

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
ESCUELA DE POSGRADO



**“MODELO DE PROCESO BASADO EN BPM PARA LA MEJORA DEL
INDICADOR DE CALIDAD THROUGHPUT EN LA IMPLEMENTACIÓN
DE UNA ESTACIÓN 4.5G EN LA CIUDAD DE TRUJILLO EN
SEPTIEMBRE 2018”**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN GERENCIA EN
TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES**

AUTOR: Br. Peralta Luján, Frank Carlos

ASESOR: Ms. Cerna Sánchez, Eduardo Elmer

Fecha de sustentación: 2019-04-26

TRUJILLO – PERÚ

2019

Dedicado:

A todos que con su profesión intentan hacer un mundo mejor.

AGRADECIMIENTOS

Al Dios Creador, familia, amigos y mi asesor y docentes de la maestría.

RESUMEN

El presente estudio se trata de una investigación aplicada en el Networking el cual analizará el modelo de procesos en una nueva estación 4.5G para posteriormente usando el enfoque BPM plantear un modelo propio que mejore el indicador throughput en una nueva estación 4.5G en la ciudad de Trujillo en el mes de septiembre del año 2018.

Se tendrán para el estudio una estación 4.5G como control y otra como experimental sobre la cual se implementará el modelo basado en BPM de manera que se puedan comparar las mediciones de throughput de ambas en las cuatro primeras horas de activación validando lo planteado en la hipótesis.

Dicho estudio aporta un modelo de elaboración propia en el radio access network (RAN) para el sector de las telecomunicaciones, el cual no ha sido tratado en estudios previos por otros investigadores.

ABSTRACT

The present study is about an applied research in the Networking which will analyze the process model in a new 4.5G station and then using the BPM approach to propose an own model that improves the throughput indicator in a new 4.5G station in the city of Trujillo in the month of September of the year 2018.

A 4.5G station will be considered as a control and another as an experimental one on which the BPM-based model will be implemented, so that the throughput measurements of both can be compared in the first four hours of activation, validating what was proposed in the hypothesis. .

This study provides a model of its own development in the radio access network (RAN) for the telecommunications sector, which has not been addressed in previous studies by other researchers.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	5
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.1. Planteamiento del problema.....	8
1.2. Marco Teórico	10
1.3. Justificación.....	18
1.4. Objetivos	19
1.5. Hipótesis.....	19
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	20
2.1. Diseño del estudio	21
2.2. Población.....	21
2.3. Muestra.....	21
2.4. Operacionalizació de variables	24
2.5. Procedimiento y técnicas.....	25
2.6. Plan de análisis de datos.....	26
2.7. Consideraciones éticas	26
CAPÍTULO III: RESULTADOS	27
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	55
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....	57
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
CAPÍTULO VIII: ANEXOS	62

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DE LA
INVESTIGACIÓN

I. Planteamiento de la Investigación

1.1. Planteamiento del Problema

Realidad Problemática:

En las operadoras de telecomunicaciones a nivel mundial se está dando la tendencia de brindar mayor ancho de banda inalámbrica para brindar una mejor calidad de servicio lo cual se traduce en mejor experiencia con las múltiples aplicaciones de manera que se mantenga satisfecho y fidelizado al usuario final quien cada vez es más exigente y activo en la red durante cada momento del día sea por interacción social o lúdica, informativa o laboral.

En el Perú se ha otorgado concesión a 04 operadoras móviles con infraestructura propia, las cuales son Telefónica, América Móvil Perú SAC, Entel y Bitel, además 04 operadoras móviles virtuales como son Incacel (ex Virgin Mobile), Dolphin, Famagustas y Guinea Mobile (MTC.2018.Registro Nacional de Frecuencias. Recuperado:http://www.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/servicios_publicos/registro_frecuencias.html).

El gobierno ha venido promoviendo desde Julio del 2014 a través del OSIPTEL el nuevo Reglamento de Portabilidad Numérica el cual consiste en cambiarse de operadora con el mismo número de no estar satisfecho con el servicio de su operador actual en 24 horas (Osiptel. 2013. N° 166-2013-CD. Recuperado de <https://www.osiptel.gob.pe/articulo/n-1662013cdosiptel>)

Para abril del 2018 este procedimiento alcanzó 8 millones 297 mil 696 líneas móviles portadas (prepago y pospago) con saldo neto positivo (ganancias mayores a pérdidas) de Entel y Claro con 19.4% y 3.6% respectivamente, mientras que Movistar, Bitel e Inkacel tuvieron un saldo negativo (ganancias menores a pérdidas) de -18.2%, -4.8% y -0.01% respectivamente (Osiptel. 2018. Reporte Estadístico Abril. Recuperado de <https://www.osiptel.gob.pe/noticia/np-portabilidadmovil-nuevorecordhistorico>)

El indicador más perceptible por parte de los usuarios y que mayor satisfacción o molestia les ocasiona, es el throughput (tasa de transferencia de datos) puesto que este parámetro se manifiesta en la interacción en cada instante en la calidad y la velocidad en que las páginas web, videos, música, y redes sociales responden. Dicho de otro modo, cada minuto de mejor throughput permitirá retener un usuario satisfecho y captar algunos nuevos lo cual se traduce en ingresos y utilidades para las empresas operadoras de telecomunicaciones.

