estación.

Luego se debe desplegar en el plano, la segunda etapa del procedimiento. Allí se representarán, con su respectiva coloración, los siguientes elementos: primero, la huella de los equipos Huawei a instalar en la celda y las antenas (Color verde); segundo, todas las adecuaciones a nivel de infraestructura (Color magenta); tercero, el cableado requerido (Guías y jumpers en color blanco, energía en color rojo, aterramiento en color verde, alarmas en color amarillo y E1 en color azul). En estos pasos, todo debe aparecer acotado y con el norte referenciado a la infraestructura.

3.4.4.3 Memorias Fotográficas

La memoria Fotográfica es un archivo de PowerPoint. En él, se guarda una secuencia de fotografías de forma ordenada y detallada, que permiten aportar información visual de la celda a los evaluadores del proyecto. Este elemento se utiliza para reforzar la información de los otros instrumentos que forman parte de la ingeniería. Permite dar un alto nivel de detalle, sin la necesidad de que el cliente se dirija a la celda para entender la situación.

Las fotos usadas son las provenientes del levantamiento de cada una de las estaciones y están orientadas -en su mayoría- a la parte de infraestructura. Se creó todo un estándar para la elaboración de las mismas. Las fotografías que conforman esta memoria deben ser explícitas y no pueden ser tomadas a contraluz. En caso de que se requiera indicar alguna especificación en la fotografía, se deberá editar con cuadros o flechas que señalen el punto de interés. El título debe ser claro. Las fotografías no se deben cambiar de proporción ni en tamaño ni en resolución. Las imágenes de elementos exteriores no pueden ser tomadas de noche. No deben aparecer personas en las mismas, a menos que sea inevitable.

En resumen, se busca conseguir que las fotografías muestren, primero, características de la infra estructura presentes; segundo, el conjunto de los equipos y tercero, la totalidad de las vías de acceso.

3.4.4.4 Diagrama de Interconexión RF

En este documento, se presentan, de forma gráfica y simple, las conexiones necesarias referentes a las uniones de las guías y los alimentadores (feeders). En caso de existir filtros, se requiere indicar cómo debe ser la conexión. Toda esta información se debe suministrar en formato PDF y en archivo AutoCAD.

Las dimensiones físicas de la conexión RF están ya establecidas por la persona que realizó la propuesta de instalación en el plano. De esta forma, el instalador sólo debe procurar su ejecución con los materiales que se llevaron al sitio previamente indicado (dimensiones y características) en la ingeniería preliminar. A continuación, en la figura 33, se muestra un ejemplo.

3.4.4.5 Diagrama de Interconexión de Estaciones

En este documento se debe representar, en un diagrama simple, la estación o estaciones que se conectan por enlace microonda a la estación en cuestión. El objetivo consiste en localizar la ubicación de la celda en la topología de la red GSM-Digitel-Valencia, de acuerdo a la descripción del servicio de ingeniería (ver apéndice 6), Para mayor detalle del documento y su formato véase el anexo 2.

3.4.4.6 Instrumento de Medición Final

As Built

Uno de los requerimientos que presentó DIGITEL para la aceptación del servicio y productos de Huawei Technologies fue la entrega de un documento técnico que evidenciase lo realizado en las estaciones después de la sustitución

(ver apéndice 6). Para cumplir con ese objetivo, se planteó la creación de lo que se conoce como “As Built”, documento en el cual se encuentran detallados los puntos de mayor importancia para DIGITEL. Dentro del producto final del proyecto (nuevos equipos y puesta en marcha), en las reuniones que se realizaron con DIGITEL, se estipuló el acuerdo de que la estructura y contenido del documento debía guiarse por el diagrama mostrado en la figura 33.

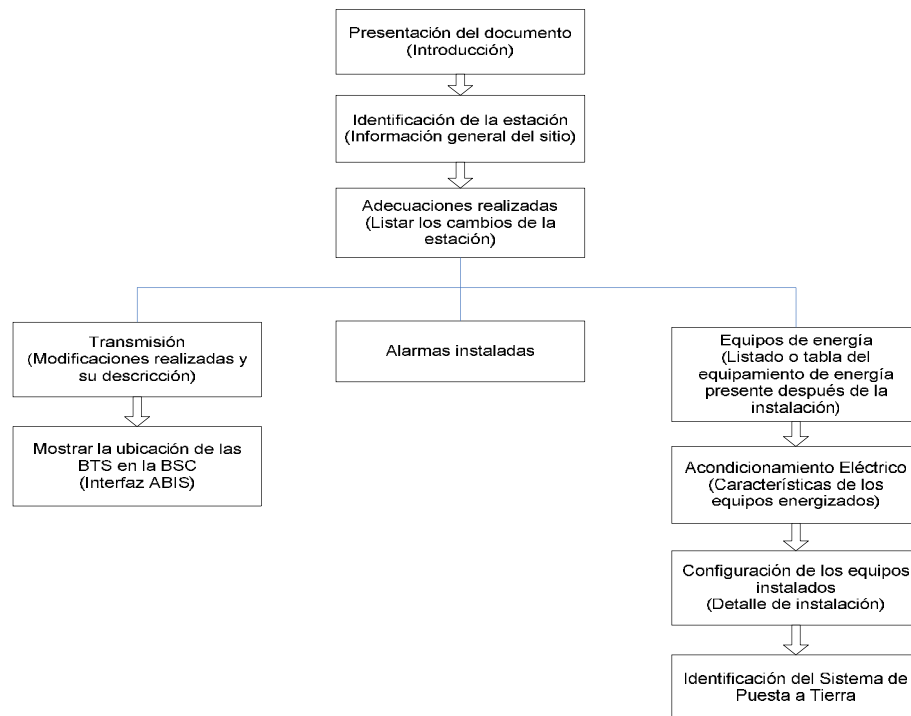


Figura N° 33. Diagrama de la estructura y contenido ASBUILT

Introducción: se debe indicar el tipo de BTS Siemens (Modelo) que se va a sustituir y el modelo de BTS Huawei que se colocará en el lugar. Además, se identificarán la estación y la fecha en que ocurrió el reemplazo.

Información General del Sitio: en este punto se debe hacer énfasis en la radio base para señalar la siguiente información:

- Nombre del sitio.

- Dirección.
- Tipo de estación.
- Cantidad de gabinetes instalados.
- Configuración de RF final.
- Tipo de alimentación de la o las BTS.
- Filtros instalados, cantidad de sectores filtrados (si aplica).
- Personal de DIGITEL y Huawei presente en el reemplazo y su teléfono.

Transmisión: El objetivo es especificar, con mayor detalle, lo establecido en la estructura general expuesta dentro de la mesa conjunta de trabajo Digital/Huawei. Con respecto al aspecto particular de Transmisión dentro de las estaciones, se expuso la siguiente información:

- El equipo fuente de E1s, longitud aproximada del cable y la cantidad a usar. Se debe indicar desde dónde parte el mismo.
- El tipo de conector de partida y llegada. Se debe señalar hasta dónde llegan los cables.

Se agregó una breve explicación del cableado de E1. Se indicó hacia dónde van las radios de microondas presentes. De esta forma, se muestra cómo se encuentra ubicada la celda dentro de la red.

Equipos de Energía: Se debe presentar una tabla que refleje la información referente al equipamiento de energía, especialmente:

- Interruptores usados.
- Baterías y rectificadores, qué tipo de rectificador fue instalado.
- Cantidad de interruptores y su capacidad.
- Respaldo de baterías en Ah (cantidad y modelo).

Acondicionamiento Eléctrico: Se debe indicar, a través de una tabla, los elementos energizados, la longitud aproximada del cable que los alimenta, la

cantidad de los mismos, desde y hasta dónde van (estructura del cableado), los tipos de conectores (usados). Se finaliza, además, con una descripción detallada del recorrido como una nota adjunta a dicha tabla.

Puesta a Tierra:

- Se deberá señalar los equipos a los cuales se le realizó la puesta a tierra.
- Se deberá indicar las longitudes de los cables usados, el origen y el destino de cada cable de tierra y los tipos de conectores.
- Describir el recorrido como una nota adjunta a la tabla donde se exponga la información referente a la puesta a tierra.

Detalle de Instalación: Se debe indicar la configuración de los equipos instalados, como la fachada de la BTS usada y la fachada de los rectificadores usados.

Información de adecuación del sitio: Se debe reflejar cuáles cambios se realizaron, es decir, especificar si hubo ampliación o no de algún tipo. Los interruptores y cables usados deben ser colocados como adecuación tanto interna como externa.

Interfaz ABIS⁴: Es el medio (conexión física y funcional) entre la BTS y la estación BSC. Se debe indicar en el BSC el tipo de ranura o tarjeta que ocupa esa BTS en el BSC. Este paso debe ser efectuado por el equipo instalador del equipo.

Alarmas: Se debe entregar, a DIGITEL, un documento con la indicación de cada alarma en la BTS instalada.

Con respecto a este aspecto, es conveniente referirse al apéndice 2, donde se puede ver el documento “AS BUILT”.

⁴ La interfaz ABIS no influye en la disposición final de los equipos BTS, pero el registro de su instalación en la BSC es un requisito presentado por DIGITEL

Encuesta

El uso de este documento permite corroborar la eficacia en la aplicación de las ingenierías preliminares en la instalación y cambio de BTS. Complementariamente, este instrumento forma parte de la auditoria interna presentada dentro de la norma ISO 9000:2000 y, por ende, se encuentra inserto en el diseño documental.

El documento anteriormente descrito (As Built), indica lo efectuado al finalizar la instalación para la entrega del sitio a DIGITEL. Además, se miden, en forma cualitativa y cuantitativa, los renglones de mayor impacto en la instalación. Por el contrario, la encuesta sólo medía, de forma cualitativa, el uso de los documentos por parte de la contratista, además de indicar si los documentos fueron evaluados de forma correcta en cada estación. Para mayor información y detalles sobre la encuesta realizada, debe referirse al capítulo IV, análisis de resultados, sección *encuesta*.

Para el diseño de la encuesta, se consultaron los procedimientos para su elaboración indicados por Munch en “Métodos y Técnicas de Investigación”. Se procuró que las preguntas de la misma tuviesen relación directa con el documento principal de la ingeniería preliminar.

3.4.5 Etapa 5. Aplicación del sistema documental

Para lograr la efectiva aplicación de los documentos en las 77 estaciones, se creó un equipo de trabajo en el cual se subdividieron responsabilidades de acuerdo al tipo de documento a realizar. Se trabajó, incluso, en horas no laborales en Huawei (noche y madrugada), para alcanzar la aplicación de los mismos lo más pronto posible. Este cronograma acelerado se enmarcó en la necesidad de avanzar velozmente en las etapas del proyecto por petición expresa del gerente.

Inicialmente, se contaba con una cantidad de 102 BTS ubicadas en las diferentes estaciones. Después de varias reuniones en la mesa de trabajo conjunta

Huawei/DIGITEL, se llegó a un acuerdo de sólo trabajar con 77 estaciones.

La Tabla 2 presenta las estaciones a las cuales se les aplicaron los documentos de ingeniería preliminar, con su correspondiente clasificación (o propuesta de sustitución).