Bajo este contexto las empresas operadoras en el Perú vienen desplegando más cantidad de Red 4.5G para asegurar el mayor throughput de manera que pueda sobresalir sobre los competidores mencionados líneas arriba pero solo con la gestión de calidad del mismo se logrará el objetivo de liderar el mercado:

En las nuevas estaciones móviles 4.5G se encuentra lo siguiente:

- A pesar de los reportes enviados de nuevas estaciones 4.5G por personal outsourcing, la revisión de un personal propio de la operadora en campo es lo más recomendable, pero no es posible pues por cada 40 estaciones hay en promedio un solo personal propio de Operación y Mantenimiento.
- Personal outsourcing no siempre deja las implementaciones según lo planificado con lo que se produce una inadecuada propagación de celda con condiciones de interferencia, manifestándose en una mala percepción de throughput a nivel de usuario sobre la cobertura nueva y existente en la red, requiriéndose muchas veces la participación del área de Operación y Mantenimiento.
- No existe una secuencia inmediata entre el proceso de instalación y el proceso de activación del site 4.5G, de manera que, al presentarse problemas en throughput durante las primeras horas de activación, el personal de operación y mantenimiento tarda en promedio 4 horas para la atención de la zonas urbanas y 20 horas en zonas rurales por la lejanía de cada estación base.

Enunciado del Problema:

¿Cómo mejorar el indicador de calidad throughput en la implementación de una estación 4.5G en la ciudad de Trujillo en septiembre 2018?

1.2. Marco teórico

En una organización de telecomunicaciones sujeta al cambio continuo por el cambio veloz de tecnología y hábitos de consumo del usuario final se tienen los procesos, actividades y eventos de cada parte de la red de manera ordenada y sujetos a escalabilidad sin perder la seguridad del buen funcionamiento.

Para entender los modelos del presente estudio se requiere una revisión del ciclo de BPM (Business Process Management) así mismo las gerencias involucradas en una operadora de telecomunicaciones y es necesario conocer conceptos a nivel básico de la red 4.5G en la RAN (Radio Access Network)

1.2.1. Ciclo de Business Process Management (BPM)

- **Levantamiento del proceso:** Tener claro todo el funcionamiento del negocio para identificar los procesos anteriores y posteriores al proceso en análisis sea para ver su utilidad actual, para rediseñarlo o implementar uno nuevo.
- **Documentación del proceso:** El levantamiento se plasma en un modelo de procesos con diagramas y descripción de los mismos especificando desde las prioridades para el negocio hasta los recursos que usan
- **Análisis de mejora:** Con lo actual se puede llegar a la decisión de mejorar el proceso o crear uno nuevo en bien de toda la operación. La validez del planteamiento se sustenta en un juicio de expertos o usando simulaciones.
- **Implementación del proceso:** Implica las variaciones o nuevos pasos en el proceso según las especificaciones documentadas así mismo la comunicación y compromiso de los interesados y participantes en el mismo.
- **Monitoreo del proceso:** Luego de la implementación el ver el estado de la operación permite realizar reajustes o dar por fijado dentro de la operación

en el transcurrir del tiempo. Dicho monitoreo es continuo y debe en el tiempo ser el indicativo de una nueva reformulación en algún de los procesos por el movimiento del mercado.

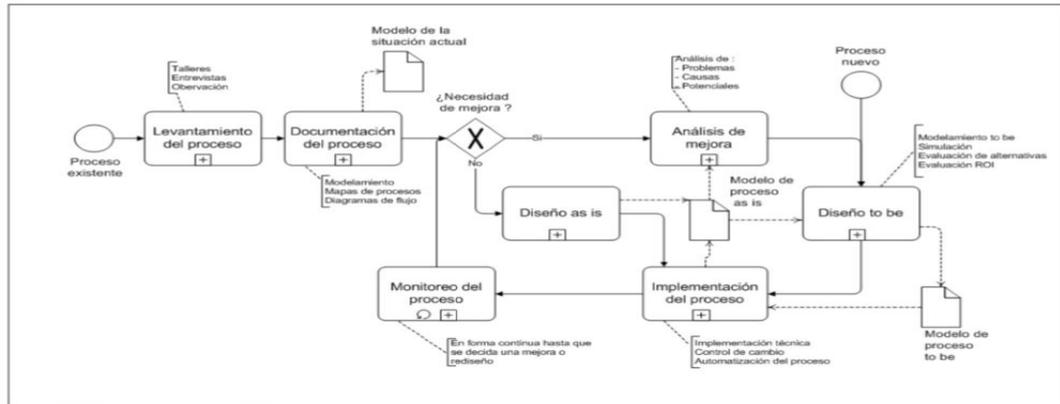


Figura 1.1. Ciclo de BPM

Fuente: Jakob Freund, Bernd Rucker, Bernhard Hitpass. (2014) *BPMN 2.0 Manual de Referencia y Guía Práctica*. Chile:Universidad Técnica Federico Santa María