Tabla N° 2. Estaciones a las cuales se realizó la sustitución de BTS [4]

	NOMBRE CÓDIGO DE LA ESTACIÓN	MODELO DEL EQUIPO BTS USADO	UBICACIÓN	TIPO DE SWAP
1	MORRO BTS	BTS 3012	Terreno	Simple Sustitución
2	SAN DIEGO	BTS 3012	Terreno	Simple Sustitución
3	LA CUMACA	BTS 3012AE	Terreno	Simple Sustitución
4	LA ESMERALDA	BTS 3012AE	Azotea	Simple Sustitución
5	METRO PLAZA	BTS 3012AE	Azotea	Simple Sustitución
6	SAN DIEGO II	BTS 3012AE	Terreno	Difícil Sustitución
7	SWITCH	BTS 3012AE	Terreno	Simple Sustitución
8	LAS AGÜITAS	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
9	BELÉN	BTS 3012	Terreno	Simple Sustitución
10	CIUDAD ALIANZA	BTS 3012	Terreno	Simple Sustitución
11	CENTRAL TACARIGUA	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
12	LA EMBOSCADA	BTS 3012	Terreno	Simple Sustitución
13	FLOR AMARILLO	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
14	GUACARA II	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
15	GUACARA	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
16	LOS GUAYOS	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
17	GUIGUE	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
18	HELIACERO	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
19	MARIARA	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
20	PARAPARAL	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
21	SAN JOAQUÍN	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
22	VIGIRIMA	BTS 3012	Terreno	Simple Sustitución
23	YAGUA	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
24	MICHELENA	BTS 3012	Azotea	Dificultad Intermedia
25	FLOR AMARILLO II	BTS 3012AE	Azotea	Difícil Sustitución

26	YAGUA II	BTS 3012AE	Terreno	Dificultad Intermedia
27	ARANZAZU	BTS 3012AE	Azotea	Dificultad Intermedia
28	LOMAS DEL ESTE	BTS 3012AE	Terreno	Simple Sustitución
29	AGUACATE	BTS 3012AE	Terreno	Difícil Sustitución
30	PARQUE VALENCIA	BTS 3012AE	Azotea	Dificultad Intermedia
31	SAN BLAS	BTS 3012AE	Azotea	Dificultad Intermedia
32	MISAEEL DELGADO	BTS 3012AE	Terreno	Difícil Sustitución
33	CAMPO CARABOBO	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
34	LA ENCRUCIJADA	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
35	EUTRIMIO RIVAS	BTS 3012	Azotea	Dificultad Intermedia
36	LA FLORIDA	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
37	HIPÓDROMO	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
38	MONUMENTAL	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
39	TOCUYITO	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
40	TRINIDAD	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
41	VALENCIA SUR II	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
42	VALENCIA SUR III	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
43	VALENCIA SUR I	BTS 3012	Terreno	Difícil Sustitución
44	BRANGER	BTS 3012	Azotea	Simple Sustitución
45	CATEDRAL	BTS 3012	Azotea	Dificultad Intermedia
46	AV. CEDEÑO	BTS 3012	Azotea	Dificultad Intermedia
47	GUAYABAL	BTS 3012	Azotea	Dificultad Intermedia
48	LAS QUINTAS	BTS 3012	Azotea	Dificultad Intermedia
49	TRIGAL NORTE	BTS 3012	Azotea	Dificultad Intermedia
50	TRIGAL	BTS 3012	Azotea	Dificultad Intermedia
51	URB. CENTRO	BTS 3012	Azotea	Dificultad Intermedia
52	LA VIÑA	BTS 3012	Azotea	Dificultad Intermedia
53	PREBO I	BTS 3012	Azotea	Dificultad Intermedia
54	AUTOPISTA TOCUYITO	BTS 3012AE	Terreno	Simple Sustitución
55	CEMENTERIO	BTS 3012AE	Terreno	Simple Sustitución
56	LA ESPERANZA	BTS 3012AE	Terreno	Difícil Sustitución
57	ST ROSA DE VALENCIA	BTS 3012AE	Terreno	Difícil Sustitución
58	AV. LARA	BTS 3012AE	Azotea	Dificultad Intermedia
59	CC. METRÓPOLIS	BTS 3012AE	Azotea	Dificultad Intermedia
60	TRIGAL SUR	BTS 3012AE	Azotea	Dificultad Intermedia

61	TRIGAL CENTRO	BTS 3012AE	Azotea	Dificultad Intermedia
62	AV. NAVAS	BTS 3012AE	Terreno	Simple Sustitución
63	BIGLOW	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
64	UNIV. DE CARABOBO	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
65	GUATAPARO	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
66	LOS MANGOS	BTS 3012	Terreno	Dificultad Intermedia
67	ESTADIO	BTS 3012AE	Terreno	Simple Sustitución
68	ISABELICA	BTS 3012AE	Terreno	Simple Sustitución
69	ZONA INDUSTRIAL SUR	BTS 3012AE	Terreno	Difícil Sustitución
70	BARBULA	BTS 3012AE	Terreno	Dificultad Intermedia
71	DIST. NAGUANAGUA	BTS 3012AE	Terreno	Simple Sustitución
72	FORUM VALENCIA	BTS 3012AE	Terreno	Difícil Sustitución
73	GUAPARO	BTS 3012AE	Terreno	Dificultad Intermedia
74	NAGUANAGUA OESTE	BTS 3012AE	Terreno	Difícil Sustitución
75	SAMBIL VALENCIA	BTS 3012AE	Terreno	Dificultad Intermedia
76	CHIMENEA	BTS 3012AE	Terreno	Dificultad Intermedia
77	KERDEL	BTS 3012	Azotea	Dificultad Intermedia

Para cumplir con los objetivos planteados en la aplicación de la documentación, se realizó el plan de trabajo -mostrado en la figura 34- que representa el proceso realizado por estación.

Esta etapa fue de sumo interés, pues permitió interactuar con los equipos estudiados. Incluso, se requirieron datos de RF (radio frecuencia) que fueron tomados directamente sobre las torres donde se encontraban las antenas. Seguidamente, con los datos provenientes del levantamiento, se realizaron los planos en AutoCAD. Igualmente, se utilizó el mapa en físico realizado por el equipo y se verificó la información con las fotografías tomadas. Como la mayoría de los integrantes del equipo formado carecía de la pericia necesaria para el uso de esa herramienta, con la contada excepción de los ingenieros que prestaron apoyo por cortos lapsos, se recurrió a planificar y solicitar⁵, al departamento de

⁵ Se creó un precedente en la compañía, específicamente en la sucursal de Venezuela. En la

ingeniería y diseño (EDD), un curso de entrenamiento en el uso del programa de diseño asistido por computador AutoCAD. La petición fue satisfecha por Huawei Technologies Co.,Ltd.

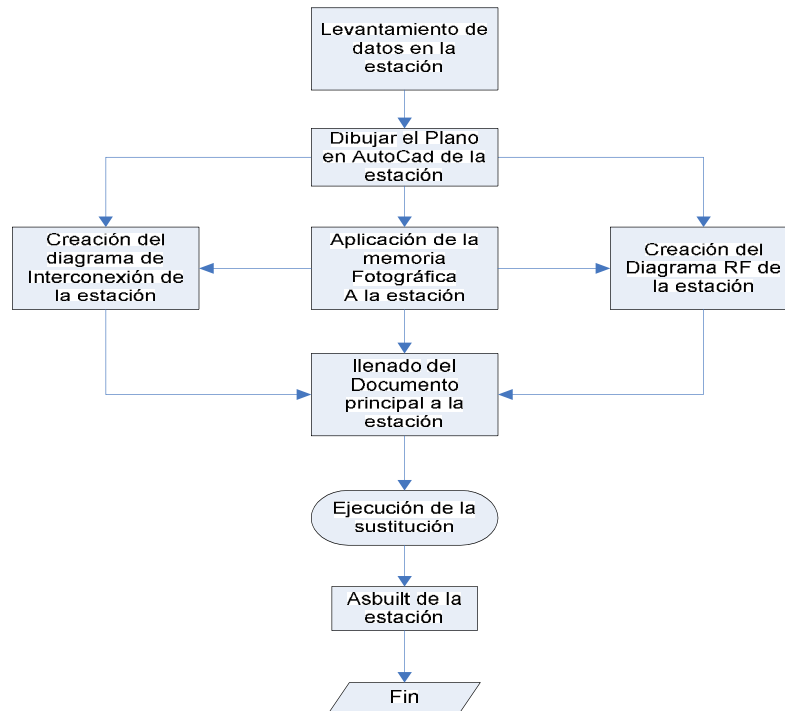


Figura N° 34. Plan de trabajo en la aplicación documental

Posteriormente se realizaron las memorias fotográficas y se aplicó a cada uno de los puntos planteados en el diseño. En caso de faltar la indicación de un punto clave por ausencia de una fotografía, la ingeniería preliminar debía ser retrasada y se reponía una nueva visita por parte del equipo de levantamiento de datos perteneciente a Huawei, con el fin de tomar la(s) fotografía(s) faltante(s). Se crearon los diagramas de interconexión de estaciones y los de interconexión de RF (radio frecuencia), a partir de la información entregada por DIGITEL.

actualidad Huawei asigna recursos para el entrenamiento con herramientas de creación de documentos de ingenierías preliminares y no sólo para equipos de su propia producción.

Luego se estudió individualmente cada caso. Se repasaron todos los documentos pertenecientes a cada estación. Se identificó si era necesario efectuar o no alguna adaptación considerada como obra civil. Seguidamente, se completó el documento principal de la ingeniería preliminar, en cada uno de sus renglones: información del equipo radio base, transmisión, consideración para acceso al sitio, información general de infraestructura, sistema radiante, información general de energía e información de adecuación de la estación.

Es importante indicar que, en el desarrollo del proyecto, se contrató equipos con poco conocimiento técnico con el objeto de realizar labores repetitivas en la aplicación de la documentación. Inicialmente, se procuraba la entrega de un mayor volumen de documentos para su posterior aprobación por parte de DIGITEL y ejecución, pero eso repercutía en la veracidad de la evaluación del documento, y creaba retrasos y aumento de gastos⁶. Esa fue la situación que se esperaba evitar al tomar la decisión de efectuar el tipo de contratos citado.

Así mismo, es necesario contar, al realizar el análisis en cada estación, con un basamento teórico y conocimiento técnico de cada una de las partes comprendidas en la BTS dentro de la arquitectura de la red GSM. Se garantiza, con ello, poder tomar las decisiones correctas en la economía del proyecto y en la adecuada puesta en funcionamiento de las estaciones.

Dentro de los renglones a llenar después de la evaluación del sitio, se encuentra el aspecto de la energía. Éste es uno de los puntos de mayor importancia. Se identificaron cuáles eran las estaciones que ameritaban el canje completo del sistema de alimentación para evitar cambios innecesarios del equipamiento de energía presente en las estaciones. Este estudio produjo enormes ventajas económicas y logísticas. Le permitió a Huawei reducir la cantidad de equipos a producir en la sede principal e importarlas desde China, así como el

⁶ Los retrasos y aumentos de gastos se producen debido a la mala planificación, selección de los materiales y equipos a usar en la celda que obliga a realizar otra visita de instalación para adaptar esa información a la correcta.

traslado a la celda y la instalación de los mismos. Además, disminuyó la cantidad de equipos a comprar por DIGITEL.

Las estaciones interiores, donde el modelo a usar era la BTS3012 Huawei, carecían de un rectificador (AC/DC) interno. Por tanto, se debía identificar si el que se encontraba en la estación correspondía a los requerimientos de la BTS Huawei. De lo contrario, había que plantear su remoción e indicar cuál debía ser usado (modelo y capacidad) para la nueva BTS en la estación. En consecuencia, tenía que verificarse si el espacio donde se colocaría este nuevo convertidor AC/DC era el adecuado. De no serlo, DIGITEL debía realizar las modificaciones sugeridas por los documentos.

3.5 Procedimiento de Instalación y Puesta en Servicio

Estos procedimientos forman parte de las pruebas técnicas necesarias a realizar antes y después de la puesta en servicio de cualquier BTS Huawei. Consisten en una lista de pasos diseñados para sus equipos BTS, con el objeto de establecer los parámetros de calidad del servicio de instalación. Véase apéndice 7.

3.6 Instalaciones de Sustitución

Para cumplir con los requerimientos impuestos por los rigurosos planes de entrega de las estaciones a Digitel, se requirieron los servicios de una contratista para el proceso de instalación de los equipos y así mitigar los efectos de la carencia de personal por parte del departamento EDD para realizar dichas actividades. Es perentorio destacar que la empresa contratista, para cumplir su labor de instalación, se valió, exhaustivamente, de los documentos de ingeniería preliminar desarrollados en el presente Trabajo Especial de Grado.

De acuerdo a lo establecido por las regulaciones legales del contrato, dentro

del equipo de instaladores debía estar presente un personal de supervisión de Digitel y de Huawei tanto local como Chino. Esta especificación se haría valer especialmente en el caso de que, dentro de la documentación de ingeniería preliminar, se hubiese propuesto alguna reubicación de los radios de micro ondas de la estación. En la tabla 3, se presenta la lista de actividades de Huawei y la contratista presente en la etapa de sustitución.

Tabla N° 3. División de actividades Huawei/contratista

Actividad	Huawei	Contratista
Entrega de la información técnica y física de los equipos a instalar y de las ingenierías preliminares	X	
Entrega de la lista de sitios para la visita de instalación	X	
Entrega de lista del personal que realizará las instalaciones		X
Tramitación de los permisos de acceso a las estaciones para el grupo de instalación	X	
Llenado de la documentación final (As Built)	X	
Entrenamiento del personal de la contratista para las instalaciones	X	
Traslado de los equipos y materiales a la estación		X
Instalación de los equipos (anclaje, cableado de energía, colocación de jumpers, entre otros)		X
Realizar las pruebas de funcionamiento		X

3.7 Recopilación de la Información Técnica de los Equipos a Usar y de aquéllos Presentes en las Estaciones del Proyecto

A continuación, se expone toda la información técnica de los equipos que fueron usados para la sustitución y de aquéllos que se encontraban en uso por parte de DIGITEL. La investigación y recopilación de dicha información forma

parte de los objetivos específicos del T.E.G y permitió identificar detalles técnicos necesarios para la realización de la ingeniería de detalle.

Inicialmente, se analizó la información relacionada con el proyecto. Los principales tópicos investigables fueron:

- Solución ofertada por el departamento de ventas de Huawei Technology de Venezuela, que consistía en la identificación del tipo de servicio que se le iba a dar a DIGITEL.
- Equipos a utilizar (modelos, características técnicas como: puertos, condiciones de operación, alimentación energética) dentro del catálogo de productos de Huawei.
- Lugares a ubicar los equipos.
- Funciones que deben desempeñar los equipos.

Para la recopilación de la información, se consultaron especificaciones técnicas, manuales e informes de carácter confidencial que se encontraban en la empresa.

3.7.1 Equipos BTS Huawei a Usar

BTS (Estación base transmisora-receptora) Huawei 3012 y 3012AE

La BTS Huawei tiene un funcionamiento de alto desempeño y alta confiabilidad. Un gabinete puede apoyar hasta 12 transceivers (TRXs) e integrarse fácilmente en la red de radio del acceso de GSM/EDGE (GERAN).

Dos de los factores determinantes para la ejecución de la sustitución tanto tecnológica como de equipos dentro de la red por parte de DIGITEL, con los productos HUAWEI, han sido el precio unitario de los equipos y la facilidad de mantenimiento. Gracias a estas condiciones, las BTS a sustituir representan un costo menor a la hora de adquisición. Así mismo, las facilidades ofrecidas de mantenimiento implican practicidad a la hora de solucionar algún problema

técnico referente al funcionamiento de la celda.

Capacidad

Dentro de las necesidades de DIGITEL, se presentaban dos opciones. En algunos casos, era necesario ampliar las cantidades de transceivers (TRXs). En otros, simplemente bastaba con mantener las mismas cantidades presentes por sector. En consecuencia, el espacio disponible en las estaciones era una limitante. Para enfrentarla adecuadamente, se procedió a identificar las capacidades de cada modelo.

Seguidamente, se presenta una lista de las capacidades:

- Un gabinete soporta hasta 12 TRXs (transceivers) o portadoras.
- Configuración de hasta 6 celdas de energía dentro de un gabinete.
- Configuración máxima de 36 TRXs (con topología de conexión maestro-esclavo). Se requieren 3 BTS con sus correspondientes gabinetes de batería de respaldo.

Características de Interconexión

La BTS3012 (interior) y la BTS3012AE (exterior) tienen las siguientes características en términos de interconexión:

- Soporta múltiples medios de transmisión tales como E1, STM-1, microondas y transmisión satelital.
- Soporta múltiples topologías como estrella, árbol, cadena, anillo y topologías híbridas.

Reloj y Sincronización

La BTS3012 y BTS3012AE tienen las siguientes características en términos de sincronización:

- El reloj de la BTS tiene cuatro modos: recuperación inmediata (fast pull-in), bloqueado (locked), mantenimiento (holdover) y corrida libre (fase run).

- La unidad de transmisión, sincronización y administración para el DTRU (DTMU) utiliza modo de activación y espera, con grandes mejoras en la confiabilidad del reloj.
- La BTS puede procesar las entradas de bits de reloj externos.

Antenas

A las BTS3012 y BTS3012AE, se les pueden instalar antenas con las siguientes características:

- Antenas que permiten inclinación eléctrica remota (RET).
- Antenas que presentan polarización dual. Ello permite la reducción del número de antenas en un sitio.

Así mismo, las BTS mencionadas soportan amplificadores montados en torres (TMA), lo que mejora la sensibilidad de recepción.

Alimentación Eléctrica

Las BTS BTS3012 y BTS3012AE utilizan alimentación de -48 V DC. También presentan entradas de alimentación eléctrica de 110/220 V AC y +24 V DC, a través de un convertidor, un equipo proveedor de energía externo al gabinete de la BTS. La potencia consumida en una configuración típica es de 1.8 kW a 2.2 kW con corrientes que van desde el orden de 50 A a 90 A.

Cabe destacar que cada modelo de BTS presenta una diferencia marcada en cuanto a la alimentación, debido a que cada BTS fue diseñada para una ubicación específica. En el caso de la BTS3012AE, la misma viene con un rectificador (convertidor AC/DC) incorporado. Por tanto, se debe procurar una entrada AC de 110/220 V en el tablero principal y un interruptor triple que soporte 63 A, cada uno.

En contraposición, la BTS3012, por ser éste el modelo para interiores, nos da la posibilidad de tener mayor espacio en su gabinete para baterías de respaldo. Sin embargo, es necesario usar un convertidor AC/DC externo al equipo para

energizarla a unos -48 V DC. En consecuencia, ésta última implica un mayor estudio de los casos. En las estaciones que estén dentro de un ambiente de resguardo adaptado (Shelter), se debe procurar espacio tanto para la o las BTS a utilizar como para el convertidor AC/DC. Además, se debe verificar el tipo de alimentación presente. De igual forma, es imprescindible identificar si es re-utilizable o no el convertidor que está en uso. Posteriormente, se estudiará o aclarará más este caso en particular.

Operación en Múltiples Bandas de Frecuencia

Debido a que la frecuencia que usa DIGITEL para las BTS a sustituir es de 900 MHz, se presentó la necesidad de procurar que las BTS Huawei pudiesen proporcionar esa frecuencia de operación. Después de analizar las características presentes en el manual, se detectó que tanto las BTS Huawei interiores como las exteriores permiten la comunicación en las bandas de frecuencia: 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz.

Dimensiones y Pesos

Dentro del proceso de sustitución, se encontraba la necesidad de lograr una adaptación de las BTS Huawei en el lugar que anteriormente fue creado para albergar otro tipo de BTS bien de otros modelos o bien de otro proveedor. Identificar las dimensiones físicas además del peso fue crucial para cumplir ese requisito. Como se sabe, los equipos debían ser transportados a las estaciones y, en muchos casos, como las estaciones no eran de fácil acceso, se debían utilizar grúas para poder colocarlas en su ubicación final.

El uso de grúas ocasionó otra problemática. Fue necesario asegurar las capacidades de estas grúas en cuanto al peso y la alimentación, para garantizar su alimentación eléctrica. De hecho, en muchas estaciones, no existían tomas de corriente con las características requeridas por los modelos de grúas usadas por la contratista en el lugar de sustitución.

A continuación, se presentan las dimensiones de las BTS a sustituir:

BTS 3012 (Indoor - Interiores)

Dimensiones: En la tabla 4, se muestran las dimensiones de las BTS 3012

Tabla N° 4. Dimensiones de la BTS 3012 [4]

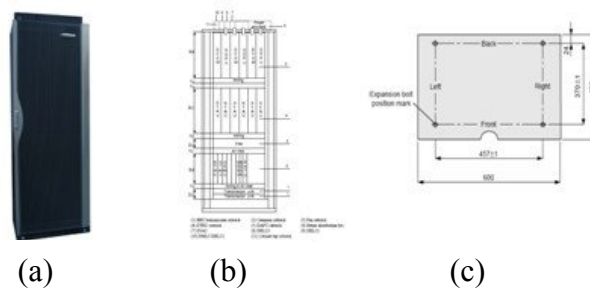
Equipo	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)
Gabinete	600	450	1600
Gabinete + tope	600	450	1680
Gabinete + tope + Base	600	450	1750

Peso: En la tabla 5, podemos apreciar los pesos promedios de las BTS 3012

Tabla N° 5. Peso de la BTS 3012 [4]

Tipo de Configuración	Peso (Kg)
Gabinete vacío (incluyendo las tarjetas en el subsistema común)	120
Configuración completa (S 4/4/4) ⁷	200
Configuración completa con los módulos de transmisión y DCOM	220

En la figura 35, se muestra la vista del gabinete 3012 que representa el modelo para exteriores de la compañía Huawei Technologies Co.,Ltd.



(a) Bastidor, (b) Distribución de los paneles y (c) Huella

Figura N° 35. BTS 3012 [4]

⁷ En S (x,y,z), S hace referencia a sectores usados; x,y,z son las cantidades de TRxs usados en cada sector

BTS 3012AE (Outdoor - exteriores)

Dimensiones: En la tabla 6, se presentan las dimensiones de las BTS 3012AE

Tabla N° 6. Dimensiones de la BTS 3012AE [4]

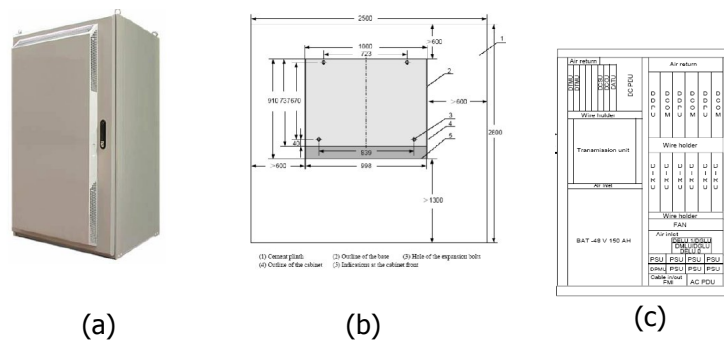
Equipo	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)
Gabinete	1000	910	1700
Gabinete + base	1000	910	1900

Peso: En la tabla 7, se muestran los pesos promedios de las BTS 3012AE

Tabla N° 7. Peso de la BTS 3012AE [4]

Tipo de Configuración	Peso (Kg)
Gabinete vacío	200
Gabinete ensamblado	360
Configuración completa sin banco de baterías	440

En la figura 36, se muestra la vista del gabinete 3012AE que representa el modelo para exteriores de la compañía Huawei Technologies Co.,Ltd.



(a) Bastidor, (b) Huella , (c) Distribución de los paneles

Figura N° 36. BTS 3012AE [4]

Información de Instalación de Los Equipos Huawei**BTS 3012 (Modelo Indoor - interiores)**

La BTS3012 tiene las siguientes características de instalación:

- La BTS puede instalarse al ras de la pared.
- Soporta la instalación de gabinetes combinados.
- El cableado externo es conectado por la parte superior de la BTS.
- Todo el mantenimiento del cableado se realiza por la parte frontal.
- Fácil y rápida instalación del software y del hardware.

BTS 3012AE (Outdoor - exteriores)

La BTS3012AE tiene las siguientes características en términos de instalación:

- La BTS se puede instalar en piso de cemento, plataformas metálicas, azoteas y edificios.
- El cableado externo le llega por la parte inferior. Se debe reservar 200mm para el mismo.
- El mantenimiento del cableado se realiza por la parte frontal del equipo
- Se requiere un espacio de guarda entre la pared posterior (si hubiese) y la espalda (parte trasera) de la BTS.
- Fácil y rápida (menos pasos y automatización de los mismos) instalación del software y hardware.

3.7.2 Equipos Siemens BTS existentes

Una vez recopilada la información técnica de mayor impacto en las BTS Huawei en la sustitución, se indican las características de las BTS existentes en las estaciones en las cuales se realizaron las sustituciones. El estudio e identificación previo de las mismas permitieron identificar las adaptaciones técnicas requeridas y el estado operativo en que se encontraba la estación.