En el ciclo de BPM usado para el estudio tiene como base un enfoque de mejora continua de manera que se realizan un cuadro de seguimiento para cada fase, entregable y sus respectivas actividades para ello:

Tabla 1.1. Ciclo de BPM

Fases	Actividades	Entregables
Levantamiento del proceso	Entendimiento de los procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de bloques del proceso actual • Identificación de participantes
	Análisis y detalle de los procesos actuales	
Documentación del proceso	Se detallan a manera de informe cada proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujos
Análisis de mejora:	Identificación de puntos críticos y	<ul style="list-style-type: none"> • Metas para el mejoramiento

	priorización	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidades de la mejora • Criterios de priorización • Asignación de pesos a cada punto crítico del 1 al 5 (donde 1 es el proceso menos crítico)
	Evaluación de propuesta de mejora	<ul style="list-style-type: none"> • Valoración por juicio de expertos
	Elaboración de la propuesta de mejora	<ul style="list-style-type: none"> • Alcance del proyecto • Diagrama de flujo del proceso propuesto
Implementación del proceso:	Planeamiento para la implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de implementación
	Entrenamiento para los cambios	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación • Responsables
	Implantación	<ul style="list-style-type: none"> • Puesta en marcha
Monitoreo del proceso:	Seguimiento del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Estadísticas luego de implementación • Comparación de indicadores antes y luego de activación

Fuente: Jakob Freund, Bernd Rucker, Bernhard Hitpass. (2014) *BPMN 2.0 Manual de Referencia y Guía Práctica*. Chile:Universidad Técnica Federico Santa María

1.2.2. Gerencias en una empresa de telecomunicaciones

- **Gerencia de Operación y Mantenimiento (O&M):** Encargada de atender alarmas en la red a nivel de acceso, medio de transmisión y core.
- **Gerencia de Optimización:** Monitorea los indicadores de calidad teniendo potestad de variar los parámetros lógicos y físicos de la red.
- **Gerencia de Planificación:** Se encarga de generar y seguir Proyectos para ampliación, remplazo y mejora de la red. Encargado de brindar parámetros físicos y lógicos iniciales en algún elemento nuevo en la red.
- **Gerencia de Ventas:** Se encarga de ser el nexo directo entre la red y el usuario final. Es la mayor fuerza en cantidad de personal distribuido en cada rincón de una jurisdicción siendo personal contratado como externo en su mayoría.
- **Gerencia de Marketing:** Áreas más creativas que permiten traducir las características técnicas de una red en palabras simples que formen parte casual de la vida de los usuarios y posibles usuarios.
- **Gerencia Legal:** Realiza las verificaciones de las reglas impuestas por el gobierno así mismo da visto contratos comerciales y corporativos.

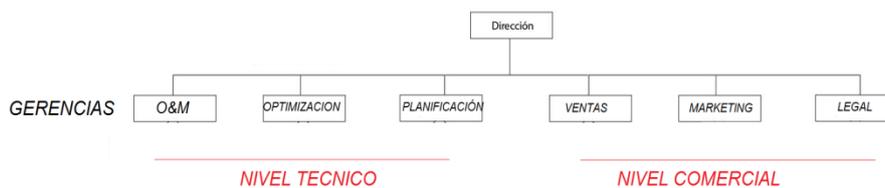


Figura 1.2. Organigrama Operador telecomunicaciones

1.2.3. Red 4.5G en radio access network (RAN)

La red 4G inicia desde el release 8, prosiguiendo en avances hasta su culminación en el release 14. Es en el Release 10 de la 3GPP que se agrega el concepto de Carrier aggregation base para la red 4.5G. Esta red permite desde dos veces más transferencia de datos que el 4G siempre y cuando el equipo de usuario (UE), el chip y la red del operador de telecomunicaciones lo soporte. Así se presentan las características básicas de este estándar.

- **Carrier aggregation:** Se logra el trabajo junto desde 2 hasta 5 portadoras LTE (1.4, 3, 5, 10, 15 or 20 MHz) hasta lograr un máximo de 100 MHz de ancho de la banda conjunto logando mayores capacidades de tasa de bits transmitidas (definición de Throughput). Estas portadoras pueden ser intrafrecuencia o interfrecuencias (diferentes bandas de frecuencia)