En esta etapa, se encontraba presente la investigación de todas las

características técnicas y de desempeño de las BTS, para luego identificar cuáles eran las de mayor relevancia en la sustitución. Fueron necesarios los manuales de las BTS: BS-241, BS-240 y BS-240XL Siemens.

Los equipos BTS Siemens encontrados en las celdas del proyecto fueron los siguientes:

BTS Siemens BS-241

En la figura 37, se puede identificar la distribución de los paneles de configuración dentro de la BTS modelo BS-241. De igual forma, se puede apreciar la apariencia del equipo, en la que resalta la presencia de puertas protectoras en el gabinete.

Con el objeto de identificar las características funcionales de las BTS modelo BS-241 que estuviesen operando dentro de la red GSM Digitel en valencia, se procedió a listarlas en la tabla 8. De esta manera, se presentaban, de forma más accesible, aquellas particularidades involucradas en la adaptación de las celdas, las mejoras en las prestaciones y el desempeño requerido por Digitel en las estaciones que exigían el cambio de tecnología y equipamiento.



Figura N° 37. BTS Siemens BS-241 [13]

Tabla N° 8. Características técnicas BTS Siemens Mod. BS-241 [13]

Características Técnicas	Modelo: BS-241
Tipo	Outdoor (para instalación exterior)
Portadoras por Rack	8
Alto x Ancho x Profundidad	1750x700x650 mm
Volumen Neto del equipo en Litros	705 l
Peso	265 kg
Operación acc.	ETSI 4.1E
Rango de Temperatura	-45 °C a +55 °C
Power Supply (Suministro de energía)	230/400 V AC Ó 110/207 V AC
Consumo de Energía Bajo EDGE/GSM	1.8 kW/1.2 kW
Potencia de Salida GSM850/900	GMSK 68 W/8-PSK 43W
Potencia de Salida GSM1800/1900	GMSK 68 W/8-PSK 34 W
Battery backup (Respaldo de Baterías)	Hasta 10 horas
Hardware de micro ondas	Integrado
Sensibilidad del RX	Hasta -116 dBm

BTS Siemens BS-240

En la figura 38, se identifica la distribución de los paneles de configuración de la BTS modelo BS-240. De igual forma, se puede apreciar la apariencia del equipo, en la que resalta la carencia de puertas protectoras en el gabinete.

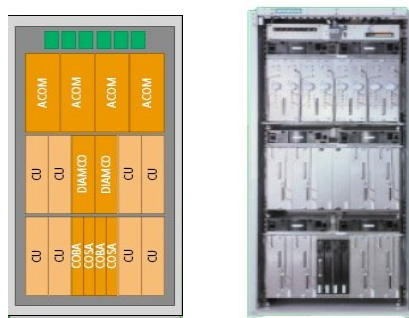


Figura N° 38. BTS Siemens BS-240 [13]

En la Tabla 9, se observan las características técnicas del modelo BS-240 pertinentes dentro del proceso de identificación de posibles variables y que repercuten en la sustitución de dicho modelo por los modelos Huawei.

Tabla N° 9. Características Técnicas BTS Siemens BS-240 [13]

Características Técnicas	Modelo: BS-240
Tipo	Indoor (para instalación en SHELTER)
Portadoras por Rack	8
Alto x Ancho x Profundidad	1600x600x450 mm
Volumen Neto del equipo en Litros	432 litros
Peso	210 kg
Operación acc.	ETSI 3.1.1E
Rango de Temperatura	-5 °C a +45 °C
Power Supply (Suministro de energía)	-48 V DC ; 230/400 V AC Ó 110/207 V AC
Consumo de Energía Bajo EDGE/GSM	1.8 kW/1.2 kW
Potencia de Salida GSM850/900	GMSK 68W/8-PSK 43W
Potencia de Salida GSM1800/900	GMSK 68W/8-PSK 34W
Battery backup (Respaldo de Baterías)	Hasta 10 horas
Hardware de micro ondas	Integrado

BS-240XL

En la figura 39, se identifica la distribución de los paneles de configuración de la BTS modelo BS-240XL. De igual forma se puede apreciar la apariencia del equipo, en la que resalta la carencia de puertas protectoras en el gabinete.



Figura N° 39. BTS Siemens BS-240XL [13]

En la tabla 10, se muestra las características operacionales y físicas pertinentes al proyecto del modelo BS-240XL.

Tabla N° 10. Características Técnicas BTS Siemens BS-240XL [13]

Características Técnicas	Modelo: BS-240XL
Tipo	Indoor (para instalación en SHELTER)
Portadoras por Rack	12
Alto x Ancho x Profundidad	2025x600x450 mm
Volumen Neto	546 l
Peso	250 kg
Operación acc.	ETSI 3.1.E
Rango de Temperatura	-5 °C a +45 °C
Power Supply (Suministro de energía)	-48 V DC ; 230/400 V Ó 110/207 V AC
Consumo de Energía Bajo EDGE/GSM	2.6 kW/1.8 kW
Potencia de Salida GSM850/900	GMSK 68W/8-PSK 43W
Potencia de Salida GSM1800/1900	GMSK 68W/8-PSK 34W
Battery backup (Respaldo de Baterías)	Hasta 10 horas
Hardware de micro ondas	Integrado

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los documentos realizados en el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado. Luego, se identifican los cambios producidos en la red, gracias a la sustitución tecnológica y de equipos. Posteriormente, como forma de corroborar en primera instancia el correcto uso de los mismos, se aplicó una encuesta a la contratista que fue la encargada de realizar la sustitución en campo, junto a la aplicación del documento de medición final (As Built). Al final, se llegaría a una apreciación cuantitativa y cualitativa del uso de los documentos y de la aplicación de los mismos.

4.1 Modelo de Ingeniería de Detalle

Tabla N° 11. Características y formato del modelo del documento principal

Márgenes (cm)
Superior: 4,5; Inferior: 4,5; Derecho: 4,5; Izquierdo: 4.
Identificación de las partes involucradas
Digitel: En la esquina superior izquierda (Membrete).
Huawei: En la esquina superior derecha (Membrete).
Nombre del documento: En membrete y primera hoja.
Nombre de la estación: Membrete superior.
Autoría y control
Identificación de la persona que levantó la información.

Identificación de la persona que revisó la Ingeniería de Detalle.
Identificación de la persona que aprobó la documentación.
Identificación de la persona que aprobó la documentación.
Estructura del documento
Presentación.
Índice; Introducción; Contenido/ Anexos
Composición/Generalidades
Numero de páginas: 9
Renglones de información: 8
Fuente Tahoma tamaño 12

En la tabla 11, se presentan las características principales del documento. Para más información sobre el mismo, se debe consultar el apéndice 1 y anexo 1: Ingeniería preliminar Estación Florida.

4.2 Modelo de Plano

En la tabla 12, se presentan las características y el formato del modelo de documento propuesto “Plano”. Así mismo, se muestran ejemplos del mismo y de las 3 vistas que lo conforman para más información y detalles, ver el anexo 6 documento “Plano” Estación La Encrucijada.

Tabla N° 12. Características y formato del modelo del documento Plano

Formato
Extensión: *.Dwg (AutoCAD); En Físico (Plot).
Escala: 1:100.
Fuente Arial Tamaño 12.
Áreas de datos
Leyenda.
Zona de comentarios (Notas).
Membrete: esquina inferior derecha del plano.
Generalidades
De la versión del formato usado.
Fecha: Mes y año de la creación del plano.
Identificación del contenido de la sección del plano.
Identificación
Nombre de proyecto.
Nombre de la estación.
Nombre del dibujante.
Presentación de la gerencia de Infra estructura.
Logos
Huawei: Membrete en la esquina inferior derecha.
Digitel: Membrete en la esquina inferior derecha

4.3 Modelo de Memoria Fotográfica

A continuación, se presentan, en la tabla 13, las características y el formato del modelo de documento propuesto “Memoria Fotográfica”. Así mismo, se

muestra un ejemplo del mismo para más información, ver el anexo 4 “Memoria Fotográfica Estación San Diego II”.

Tabla N° 13. Características y formato del modelo del documento Memoria fotográfica

Formato
Extensión: *.ppt (Power point).
Físico: Hojas tamaño carta.
Imágenes a Color.
Identificación
Identificación de la persona que elaboró la memoria fotográfica (Huawei).
Identificación del personal que revisó el documento (Huawei).
Nombre de la persona que aprobó el documento (Digitel).
Identificación del número de anexo al que pertenece dentro de la ingeniería de detalle: Esquina inferior izquierda sobre la zona de identificación del personal y autoría.
Generalidades
Fecha de elaboración en la esquina inferior derecha (membrete inferior).
Nombre de la estación membrete superior centrado.
Descripciones de la fotografía y nombre de la misma se realizarán dentro de la zona dispuesta para la fotografía.
Rango de páginas: de 12 a 20 como máximo.
Fuente Arial Tamaño 12.
Logo
Huawei: Esquina superior derecha en el membrete de la hoja.
Digitel: Esquina superior izquierda en el membrete de la hoja.

4.4 Modelo de AS BUILT (instrumento de medición final)

A continuación, se presentan, en la tabla 14, las características y el formato del modelo de documento propuesto “*AS BUILT*”. Para mayor detalle, ver el ejemplo del documento evaluado en una estación que se encuentra en el anexo 5 “Ingeniería Final (As Built) Estación San Diego”.

Tabla N° 14. Características y formato del modelo del documento AS BUILT

Márgenes (cm)
Superior: 4,5; Inferior: 2,4; Derecho: 2; Izquierdo 4.
Identificación de las partes involucradas
Identificación de Digital: Esquina superior izquierda (Membrete).
Identificación de Huawei: Esquina superior derecha (Membrete).
Identificación del documento: En membrete y primera hoja.
La estación: Membrete superior centrado.
Fecha de elaborado: Primera hoja parte inferior sobre el pie de página.
Autoría y control
Identificación del personal que levantó la información.
Identificación del personal que revisó el documento.
Identificación de la persona que aprobó la documentación.
Identificación de la persona que realizó el documento.
Nombre del proyecto: membrete de encabezado en mayúscula.
Estructura del documento
Presentación; Índice; Introducción; Contenido/ Anexos.
Composición/ Generalidades.
páginas: 10 (sin anexos).
Renglones de información: 7.
Hoja tamaño carta.
Fuente Arial tamaño 12.

4.5 Resultados de la encuesta

Se usó un modelo básico con preguntas cerradas que fuesen representativas

de lo que se iba a corroborar, de acuerdo con la metodología presentada para mantener la calidad del proceso de diseño documental, este instrumento de indagación busca una retro alimentación entre la contratista y el departamento de EDD.

En la tabla 15 se presentan dos columnas, donde se ubican los tópicos de las preguntas realizadas en la entrevista (ver apéndice 3 para mayor detalle del modelo de documento *encuesta*) y el porcentaje⁸ de estaciones en las cuales se verificó la veracidad de lo expuesto mediante la documentación de ingeniería preliminar y lo requerido en las celdas visitadas.

Tabla N° 15. Resultados de la encuesta aplicada

5 Equipos de Instaladores	7 Personas en cada uno de los equipos
20 Preguntas Distribuidas en 8 Renglones	
Total de estaciones evaluadas 77	Total de personal encuestado: 35 personas
INFORMACIÓN GENERAL DEL SITIO	
Dirección de la estación	100%
TRANSMISIÓN	
Unidades físicas en la regleta para ubicar los radios	100%
Capacidad máxima de E1 soportada por la radio SRAL y/o SRALXD	100%
CONSIDERACIONES PARA ACCESO AL SITIO	
Llaves de acceso	100%
El Horario de instalación	100%
El terreno y vialidad	100%
INFORMACIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA	
Tipo de celda	100%
Estructura de soporte para antenas	100%
Altura de la estructura de soporte (torre, mástil, etc.)	100%
SISTEMA RADIANTE	
Información del sistema radiante	100%
Longitud de las guías de ondas	90,91%

⁸ Donde el 100% representa la totalidad de las estaciones (77) y 0% ninguna estación.

Conectores	100%
Alturas de las antenas	100%
INFORMACIÓN GENERAL DE ENERGIA	
Equipos de energía existente	100%
Materiales requeridos	80,52%
INFORMACIÓN DE ADECUACION DE SITIO	
Adecuaciones externas	100%
Adecuaciones internas	100%
INSTALACIÓN DE EQUIPOS HUAWEI	
Procedimiento de sustitución propuesto	84,41%
Movimientos de los equipos propuestos	96,1%
Clasificación del tipo de Sustitución	100%

En la longitud de las guías de onda se presentaron discrepancias en 7 estaciones (9,09% del total), debido a que los cálculos de dichas longitudes fueron realizados sobre planos en AutoCAD, dibujados a partir de información errada proveniente del plano en físico del levantamiento de las estaciones.

Asimismo, los materiales requeridos en la información general de energía (cables AC y DC) en 15 estaciones (19,48% del total) reportaron un excedente menor al 1% de las longitudes de los mismos, debido a aproximaciones realizadas sobre el plano en AutoCAD.

En cuanto a la instalación de los equipos Huawei, los procedimientos y los movimientos de los equipos en 84,41% y 96,1% de las estaciones respectivamente, se efectuó lo indicado en las ingenierías preliminares por parte de la contratista mientras que en las restantes se realizaron procedimientos adaptados a los requerimientos y experiencia del equipo instalador.

4.6 Variación de Costos de Instalación en la Ejecución y Servicios de Ingeniería Preliminar

Para la ejecución del proyecto GBSS DIGITEL, la alta gerencia del departamento EDD Huawei se planteó la necesidad de disminuir los costos (asociados a tiempo de ejecución uso de materiales y proceso de cambio de BTS) que representaba la instalación y todo aquello que fuese requerido para la misma. Antes de la firma del contrato, Huawei había realizado un proyecto piloto de instalación de 27 estaciones en el occidente del país, durante el año 2006. El propósito externo fue demostrar al cliente DIGITEL que la empresa Huawei podría lograr con éxito su ejecución. El propósito interno, en cambio, buscaba indagar la rentabilidad de eliminar la necesidad de contratar los servicios de levantamiento de información y de documentación de ingeniería preliminar.

Se crearon equipos formados en su mayoría por técnicos extranjeros que hicieron las instalaciones sin realizar ningún tipo de documentación preliminar. El enfoque estaba en entregar las celdas funcionalmente operativas. Según cifras oficiales de Huawei, los costos ascendieron hasta \$ 6000 por instalación de BTS que, al cambio oficial del año representaba BsF. 12900 por estación, sin incluir transporte ni montos de producción de equipos o materiales. La compañía tuvo que asimilar las pérdidas con el objeto de tratar de disminuirlas y recuperar aquellas inversiones con posteriores contratos.

La oferta que Huawei recibió de contratistas se encontraba por el orden de \$ 1400 por el servicio de ingeniería preliminar por estación. Ese monto no incluía transporte ni costos de instalación y fabricación. De ahí, se desprendió la idea de crear un equipo capaz de producir una documentación que permitiera la identificación de aquello que fuese necesario: cálculo de medidas y de cantidades de materiales, identificación de adaptaciones necesarias para la instalación, entre otros aspectos. Si se utilizaba personal perteneciente a Huawei, el pago de nómina se encontraba alrededor de \$ 500, tomando en cuenta que en su mayoría serían

tesistas o pasantes.

En la tabla 16, se presentan las estaciones que se instalaron dentro del plan piloto y sus características⁹ más resaltantes.

Tabla N° 16. Estaciones del plan piloto occidente DIGITEL y costo

Nombre código de la estación	Ubicación de la estación	Modelo de BTS usadas	Costo
A1	Azotea	BTS 3012AE	5500\$
A2	Terreno	BTS 3012AE	5800\$
A3	Azotea	BTS 3012AE	6000\$
A4	Terreno	BTS 3012AE	4600\$
A5	Terreno	BTS 3012AE	6000\$
A6	Azotea	BTS 3012AE	5700\$
A7	Azotea	BTS 3012AE	6000\$
A8	Terreno	BTS 3012AE	6000\$
A9	Terreno	BTS 3012	6000\$
A10	Terreno	BTS 3012	5900\$
A11	Azotea	BTS 3012	6000\$
A12	Terreno	BTS 3012	5700\$
A13	Terreno	BTS 3012	6000\$
A14	Terreno	BTS 3012	6000\$
A15	Terreno	BTS 3012	6000\$
A16	Terreno	BTS 3012	5900\$

⁹ **Nota importante:** debido a las particularidades que se presentaron en la ejecución del proyecto piloto sobre las estaciones mencionadas, se prohibió, categóricamente, la publicación en cualquier medio del o de los nombres códigos de las estaciones. Se optó por identificarlas por nombres genéricos alfanuméricos para poder presentarlas en este Trabajo Especial de Grado, como se muestra a continuación: [A1, A2, ..., A26, A27], que tiene una correspondencia directa al listado de los nombres de las estaciones organizados en orden alfabético. De necesitarse, por alguna razón, la información referente al nombre código de las estaciones, la parte interesada deberá dirigir una carta a la gerencia general del departamento de EDD y a la gerencia de relaciones públicas de Huawei Venezuela para el posterior estudio del caso y su correspondiente respuesta.

A17	Terreno	BTS 3012	6000\$
A18	Terreno	BTS 3012	5500\$
A19	Terreno	BTS 3012	5800\$
A20	Azotea	BTS 3012	6000\$
A21	Azotea	BTS 3012	6000\$
A22	Azotea	BTS 3012	4600\$
A23	Azotea	BTS 3012	6000\$
A24	Azotea	BTS 3012	6000\$
A25	Azotea	BTS 3012	4600\$
A26	Azotea	BTS 3012	6000\$
A27	Azotea	BTS 3012	5700\$

De las anteriores estaciones, se generaron reportes donde se evidenciaban problemas de logística como mala identificación de la vialidad y disposición de los equipos, transporte e incorrecto cálculo de materiales a usar. Esto implicó un exceso de múltiples visitas a la estación hasta lograr la puesta en marcha de la misma.

A continuación, se presenta la tabla 17, que contiene 27 estaciones de muestra, pertenecientes el proyecto GBSS DIGITEL, Valencia, que se encontraban con características similares de ubicación, tipo de celda, tipos de BTS a instalar, equipos de energía, requerimiento de instalación y aumento de capacidades

Tabla N° 17. Estaciones de muestra del proyecto GBSS DIGITEL Valencia

Nombre código de la estación	Ubicación de la estación	Modelo de BTS usadas	Costo
FLOR AMARILLO II	Azotea	BTS 3012AE	3000\$
YAGUA II	Terreno	BTS 3012AE	2800\$
ARANZAZU	Azotea	BTS 3012AE	2700\$
LOMAS DEL ESTE	Terreno	BTS 3012AE	3000\$
AGUACATE	Terreno	BTS 3012AE	2790\$

PARQUE VALENCIA	Azotea	BTS 3012AE	3000\$
SAN BLAS	Azotea	BTS 3012AE	3000\$
MISAEL DELGADO	Terreno	BTS 3012AE	2900\$
CAMPO CARABOBO	Terreno	BTS 3012	2900\$
LA ENCRUCIJADA	Terreno	BTS 3012	3000\$
EUTRIMIO RIVAS	Azotea	BTS 3012	2800\$
LA FLORIDA	Terreno	BTS 3012	2700\$
HIPÓDROMO	Terreno	BTS 3012	3000\$
MONUMENTAL	Terreno	BTS 3012	2790\$
TOCUYITO	Terreno	BTS 3012	3000\$
TRINIDAD	Terreno	BTS 3012	2700\$
VALENCIA SUR II	Terreno	BTS 3012	3000\$
VALENCIA SUR III	Terreno	BTS 3012	2790\$
VALENCIA SUR I	Terreno	BTS 3012	3000\$
BRANGER	Azotea	BTS 3012	2800\$
CATEDRAL	Azotea	BTS 3012	2700\$
AV. CEDEÑO	Azotea	BTS 3012	3000\$
GUAYABAL	Azotea	BTS 3012	3000\$
LAS QUINTAS	Azotea	BTS 3012	3000\$
TRIGAL NORTE	Azotea	BTS 3012	3000\$
TRIGAL	Azotea	BTS 3012	3000\$
URB. CENTRO	Azotea	BTS 3012	3000\$

Al observar los costos de instalación del proyecto piloto, se evidencia la drástica disminución de los mismos en el proyecto (por el orden del 50% en el caso donde se experimento el mayor gasto de instalación de \$6000 a \$3000 y el 41,31% en el menor de los gastos de 4600% a \$2700), debido a la reducción de tiempo de instalación uso adecuado de los materiales y equipos así como la utilización de mano de obra barata. Las restantes 50 estaciones del proyecto GBSS fueron realizadas dentro del mismo proceso de diseño y aplicación. Además, se aplicó la misma auditoria tanto interna como externa y la ejecución fue realizada por el mismo personal. En consecuencia, se mantuvieron los costos

de operación en montos similares a los anteriormente presentados. Las variaciones que se pudiesen presentar en las restantes 50, se desprenden, en forma directa, de la diferencia de requerimientos de equipos en las instalaciones.

El departamento Cadena de Suministros “*Supply Chain*”, a través de un comunicado, indicó que “hubo una disminución en los costos de materiales, ya que se realizaron medidas sobre planos que fueron levantados en las estaciones con datos veraces indicando dimensiones totales de todos los materiales como guías de ondas, cables de puesta a tierra y de energía, así como los montantes de antenas adecuados a las torres o mástiles entre otros, que fueron pedidos por estación a través del departamento a la sede principal en China. Fueron usados sin reporte alguno de pérdida de material o carencia del mismo finalizando con la puesta en marcha exitosa”. [4]

Finalmente, se reconoce una ventaja ante las opciones presentes de hacer uso de los servicios de una contratista o realizar el mismo método de ejecución del proyecto que se implementó en occidente.

4.7 Tiempo de ejecución del proyecto

Huawei se planteó la entrega de las estaciones en el lapso establecido, según los cronogramas que se iban discutiendo en la mesa conjunta DIGITEL-Huawei. Dentro del tiempo de ejecución de un proyecto como el discutido, se encuentran las demoras por entrega y traslado de equipos desde China, el tiempo empleado en realizar las pre-ingenierías si llegase haber alguna documentación involucrada, el tiempo de traslado de materiales y equipos a la celda, el tiempo de instalación, el tiempo de pruebas y la puesta en marcha, configuración de equipos y mantenimiento preventivo.

Sobre la base de la metodología planteada en el diseño y aplicación de la documentación, se pudo prescindir de las múltiples visitas por problemas logísticos, ya que se identificaron y fueron solucionadas con antelación, las

posibles dificultades. Ello resultó ser consecuencia directa del estricto apego a la documentación que previó los requerimientos y sus cantidades, además de todos los elementos necesarios para hacer factible la instalación y puesta en marcha de las estaciones. Las características y cantidades exactas de equipos fueron indicadas directamente al gerente del proyecto, quien se encargó de administrar los recursos y de ordenar las importaciones. Tomando en cuenta el tiempo que representaba, se le otorgaron herramientas para negociar cualquier posible reestructuración del proyecto.

En la etapa de aplicación documental, se ejecutó un plan estratégico (ver figura 34) para administrar el tiempo. La técnica consistía en realizar los levantamientos iniciales de 3 estaciones o más, por día, por cada equipo de levantamiento. Posteriormente, se procedía a enviar los datos al departamento EDD, quien comenzaba la aplicación de los renglones pertinentes y la creación de los documentos de apoyo, como planos y memorias fotográficas que eran los más descriptivos de la situación técnica de la estación. El levantamiento y la aplicación documental llegaron a ser simultáneos después del primer grupo de estaciones conformado por 3 estaciones.

De igual manera, se hicieron planificaciones de las visitas indicando los días y horarios adecuados para las mismas. Se verificaban a través de llamadas y reportes de los responsables de la celda por parte de DIGITEL. Esta información también fue incluida en el documento principal de la ingeniería de detalle. Eso permitió que el traslado de equipos para la instalación fuese expedito y se realizaran menos visitas por estación.