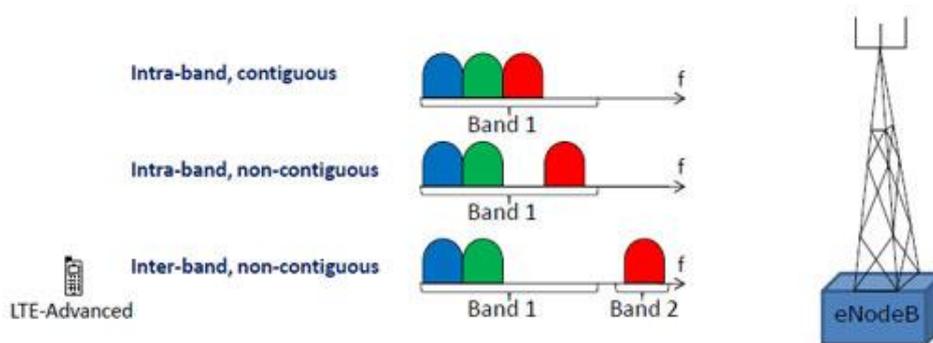


Figura 1.3. Agregación de portadoras

Fuente: 3rd Generation Partnership Project (2015). Release 12 .USA: 3GPP Group

- **MIMO:** Permite multiplicar la capacidad de radio de las antenas al tener Múltiple transmisiones y múltiples recepciones. Si bien desde 4G se tenía una configuración 2T2R o 2T4R para el 4.5G se logra con al menos 4Tx4R hasta 8T8R en downlink y hasta 4T4R en uplink. Además la modulación puede llegar hasta 256 QAM en downlink. En las antenas se encuentra el parámetro físico tilt que representa la inclinación vertical con el cual se direcciona y concentra la energía en un área específica de cobertura.

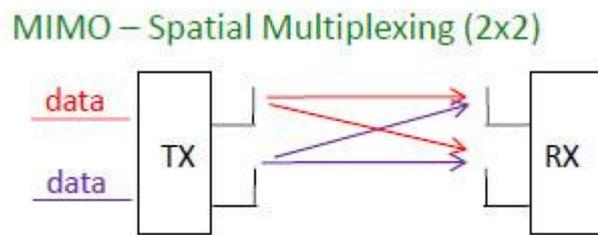


Figura 1.4. Configuración MIMO

Fuente: 3rd Generation Partnership Project (2013). Release 11 .USA: 3GPP Group

1.2.4. Marco de Referencia o Antecedentes

Título: “Modelización de Procesos de Negocios en una Empresa de Telecomunicaciones utilizando BPM”

Autor: Ing. Nicolás Adrián Acosta

Institución: Universidad Nacional de Córdoba

Fecha de la publicación: 2015

Aportes: Este estudio de modelización de procesos de negocios en una empresa de telecomunicaciones permite observar el uso de un BPM para el sector de telecomunicaciones siendo base para poder realizar la descripción del modelo actual y nuevo que se planteará en RAN.

Título: “Automatización de procesos en telecomunicaciones”

Autor: Dayana Osorio Laza, José Armando Andux Castillo

Institución: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría

Fecha de la publicación: 2014

Aportes: Este trabajo de automatización aborda de extremo a extremo brindando una visión de los beneficios y puntos a considerar al momento de modelar un proceso en el sector telecomunicaciones así mismo las herramientas para verificarlo, así mismo permite tener más opciones para elaborar el modelo propio en RAN.

1.2.5. Marco Conceptual

Se presentan términos básicos con significado único en el contexto de estudio:

- **Calidad del servicio:** Es el grado de satisfacción del usuario sobre el servicio que recibe. Cuando se especifica la calidad del servicio, debe considerarse el efecto combinado de las siguientes características del mismo: logística, facilidad de utilización, disponibilidad, confiabilidad, integridad y otros factores específicos de cada servicio. (Consejo Directivo.2015. Modificación del Reglamento de Portabilidad Numérica en el Servicio Público Móvil y el Servicio de Telefonía Fija. Lima: Osiptel).
- **Estación base:** Infraestructura de comunicaciones del sistema móvil que se enlaza con la central de conmutación, permitiendo el acceso de los usuarios al servicio público móvil a través del terminal. (Consejo Directivo.2015. Modificación del Reglamento de Portabilidad Numérica en el Servicio Público Móvil y el Servicio de Telefonía Fija. Lima: Osiptel).
- **Operador de Telecomunicaciones:** Persona natural o jurídica que cuenta con concesión o registro para prestar uno o más servicios públicos de telecomunicaciones. (Consejo Directivo.2015. Modificación del Reglamento de Portabilidad Numérica en el Servicio Público Móvil y el Servicio de Telefonía Fija. Lima: Osiptel).
- **Portabilidad Numérica Móvil:** Es el derecho del usuario y/o abonado de mantener su número móvil aun cuando cambie de operador de los servicios públicos móviles. (Consejo Directivo.2015. Modificación del Reglamento de Portabilidad Numérica en el Servicio Público Móvil y el Servicio de Telefonía Fija. Lima: Osiptel).
- **RAN:** El Radio Access network en un sistema de telecomunicaciones móviles es la parte de la red que se encarga de definir las funciones de las interfaces de radio para MS a BTS, UE a NodeB ó eNodeB (New TSG RAN Terms of Reference. 2016. India: 3GPP), es decir enlazar al usuario

final con los recursos de Core de manera que se pueda efectuar la comunicación.

- **Sistema radiante:** Conjunto de antenas, cables y equipo transmisor, acoplados entre sí al interior de una estación de radiocomunicación, que irradian ondas electromagnéticas al espacio libre. (Consejo Directivo.2015. Modificación del Reglamento de Portabilidad Numérica en el Servicio Público Móvil y el Servicio de Telefonía Fija. Lima: Osiptel).