El señalamiento, en el documento principal, de los materiales que se usarían, equipos a instalar y su disposición en la estación les permitió a los instaladores realizar, expeditamente, las desinstalaciones de equipos antiguos, conexiones y pruebas de puesta en marcha. Esto se logró gracias al apoyo tanto de la información suministrada previamente como de las memorias fotográficas donde

se mostraban con detalle las características de la estación a través de imágenes. Así, el personal en ejecución conocía la estación y la disposición de los equipos existentes. Se evitaba, de esta manera, el tiempo que implicaba el período de inspección para identificar los equipos que estarían operando y cómo debía colocarse los nuevos a instalar. Esto también permitió evitar la necesidad, que se presentó en el plan piloto de occidente, de realizar compras de materiales locales, por carecer de los requeridos o de las cantidades apropiadas. Esa debilidad representaba no sólo un costo adicional a lo planteado inicialmente, sino una exposición peligrosa del desarrollo del proyecto a carencias de suministros en los distribuidores locales, situación que involucraba retrasos en la instalación.

En la tabla 18, en formato comparativo, los tiempos de ejecución (incluido el traslado de equipos a la estación) de las celdas del plan piloto ejecutado en el occidente del país y el grupo de muestra (27 estaciones) tomado de las 77 estaciones del proyecto GBSS Valencia.

Tabla N° 18. Tiempos de ejecución DIGITEL occidente y GBSS Valencia

Proyecto Piloto DIGITEL Occidente			Proyecto GBSS DIGITEL Valencia		
Nombre código de la estación	Ubicación de la estación	Tiempo total de implementación	Nombre código de la estación	Ubicación de la estación	Tiempo total de implementación
A1	Azotea	4 días	FLOR AMARILLO II	Azotea	1 ½ días
A2	Terreno	3 ½ días	YAGUA II	Terreno	1 día
A3	Azotea	5 días	ARANZAZU	Azotea	1 ½ días
A4	Terreno	6 días	LOMAS DEL ESTE	Terreno	2 días
A5	Terreno	3 días	AGUACATE	Terreno	1 día
A6	Azotea	4 días	PARQUE VALENCIA	Azotea	1 ½ días

A7	Azotea	2 ½ días	SAN BLAS	Azotea	2 días
A8	Terreno	3 días	MISAEL D.	Terreno	2 días
A9	Terreno	3 días	CAMPO CARABOBO	Terreno	1 día
A10	Terreno	5 días	LA ENCRUJADA	Terreno	1 ½ días
A11	Azotea	6 días	EUTRIMIO RIVAS	Azotea	1 ½ días
A12	Terreno	4 días	LA FLORIDA	Terreno	1 día
A13	Terreno	4 días	HIPÓDROMO	Terreno	2 días
A14	Terreno	5 días	MONUMENTAL	Terreno	2 días
A15	Terreno	3 días	TOCUYITO	Terreno	1 día
A16	Terreno	4 ½ días	TRINIDAD	Terreno	1 día
A17	Terreno	4 días	VALENCIA SUR II	Terreno	1 ½ días
A18	Terreno	3 días	VALENCIA SUR III	Terreno	2 días
A19	Terreno	4 días	VALENCIA SUR I	Terreno	1 ½ días
A20	Azotea	6 días	BRANGER	Azotea	2 días
A21	Azotea	4 días	CATEDRAL	Azotea	1 día
A22	Azotea	6 días	AV. CEDEÑO	Azotea	1 ½ días
A23	Azotea	3 días	GUAYABAL	Azotea	1 ½ días
A24	Azotea	3 ½ días	LAS QUINTAS	Azotea	2 días
A25	Azotea	3 días	TRIGAL NORTE	Azotea	1 día
A26	Azotea	4 días	TRIGAL	Azotea	2 días
A27	Azotea	5 días	URB. CENTRO	Azotea	2 días

Con la anterior información, se puede comprobar que el tiempo promedio de ejecución de las instalaciones y puestas en marcha del proyecto piloto que representó pérdidas a la compañía [4] se encontraba en 4,1 días. Por su parte, el

tiempo promedio de ejecución del proyecto GBSS que representó cambios estructurales importantes estuvo en 1,53 días por estación (evidenciando una disminución del 62,68% del tiempo empleado en el plan piloto). Éste último presentó ganancias en tiempo y en economía. Esto permitió que la compañía recuperase las pérdidas del proyecto piloto. Así mismo, obtuvo ventajas¹⁰ a la hora de realizar la primera llamada, a través de las BTS, antes que su competidor.

En el APÉNDICE 5, se presenta un correo electrónico enviado desde China al equipo de EDD involucrado en el diseño, aplicación y puesta en marcha, por el gerente general de ingeniería de Huawei Guojun Li, en el cual se afirma la ventaja que se logró en cuanto a la negociación con DIGITEL al poder ser los primeros¹¹ en el proceso de instalación y puesta en marcha de los equipos. Es pertinente resaltar que este tipo de comunicados -según los mismos ingenieros Chinos de la compañía- representan un gran honor e implican que el logro alcanzado era de alto nivel de exigencia. Con esto se pone en evidencia el gran respaldo existente, por parte de los más altos directivos de la compañía, al actual proyecto de Trabajo Especial de Grado en discusión, así como el impacto de su buen desarrollo dentro de la organización.

4.8 Cambios en la red

Las sustituciones del equipamiento en las estaciones de la red GSM DIGITEL Valencia, contribuyeron a las variaciones en función, tamaño y características presentes en la red. A continuación se exponen los cambios mencionados.

¹⁰ Según el departamento de Ventas (Huawei, 2007) Huawei se posicionó mejor en la adquisición del nuevo contrato gracias a ese hecho.

¹¹ Huawei realizó la primera instalación y puesta en marcha antes que ERICSON, quien representaba la competencia en el proceso de licitación.

Variaciones individuales en los equipos

En la tabla 19 se realiza una comparación de BTS, donde se indican las características individuales de los modelos presentes, mostrando las ventajas de las BTS Huawei.

Tabla N° 19. Comparación entre BTS existentes y las Huawei a instalar [4]

Áreas	BTS3012 Huawei	BTS3012AE Huawei	BS240XL Siemens	BS240 Siemens
Espacio	1,6x6x0,45 m	1,7x1x910 m	2x6x4,5 m	1,6x6x4,5m
Capacidad por Rack	12 TRx	12 TRx	12 TRx	8 TRx por
Monitoreo de alarmas	32 alarmas en total	32 alarmas en total	48 alarmas	48 alarmas
Consumo de Energía ¹²	2.2 kW	2.2 kW	3.6 kW	3 kW
Precio unitario BTS	Entre: 20k-30k \$	Entre: 20k-30k \$	Entre: 50k-60k \$	Entre: 50k-60k \$
Mantenimiento	Anual	Anual	Mensual	Mensual
Método de Mantenimiento	Remoto/Presenci al	Remoto/Presenci al	Presencial	Presencial

4.8.1 Aumento del número de antenas.

Se agregaron 81 antenas a las existentes en la red. De esta forma, se amplía en capacidad al sistema radiante a un total de 46 estaciones de 77. Además se otorga la posibilidad de manejo de la elevación eléctrica (Electric Tilt) de forma remota, gracias a que las BTS y las antenas usadas así lo permitían.

¹² Consumo promedio en su máxima configuración y máxima carga.

4.8.2 Aumento de portadoras (TRx) en la red

El aumento de portadoras en la red repercute en la posibilidad de permitir un mayor flujo de tráfico telefónico y de datos por la BTS. Se amplía, así, la capacidad en general de la red GSM de DIGITEL en el estado Carabobo. El aumento se debió por requerimiento expreso de DIGITEL.

Cantidad inicial de portadoras (TRx) en la red antes de la sustitución: 972.

Cantidad final de portadoras (TRx) en la red después de la sustitución: 1409.

Como se puede observar, de forma gráfica, en la figura 40.

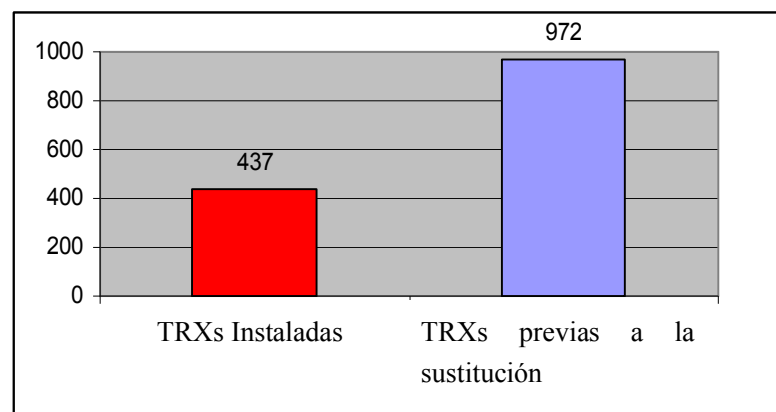


Figura N° 40. Cantidad de TRXs instaladas y existentes previas a la sustitución

4.8.3 Cantidad de Gabinetes por estaciones (sites)

El aumento o la disminución de la cantidad de gabinetes depende de la configuración necesaria para el sitio en cuestión. Cuando se necesitan más de 12 TRx, se deben usar dos gabinetes y, si se requieren más de 24, se deben usar 3. Siempre será mejor tener menos gabinetes de BTS, debido a su repercusión en la mejor utilización del espacio dentro de las cabinas de las celdas (shelter) o losa en donde se ubiquen.

En la figura 41, se expone el número de estaciones y las variaciones de cantidades de gabinetes BTS.

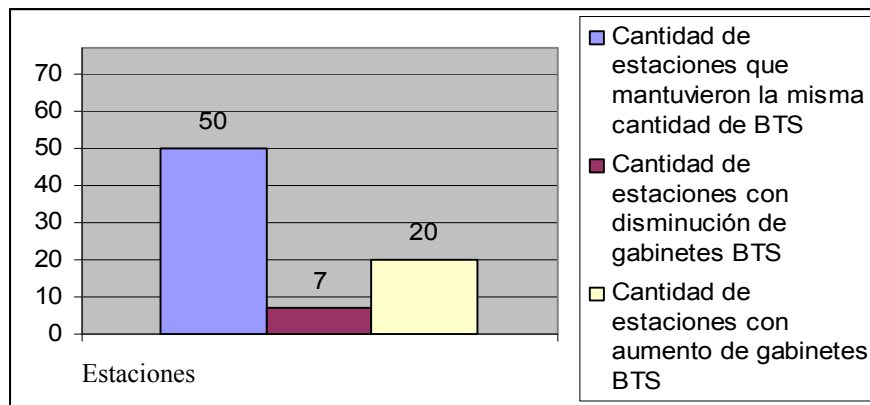


Figura N° 41. Estaciones y la variación de gabinetes BTS

4.8.4 Sitios a los cuales se le habilitó la tecnología de acceso a datos EDGE

Al finalizar las instalaciones se logró habilitar la tecnología EDGE en 68 estaciones de las 77 pertenecientes al proyecto GBSS y en las 9 estaciones restantes se habilitó GPRS, según peticiones expresas de DIGITEL.

4.8.5 Tiempo de autonomía

En la sustitución (swap), se presentó la necesidad de usar las mismas baterías que se encontraban en la estación, siempre y cuando estuviesen en buen estado y presentaran mayor tiempo de autonomía en caso de problemas de energía. En cualquier otro caso, se impuso una sustitución. La información referente a las baterías y los tiempos de autonomía de las que ya se encontraban en uso fue suministrada por DIGITEL.

4.8.6 Uso de nuevos filtros

En la tabla 20, se muestran los nombres códigos de las estaciones así como las configuraciones iniciales de TRx y las finales con las cantidades de filtros instalados. Los filtros usados fueron “KATHREIN pasabandas” con el objetivo específico de suprimir señales interferentes generadas por el resultado de operaciones simultáneas en frecuencias adyacentes. Esto permite el uso de la

banda de recepción GSM en el lugar, que brinda mejores resultados en la calidad del servicio.

Tabla N° 20. Sitios con filtros y sus configuraciones [4]

Sitios con filtros (INDOOR)	Configuración inicial				Filtros iniciales	Configuración Huawei				Filtros necesarios	Filtros extras
	s1	s2	s3	s4		s1	s2	s3	s4		
Viña	4	4	4	0	6	6	6	6	0	18	12
Morón	8	8	4	0	4	8	8	6	0	16	12
Mariara	8	6	4	0	2	8	8	6	0	6	4
Prebo uno	3	2	3	0	6	4	4	4	0	12	6
Monumental	4	4	4	0	2	6	6	6	0	6	4

4.8.7 Uso de nuevos rectificadores

Debido a que se iban a sustituir las antiguas BTS Siemens encontradas en las estaciones y se dejarían las radios en uso, se presentaba una demanda de energía específica en cada estación. Fue imperativo y resultó de gran interés identificar si las rectificadoras soportaban la nueva carga y prestaban la alimentación requerida por los nuevos equipos. De esta forma, se verificaba en qué sitios era necesarios los cambio de rectificador e interruptores.

Dentro de las BTS Huawei a sustituir, se encontraban, como anteriormente fue explicado, los modelos BTS3012 y la BTS3012AE, indoor, para su colocación en interiores y outdoor, para su colocación en exteriores, respectivamente. Las BTS3012AE vienen con su correspondiente rectificador integrado. Éste permite que la alimentación de energía a usar sea de 110 V AC y ella entrega los -48 V DC a la circuitería interna de la BTS y para la carga de las baterías de respaldo. Esto implica la remoción de los rectificadores existentes, sin analizar su posible reutilización. En cambio, las BTS3012 necesitan un equipo que provea -48 V DC y, en estos casos, sí se hace el estudio estación por estación.

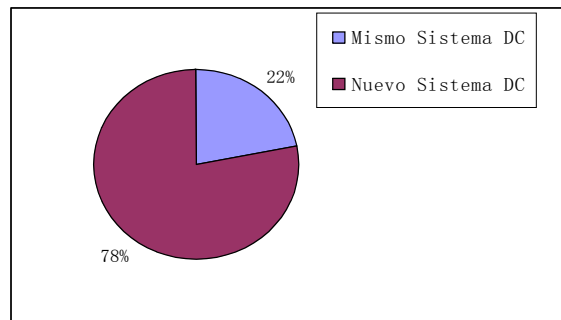


Figura N° 42. Porcentajes de estaciones con nuevos sistema DC

En la figura 42, se muestra el porcentaje de estaciones con nuevo sistema DC.

En la tabla 21, se enumeran los modelos con su correspondiente código y se indica el tipo de equipo DC Huawei usado y su característica principal. Así mismo, se presentan los materiales de instalación que se recomendó usar a la contratista.

Tabla N° 21. Sistema de energía DC a usar [4]

1	Power for BTS(110V AC a -48V DC)	
1.1	Código/Modelo	PS48300-1A/30-X2 Rectifiers
	Gabinete-48300-1A/30-X2	Gabinete-48300-1A/30-X2 Gabinete de Rectificador (AC & DC más Estante de Distribución)
	PSM-A10	Módulo de Monitoreo (Alarmas)
	HD4830-3	Convertidor AC/DC, 5 °C, 40 °C, 90V, 290V, 53. 5V/30 ^a
1.2	Batería	
	6-GFM-160C (*)	Batería Recargable, VRLA, 48V, 160Ah, Grupo de Batería,2-Line 1-Layer Rack 1115*614*380mm

(*) Se puede hacer uso de más de un banco de baterías para ampliar el tiempo de autonomía.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se realizó una metodología documental que estuviese orientada a la creación de las ingenierías preliminares para su posterior aplicación. Así mismo, se buscó permitir la factibilidad técnica de la ejecución del proyecto de ampliación tanto en tecnología como en equipamiento de la red GSM de DIGITEL, en Valencia, estado Carabobo. Seguidamente, se presentan las siguientes conclusiones:

- La creación de la documentación de ingeniería preliminar dentro de los estándares de calidad que provee la familia ISO 9000:2000 otorga un marco de trabajo que ya ha sido empleado y puesto a prueba por expertos en el campo de la gerencia de sistemas de calidad. Ella ha permitido la adaptación de lo que se considera un estado del arte a nivel internacional al acercamiento sistemático de procesos que generen, de forma consistente, productos que satisfagan las expectativas del cliente.
- La aplicación de la documentación técnica de ingeniería preliminar o de detalle en cada una de las estaciones que permitió la ejecución de la actualización tecnológica y de equipamiento en las celdas promovió el plan de mejora de las funciones de la red GSM DIGITEL en Valencia. Así mismo, otorgó a DIGITEL la capacidad de ofrecer el servicio de datos a sus suscriptores, sin generar un cambio estructural mayor dentro de la topología de la red a través de la solución de la tecnología EDGE. Este conjunto de técnicas confirió la capacidad de transportar datos a 384k bps y con potencial de transferencia de 2 Mbps. Ello brinda velocidades de transmisión de sistemas 3G con parámetros de

QoS adecuados, y facilita, así, el camino para una posible evolución a UMTS que sí implicaría una reestructuración de la red y la adquisición de nuevos equipos. Se produce, con esto, un mayor beneficio económico a DIGITEL y se mejora, según Gruber [14] la relación inversión-ingreso en el período en el cual no se implemente esta última tecnología.

- El modelo creado servirá de base para otros proyectos que requieran el mismo estudio en las redes inalámbricas, dentro del departamento de ingeniería y diseño de Huawei.
- En la elaboración de los documentos de ingeniería, se logró condensar un compendio de datos de cada una de las estaciones. Se creó, entonces, un banco de datos de los elementos que debía ser utilizado. Se facilita esa información a Huawei, para poder importar desde China todos los materiales requeridos y, de esa forma, abaratar costos de producción y así mantener los precios competitivos.
- La aplicación de un modelo claro y específico de ingeniería de detalle permite bajar los costos de instalaciones (exceptuando transporte y gastos de fabricación), debido a que se presentan, en preciso detalle, los procesos de remoción de equipos y adecuaciones del sitio antes de la instalación de la BTS. Se indican todos los materiales por usar y las dimensiones de los mismos, en procura de que no falten o sobren aquéllos que son requeridos, como se precisó en el aparte referido a *variación de costos de instalación en la ejecución y servicios de ingeniería preliminar*.

- La planificación documentada previa, que permite elaborar estrategias técnicas para la realización de procesos relacionados al desarrollo de una red como lo es la red GSM DIGITEL Valencia, otorga la posibilidad de reducir el tiempo de ejecución del proyecto. Como se precisó en el aparte *tiempo de ejecución del proyecto*, p.105, esto produce mayor rentabilidad para la empresa que presta el servicio. Por otra parte, permite satisfacer los cronogramas de implementación que siempre resultan ser cortos de tiempo, debido a los requerimientos de las empresas de telefonía celular.

A continuación, se presenta un conjunto de recomendaciones orientadas a mejorar la aplicabilidad y utilidad de los resultados obtenidos.

- Se recomienda que, como parte del proceso de inducción a los integrantes del proyecto, se logre en ellos la internalización de la necesidad de ser explícito a la hora de la aplicación de la memoria fotográfica. Debe tenerse presente que el objetivo final de ese documento es el uso del mismo por parte de los contratistas que aplicarán las sustituciones. No puede suponerse que éstos tienen conocimiento de los equipos existentes, ya que en la mayoría de los casos no es así.
- Identificar los renglones que ameritan cambios en la ingeniería preliminar antes de comenzar su aplicación en un nuevo proyecto. Ello repercute en el tiempo de desarrollo del mismo, al evitar el doble trabajo de rehacer las ingenierías preliminares. Una propuesta sería revisar los campos de mayor impacto en la negociación como lo son el de infraestructura, RF y reubicación de equipos existentes. Es imperioso recordar que cada compañía a la cual se le esté prestando servicio tiene distintos estándares y necesidades en esas áreas.

- Se recomienda producir un manual o instructivo para mantener claridad en las normas establecidas para la creación de los planos en AutoCAD elaboradas en el presente Trabajo Especial de Grado. Deben formar parte integral de los entrenamientos a dictar para los próximos proyectistas, ya que esta etapa resulta un filtro en el desarrollo del proyecto.
- Se recomienda la utilización de los modelos de documentos de ingeniería preliminar creados como lo son el documento principal, memorias fotográficas, modelo de planos en AutoCAD, diagramas RF y diagramas de interconexión para la correcta ejecución de cualquier proyecto. Esto es válido, siempre y cuando, después de evaluados en las estaciones, no hayan ocurrido modificaciones del sitio después de la inspección, ya que se perdería la veracidad de la aplicación en los mismos. La propuesta incluiría la recomendación de que el gerente de proyecto mantenga constantes actualizaciones del estado de las estaciones con las empresas a las cuales se le presta el servicio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CONATEL [en línea]. <<http://www.conatel.gov.ve/>> [Consulta: 2007, Noviembre 24]
- [2] Tecnologías Móviles [en línea].
<<http://www.tecnologiasmoviles.blogspot.com>> [Consulta: 2007, Febrero 2]
- [3] Business Week [en línea]. <<http://www.businessweek.com/managing/>> [Consulta: 2007, Febrero 2]
- [4] Huawei Technologies Co. Ltd. (2007). Documentos técnicos de carácter confidencial. Caracas: Venezuela (2007), pp. 1-256
- [5] Gorricho, M. Comunicaciones Móviles, (libro). Barcelona: España: Ediciones UPC, 2002. p. 71.
- [6] GSM <<http://es.geocities.com/josemateoa/ryt/trabajojryt.html>> [consulta: 2008, Junio 17]
- [7] Teléfonos Móviles [en línea].
<<http://www.telefonos-moviles.com/articles/item.asp?ID=30>> [consulta: 2007, Marzo 10]
- [8] Stuber, G. Principles of mobile communication, (libro). Atlanta: USA: Kluwer Academic Publishers, 2003, p. 515.
- [9] Díaz A. El arte de dirigir proyectos. Barcelona: España: Ediciones MICROIN (2007), p. 118.
- [10] Huawei Technologies Co. Ltd. Preliminar engineering the goal: Huawei journal on selected areas in communications.—Vol. 21, N°1 (2003), p.p 21-28.
- [11] DIGITEL. Especificaciones y requerimientos: proyecto GBSS. Valencia: Venezuela (2007), p.22.
- [12] Hoyle, D. ISO 9000 Quality system handbook: completely revised in response

to ISO 9000:2000, 4ta Ed. Oxford England: Butterworth & Heinemann, 2001. __130p.

[13] Siemens Mobile. Manual of Technical Characteristics. Frankfurt: Germany (2007), p. 72.

[14] Gruber (2005). The Economics of mobile communications, 1ra Ed. Cambridge:UK: Cambridge University Press, 2005.

BIBLIOGRAFÍA

- Díaz A. El arte de Dirigir Proyectos, 2da Ed. Barcelona España: MICROIN, 2007.
- Gónora, Y. y Santana Y. (2001) Metodología para la implementación de un sistema documental ISO 9001 Tesis de maestría.
- Gorricho M. Comunicaciones móviles, 1ra Ed. Barcelona España: Ediciones UPC, 2002.
- Gruber H. The economics of mobile communications, 1ra Ed. Cambridge UK: Cambridge University Press, 2005.
- Hesselbach, X. Análisis de redes y sistema de comunicación, 1ra Ed. Barcelona España: Ediciones UPC, 2002.
- Hoyle, D. ISO 9000 Quality system handbook: completely revised in response to ISO 9000:2000, 4ta Ed. Oxford England: Butterworth & Heinemann, 2001. __130p
- ISO 9001:2000 Normas para la gestión de la calidad y el aseguramiento de la calidad.
- Manual de referencia: Huawei BTS unit electronic documentation V100R009 2007. __28 p.
- Manual de referencia: Siemens Mobile BTS units documentation 2007. __32 p.
- Manual de referencia: Instructivo y normalización para la elaboración de trabajos de grado 2005. __11 pp.
- Munch Lourdes. Métodos y técnicas de investigación, 2da Ed. Mexico: Ediciones Trillas 2003. __56 p.
- Sallent, O. Principios de comunicaciones móviles, 1ra Ed. Barcelona España: Ediciones UPC, 2003.
- Stuber, G. Principles of mobile communication, 2da Ed. Atlanta USA: Kluwer Academic Publishers, 2003.