1.3. Justificación

Ante la competencia del mejor servicio de telefonía móvil los tiempos de respuestas para un adecuado servicio son factores importantes para obtener la mayor cantidad de clientes 4.5G por lo cual se requiere un modelo que permita minimizar estos tiempos de respuesta involucrando a todas las gerencias de la empresa.

La presente investigación logrará verificar si un modelo basado en BPM permite obtener mejoras en el indicador de calidad throughput en las primeras 4 horas de activación de una nueva estación 4.5G.

1.4. Objetivos

Objetivo General

Nuevo modelo de procesos basado en BPM para mejorar el indicador de calidad throughput en la implementación de una nueva estación 4.5G en la ciudad de Trujillo en septiembre 2018.

Objetivos Específicos

- Analizar el proceso actual empleado para la implementación de una nueva estación base 4.5G en un operador local de la ciudad de Trujillo.
- Proponer un modelo de proceso para la implementación de una nueva estación 4.5G.
- Implementar el modelo de proceso en una estación 4.5G de la ciudad de Trujillo.
- Comparar el indicador de calidad throughput de la estación 4.5G, bajo el modelo de proceso tradicional y el modelo de proceso propuesto.

1.5. Hipótesis

Con el modelo de proceso basado en BPM se mejora el indicador de calidad throughput en la implementación de una estación 4.5G en la ciudad de Trujillo en septiembre 2018.

CAPÍTULO II
MATERIALES Y
MÉTODOS

II. Materiales y Métodos

2.1. Diseño del estudio

Tipo de estudio y metodología

2.2. Población

Las estaciones base 4.5G de la ciudad de Trujillo en Setiembre 2018

2.3. Muestra

Por el acceso limitado a las estaciones base del operador de telecomunicaciones, la cantidad analizada se considera una muestra no determinística.

Siendo dos estaciones con características similares en cuanto a la altura de estructura, equipamiento de sistema de radio, equipamiento de procesamiento en banda base y cobertura en áreas con cantidad de población y nivel socioeconómico parecido. Se tomaron como muestra las siguientes estaciones para su observación en el mes de septiembre del 2018, durante sus 04 primeras horas de activación:

- Estación base 4.5G TJCL_51500_Plaza_Toros ubicada en el Jr Estete cuadra 4 Trujillo, Trujillo.
- Estación base 4.5G TJCL_51600_Libertador ubicada en el Jr. Orbegoso cuadra 3 Trujillo, Trujillo

Los criterios de la toma de muestras se detallan a continuación

1. Parte física: Ambas estaciones tienen similar estructura de mástil y material de mimetizado con altura de antenas a 18 m



Plaza toros



Libertador

Figura 2.1. Parte física

2. Unidades de Radio: Para ambas estaciones la misma cantidad, modelos y configuración de potencia. Con el uso de radio 1900, 2600 y 700 para el carrier aggregation en 4.5G



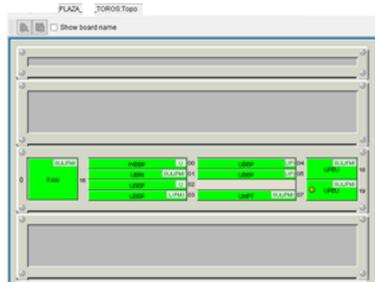
Plaza toros



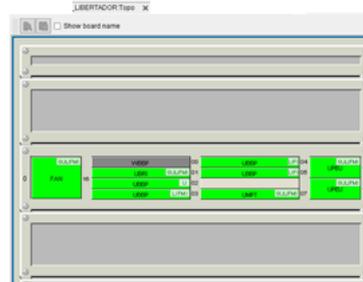
Libertador

Figura 2.2. Unidad de radio

3. Procesamiento banda base: Ambas estaciones cuentan con los mismos recursos banda base (UBBP) con medio de transmisión fibra óptica (UMPT)



Plaza Toros



Libertador

Figura 2.3. Banda base

4. KPIs : Los indicadores de tráfico de calidad como los usuarios y resource block similares en las horas estudiadas. Además los timing advance (propagación en distancia) con similares cargas.