NOTA DEL AUTOR SOBRE LOS ANEXOS

A continuación, se anexan ejemplos de la documentación de ingeniería de detalle aplicada sobre estaciones. Se incluyen el plano de la estación, el documento principal, el diagrama de interconexión de estaciones, el diagrama de interconexión RF, la memoria fotográfica y el documento de cierre (As Built).

Se acató la decisión emanada por la directiva de la compañía Huawei Technologies de Venezuela Co. Ltd. que indica, categóricamente, que no se deben incluir todos los documentos pertenecientes a una misma estación, información de contacto del personal, tanto de Huawei como de DIGITEL, entre otros considerados pertinentes por la compañía por razones de seguridad, confidencialidad o cualquier otro motivo que la compañía se reserva.

Se informa que se pueden presentar censuras en algunos campos o renglones de la documentación, así como variación de la estación (celda) a la cual los documentos hacen referencia, pues los documentos no pertenecen a la misma estación.

[APÉNDICE N°1]

Ingeniería Preliminar (documento principal).

[APÉNDICE N° 2]

Ingeniería Final (As Built).

[APÉNDICE N° 3]

Instrumento de Medición (Encuesta).

[APÉNDICE N° 4]

Tabla de Consumo de Potencia de las estaciones.

[APÉNDICE N° 5]

Prueba del impacto del T.E.G en la compañía

“GOOD NEWS!

各位好，

在项目组成员的共同努力下，**Digitel II** 目前已成功实现我司**BSC6000**与诺基亚光口对接，并领先友商爱立信，于今早打通 **First Call** !希望大家在最后的冲刺阶段再接再厉，成功、按时、保质的完成接下来的**BTS**安装与替换，为我司第三季度的业绩锦上添花！

Good afternoon everybody,

Congratulation!

Digitel II implementation team successfully made the A interface connected with Nokia equipment, and made the First call before Ericson! All because of the good work in the reduction of time that give us the preliminary engineering process, Please let's do our best in following phase and finish our project with fast speed and good quality, as it has been done these past moths!

Best Regards.



HUAWEI

Guojun Li (李国骏)
Engineering Management Dept.
Huawei Technologies Co., Ltd.

Se procesa a presentar el texto del correo traducido al **español**:

“Buenas tardes tengan todos.

¡Felicitaciones!

El equipo de implementación DIGITEL II realizo de forma exitosa la interfaz A conectada a un equipo Nokia, ¡y realizo la PRIMERA llamada antes que Ericson!, todo gracias el buen trabajo de reducción de tiempo de ejecución que el proceso de ingeniería preliminar nos dio. Por favor demos lo mejor de nosotros en la siguiente fase y terminemos nuestro proyecto rápidamente y con buena calidad, ¡como fue logrado en los pasados meses!

Los mejores deseos.

Identificación del cargo y de la persona remitente.”

[APÉNDICE N° 6]

Servicio de ingeniería adquirido para el proyecto

DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO DE INGENIERÍA ADQUIRIDO POR
HUAWEI TECHNOLOGIES PARA EL PROYECTO.

A continuación, se presenta parte de los compromisos que Huawei Technologies Co.,Ltd. Adquirió en la licitación del proyecto de sustitución, con el objeto de dar a conocer el marco de obligaciones en el cual se encontraba el proyecto donde se realizó el T.E.G, dentro de dicho compromiso solo un número limitado de requisitos son los abarcados por la ingeniería de detalle y el T.E.G en sí, basados en el enfoque de procura documental de los mismos para permitir la factibilidad técnica de su ejecución, como se indica en los objetivos específicos y general, en el capítulo III se identifican otros requerimientos presentes en el desarrollo que formaron parte en el diseño de la documentación.

1. Inspección y reconocimiento de ingeniería

- a) Visitar las estaciones BTS, para confirmar los requisitos técnicos y la condición del ambiente del sitio para satisfacer las necesidades de instalación del equipo
- b) Verificar el espacio disponible (huella), gabinetes, energía, Digital Distribution Frame (DDF)
- c) Procura de la ubicación y disposición de los equipos de la energía (AC y DC)
- d) Procura de la ubicación y disposición del equipo de transmisión
- e) Procura de la ubicación y disposición del DDF
- f) Elabora el plano de la estación, incluyendo una propuesta para la distribución del gabinete
- g) Entregar al equipo DIGITEL la pre ingeniería para la aprobación de la instalación incluyendo el nombre del sitio, la fecha de la visita, información del personal a cargo de la visita, la disposición del sitio, la memoria fotográfica y el trabajo civil necesitado para la preparación del sitio

2. Diseño de ingeniería (Engineering Design)

Entrega a DIGITEL del (AS BUILT) “Documento de medición final” con el objeto de indicar el estado operativo final para el equipo instalado en el sitio, una vez que se haya acabado el proyecto. Esto será entregado como “Implementación DIGITEL” en formato pdf e incluirá:

- a) Plano de la estación en el formato de AutoCAD que muestre los gabinetes nuevos instalados
- b) Disposición del gabinete (conmutación, energía, transmisión y BTS) mostrando los tableros y las posiciones del estante
- c) Resumen de los tableros y de las posiciones de los estantes en cada gabinete
- d) Resumen de la prueba de aceptación para cada equipo nuevo
- e) Documentación fotográfica sobre el sitio
- f) Información general del sitio: nombre, dirección y localización geográfica

3. Instalación de hardware

- a) Instalación básica: Las actividades de la instalación de Huawei incluyen:
 - a.1) El montar y fijar el gabinete de BTS
 - a.2) El cableado interno para los datos, el cableado o canalización de puesta a tierra y energía incluyendo tableros, estantes secundarios y gabinetes
 - a.3) Datos de la interconexión del cableado para los equipos
 - a.4) Conexiones AC y DC
 - a.5) El punto para tomar los datos y la interconexión de la transmisión será proporcionado por DIGITEL
 - a.6) El punto para tomar la energía AC y DC será proporcionado por DIGITEL
- b) Para energizar los equipos Huawei trabajará en todos los tableros, estantes secundarios y gabinetes, siguiendo estándares de seguridad
- c) Prueba de aceptación del hardware. Huawei realizará las pruebas de aceptación del hardware convenidas previamente entre ambas partes, para certificar que todo el equipo este funcionando bien antes y después de ser

integrado a la red junto con el personal de DIGITEL

d) Sustitución (SWAP). Huawei deberá asegurar la adaptación tanto física como técnica de las celdas para los nuevos equipos que permita el correcto funcionamiento de los mismos de acuerdo a los requerimientos de cada estación

e) Las preparaciones pertinentes del lugar que sean indicadas por la persona o equipo que este desarrollando las ingenierías de detalle en cada estación serán ejecutadas por DIGITEL, incluyendo trabajos civiles, la transmisión y cualquier modificación necesaria al sistema actual para integrar los equipos de Huawei (al menos que se indique lo contrario)

4. Puesta en servicio del sistema (System Commissioning)

Huawei establecerá un horario para las actividades de la integración; esas actividades incluyen:

a) Configuración del Equipo para cada componente

b) Procura de nuevos aprovisionamiento del hardware

c) Configuración de la carga en los equipos de Huawei

d) Localización de averías para los problemas del hardware y de programación detectados durante el proceso de puesta en servicio (Commissioning)

e) Pruebas para las aplicaciones instaladas, junto con el equipo de DIGITEL

f) Prueba de la conectividad para el equipo de Huawei, junto con el personal de DIGITEL

g) Verificar que todos los componentes del hardware y del Equipo estén trabajando en forma adecuada.

5. Integración de red

a) Actividades del planeamiento. Las sustituciones serán hechas siguiendo el plan de trabajo de puesta en práctica aprobado por DIGITEL con un tiempo razonable antes de la tarea

b) Integración del equipo instalado

c) Localización de averías de los problemas del hardware y de programación

detectados durante el proceso de la integración

d) El desempeño será mantenido por HUAWEI bajo la configuración actual

e) Ejecución de las conexiones y adecuaciones necesarias al sistema actual

6. Pruebas de aceptación

a) Realizar junto a DIGITEL un protocolo para la prueba, incluyendo salida de energía, relación de onda estacionaria de voltaje, prueba del servicio (voz y los datos)

b) Solucionar los problemas relevantes a los equipos de Huawei arrojados por los resultados de las pruebas

c) Documentar los resultados de las pruebas

7. Gerencia de proyecto

a) Crear un equipo de proyecto y interfaces relevantes entre DIGITEL y HUAWEI

b) Reuniones periódicas del proyecto con DIGITEL para notificar los avances, ediciones, horario de la puesta en práctica de la revisión, identificar riesgos y discusión del plan

c) Controlar el alcance y las responsabilidades del proyecto

d) Controlar el plan de la puesta en práctica para incluir los recursos más eficientes para resolver las metas del proyecto y el tiempo

e) Crear planes internos y externos para la comunicación, reuniones, informes y lista de cheques

[APÉNDICE N° 7]

Procedimientos de Sustitución

A continuación se presentan los procedimientos a realizar antes de la sustitución de equipos en la estación y posterior a la misma.

Previo al corte del servicio (Cut Over):

- Revisar puntos importantes de instalación (aterramiento de BTS, separación entre cableado de datos y energía, conexión correcta de jumpers con los feeders correspondientes).
- Probar transmisión en los radios Minilink a través de la retro alimentación con los datos (loop back) con la BSC respectiva.
- Probar el cable de datos de la BTS mediante un lazo de vuelta de los datos hacia la BTS.
- Medir con multímetro digital niveles de tensión en la barra de interruptores a la que se conecte la BTS.
- Medir tensión en el panel de distribución eléctrica interno de la BTS.
- Luego de encendida la BTS, verificar encendido de todas las tarjetas y paneles de energía.
- Cargar la configuración por FTP a la BCKM (Caso de BTS 3606, 3606A).

Después del corte (Cut Over):

- Verificar transmisión entre BSC y BTS.
- Proceder a la puesta en servicio de la BTS en la BSC.
- Medir la relación de onda estacionaria de voltaje aplicando un medidor de potencia o SidePower a cada sector tanto para transmisión como recepción.
- Usando el Equipo de mantenimiento de la BTS, medir la relación de onda estacionaria de voltaje en cada sector en los jumpers y feeders.
- Usando el Equipo de mantenimiento de la BTS, medir el RSSI en cada Sector de la BTS y para cada portadora del sistema (GSM).

-
- Usando el Equipo de mantenimiento de la BTS, hacer pruebas de alarmas, tanto internas de la BTS como de las alarmas externas a la BTS que hayan sido conectadas.
 - Usando el Equipo de mantenimiento de la BTS, verificar niveles de potencia “promedio” en la transmisión de cada sector.
 - Medir el “PN” de cada sector bloqueando dos sectores y permitir la sincronización y establecimiento de la conexión del móvil en el sector restante, si el sistema es de 3 sectores.
 - Hacer pruebas de llamadas a diferentes operadoras y verificar que se realizó la adición de dicha celda en el MSC. Se debe verificar el enrutamiento de llamadas salientes y entrantes (Trace of Call), mensajes de texto, números especiales, *611, *5, 0800, entre otros.
 - Realizar la prueba de conducción y verificar que los niveles de potencia y cobertura sea los indicados por el Cliente (DIGITEL).

Por último, junto a un representante del cliente (DIGITEL GSM) se llena un documento donde se refleja que todas las pruebas antes mencionadas cumplen con los estándares y requerimientos que el cliente exige. De esta forma, se da por entregada la radio base al cliente por parte de Huawei Technologies Co.,Ltd.

[ANEXO N° 1]

Ingeniería preliminar Estación Florida

[ANEXO N° 2]

Diagrama de interconexión Estación Güigüe

[ANEXO N° 3]

Diagrama de interconexión RF Estación El Morro

[ANEXO N° 4]

Memoria Fotográfica Estación San Diego II

[ANEXO N° 5]

Ingeniería Final (As Built) Estación San Diego

[ANEXO N° 6]

Plano y vistas Estación La Encrucijada