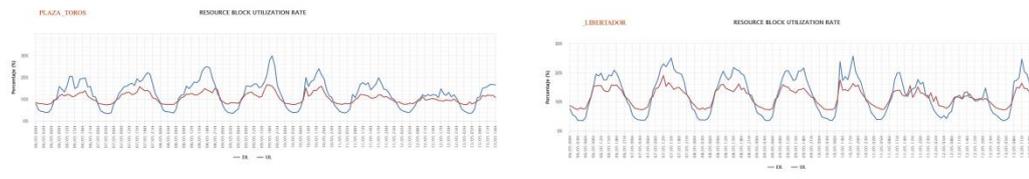


Figura 2.4. Resource block

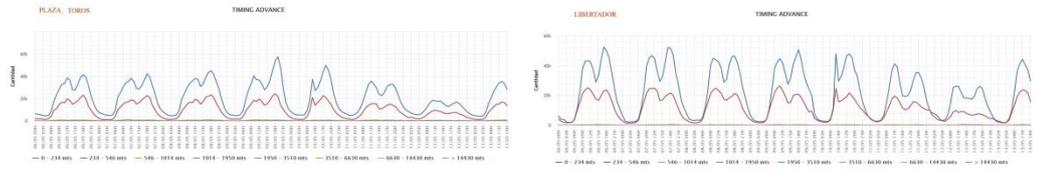


Figura 2.5. Timing advance

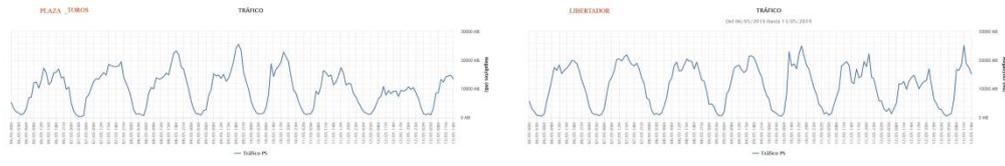


Figura 2.6. Tráfico

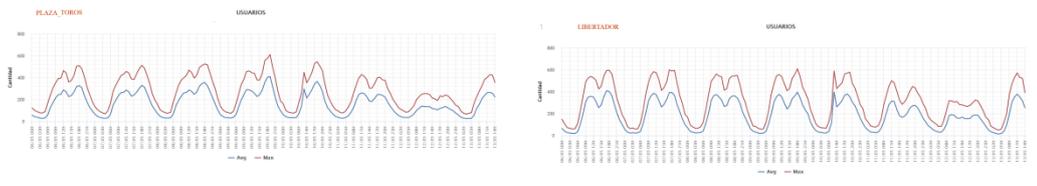


Figura 2.7. Usuarios

2.4. Operacionalización de variables

Tabla 2.1. Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica y herramienta	Instrumento de investigación o ítem
VI: Modelo de proceso basado en BPM	Modelo de manejo de procesos de negocios	Modelo que permite mejorar el indicador de calidad throughput para nuevas estaciones 4.5G	Modelo	• Reducción áreas involucradas	o técnica: Observación	o Guía de observación
				• Reducción tiempo de puesta on air	o técnica: Observación	o Guía de observación
VD: Indicador de calidad throughput	Tasa de transferencia efectiva de bits respecto al tiempo	Tasa de bits para conocer calidad de servicio que percibe usuario	Indicador de calidad (KPI)	o Throughput	Observación	o Guía de observación

2.5. Procedimientos y técnicas

Procedimientos:

Se realizaron los siguientes pasos:

- Se planteó el modelo actual que se usa para una nueva estación base 4.5G describiendo cada uno de los procesos.
- Cada proceso del modelo actual tomó un peso para determinar en cuál de ellos se afectó al throughput de manera significativa.
- Con lo anterior se propuso un modelo de proceso propio basado en BPM para una nueva estación 4.5G.
- Se implementó el modelo de proceso basado en BPM en la estación 4.5G TJCL_51600_Libertador de la ciudad de Trujillo.
- Se realizaron mediciones de throughput de las estación base con el modelo actual (TJCL_51500_Plaza__Toros) y con en el modelo de procesos basado en BPM (TJCL_51600_Libertador) en las primeras cuatro horas de activación obteniendo reportes del gestor U2000.
- Se comparó los reportes de mediciones del indicador de calidad throughput antes y después de la implementación del nuevo proceso basado en BPM.

Técnicas

- Medición
- Reportes de gestores
- Encuestas

2.6. Plan de análisis de datos

Métodos estadísticos, pruebas estadísticas relacionadas con objetivos de estudio

Diseño de contrastación:

El diseño de la investigación es experimental con una estación 4.5G como grupo de control con el modelo tradicional y como grupo experimental la otra estación 4.5G al implementársele como variable experimental al nuevo proceso basado en BPM para que sean comparadas como dos muestras no relacionadas.

Estación Base 4.5G TJCL_51500_Plaza_Toros x Modelo tradicional

Estación Base 4.5G TJCL_51600_Libertador x Modelo propuesto

Procesamiento y análisis de datos:

Con las muestras no relacionadas se aplicó una prueba Estadística T-Student sobre los indicadores de throughput para la contrastación de las mismas.

Consideraciones éticas

El estudio se realizó considerando la ética institucional.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

5. Resultados

3.1. Modelo tradicional

- a. **Información field:** El área de implementación por medio de sus contratistas visitan cada enodoB (estación base para 4G-4.5G) De manera que obtienen valores actuales de sistema radiante y hardware de banda base. Dicho documento se le conoce con el nombre de RAS (Radio acceptance site).
- b. **Validación:** El documento de RAS pasa al área de planificación el cual luego del análisis logra un diseño que cubra con requerimientos de usuarios en dicha zona. El documento firmado por el personal se conoce como RASv (Radio acceptance site validation)
- c. **Instalación:** Con el RASv el área de implementación obtiene un presupuesto y cronograma que logra plasmar con su contratista por cada enodoB
- d. **Configuración RAN:** En paralelo el área de planificación realiza el diseño lógico del enodoB concretizándolo en un documento llamado DF (design file).
- e. **Configuración Core:** El área de Core realiza configuraciones que permita tener conectividad con cada nodeB instalado.
- f. **Activación:** El tiempo de activación desde la finalización de la instalación varía según las variaciones de cronograma por el área de implementación ante revisiones de parámetros lógicos RAN y Coreo por su habilitación de las mismas.
- g. **Revisión throughput:** Al estar activo el enodeB aún sin puesta on air (notificado oficialmente con comunicado legal al gobierno) Dicho enodeB ya permite cursar tráfico, por lo cual el área de optimización revisa el indicador throughput en

tiempo real desde el gestor para que cumpla con los valores estándar que permitan un servicio adecuado.

- h. **Revisión en campo:** Si el indicador throughput no cubre los niveles requeridos, se procede a una revisión en campo por parte de operación y mantenimiento siendo su respuesta de presencia en campo mínima de 4 horas al estar en zona urbana. Estos en campo verifican los valores de inclinación de la antena (tilt) y en comunicación con optimización quienes verifican los indicadores respectivos, se procede a realizar las variaciones físicas hasta lograr que el indicador throughput este en los niveles adecuados.
- i. **Campaña en zona:** Al tener la confirmación de que los valores de throughput permiten a los usuarios la interacción bajo sus plataformas, el área de marketing inicia la publicidad en zona normalmente con eventos como caravanas.
- j. **Aumento de vendedores:** El personal de venta en paralelo a la publicidad aumenta el número de vendedores o puestos de venta para ofrecer el servicio en las primeras semanas de puesta on air.
- k. **Aviso al Gobierno:** Con ello el área legal se encarga de comunicar al regulador de telecomunicaciones que una nueva estación 4.5G está brindando servicio en una zona determinada.

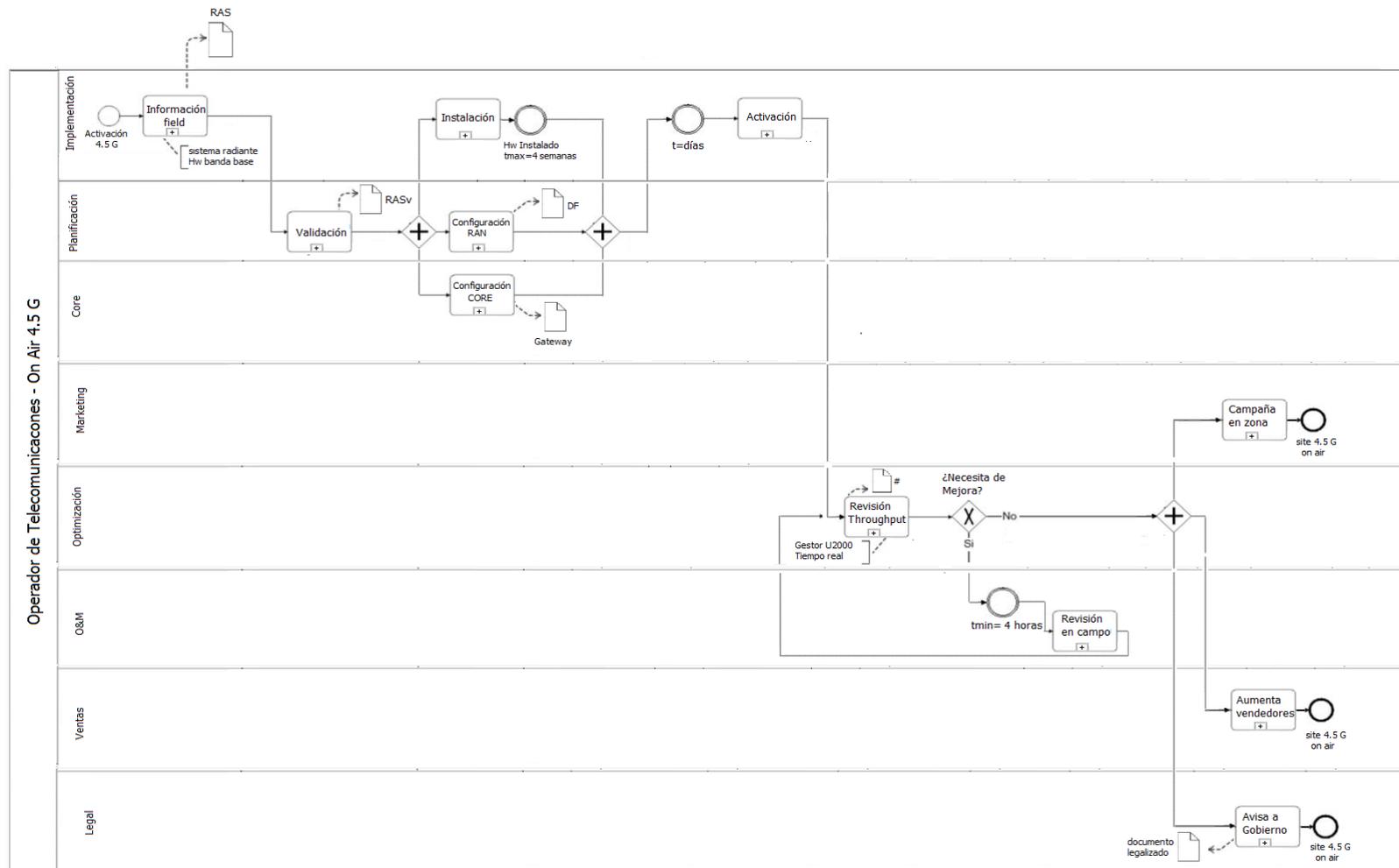


Figura 3.1. Modelo tradicional

En la reunión con gerencias y jefes de cada área se les indicó colocar pesos por cada proceso de manera que 1 sea el menos crítico y 5 el que considere más crítico para afectar al indicador throughput.

Se obtuvo esta tabla con mayor factor crítico en el proceso de verificación en campo.

Tabla 3.1. Pesos por área y proceso

Área/proceso	Información Field	Validación	Instalación	Configuración RAN	Configuración Core	Activación	Revisión throughput	Revisión en campo	Campaña en zona	Aumento de vendedores	Aviso al gobierno
Implementación	3	3	3	3	2	2	2	4	2	1	1
Planificación	4	2	5	2	2	3	1	5	1	1	1
Core	1	1	4	2	1	3	1	5	1	1	0
Marketing	1	1	3	1	1	3	1	4	1	1	1
Optimización	4	2	4	2	1	3	1	5	1	1	1
O&M	3	2	3	1	1	3	1	5	1	1	1
Ventas	2	1	3	1	1	2	2	4	1	1	1
Legal	1	1	3	1	1	2	2	3	1	1	1
Total	18	13	28	13	10	21	11	35	9	8	7

3.2. Modelo de automatización planteado

Las áreas de tecnologías de la información fueron las encargadas de plantear las opciones para rediseño del nuevo proceso considerando el análisis estructural para cambiar el proceso más crítico encontrado en el apartado anterior. Se realizó el análisis de tiempo, análisis de costeo de actividades y análisis de responsabilidades por cada opción describiendo sus características bajo estas dimensiones (tabla 3.2)

Tabla 3.2. Opciones rediseño de proceso

	Proceso actual	Opciones para rediseño de proceso		
Análisis/Características	Revisión en campo (h)	Aumentar personal O&M en campo	Automatización antena	Implementación tenga atención en campo con contratistas
Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • 4 horas mínimo en llegada de personal a zona urbana 	<ul style="list-style-type: none"> • Para reducir tiempo de atención 	<ul style="list-style-type: none"> • Atención remota en tiempo real 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal dedicado atención para minimizar tiempo
Costeo	<ul style="list-style-type: none"> • Pago por personal horas hombre en campo 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento presupuesto área de operación y mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción horas hombre para esta atención • Actualización de equipamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento presupuesto a implementación para pagar formato de cambio a contratista

				por atención
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Área comprometida Operación y mantenimiento • Área comprometida Optimización 	<ul style="list-style-type: none"> • Área comprometida Operación y mantenimiento • Área comprometida Optimización 	<ul style="list-style-type: none"> • Área comprometida Optimización 	<ul style="list-style-type: none"> • Área comprometida implementación • Área comprometida Optimización

Las áreas de tecnología de la información procedieron a reunirse para definir la solución junto al proveedor para posteriormente ser planteado junto a todas las áreas de la operadora de telecomunicaciones (tabla 3.3)

Tabla 3.3. Pesos por área y proceso

Área/Opción	Aumentar personal O&M en campo	Automatización antena	Implementación en tenga atención en campo con contratistas
Implementación	2	5	1
Planificación	1	4	3
Core	1	4	1
Optimización	2	4	3
O&M	1	5	2
Total	7	22	10

La propuesta de automatización de antena pasaron por las fases de planteamiento de soluciones, análisis de cada solución y elección de solución.

1. **Planteamiento de soluciones:** Para variar un patrón de radiación por temas de cobertura y/o interferencia a la zona que se requiere se pueden basar en tres factores mostradas en la tabla.

Tabla 3.4. Factores de propagación

Parámetro	Descripción en grados
Azimuth	Inclinación horizontal en grados
Tilt mecánico	Inclinación vertical antena
Tilt eléctrico	Cambio de fase de señal para variaciones verticales de alcance de señal

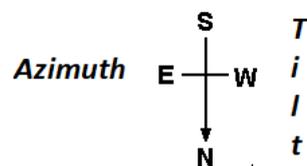


Figura 3.2. Orientación azimuth -tilt

2. **Análisis de solución:** En reuniones con proveedor se verificaron cada una de las ventajas y desventajas

Tabla 3.5. Factor azimuth

Parámetro	Ventajas	Desventajas
Azimuth	Control de cobertura parcial entre los rangos que se puedan mover evitando obstrucciones	El costo por sistema de motores se incrementaría al tener que mover 60Kg



Antena
Peso: 60 kg
Altura: 2.074m
Ancho: 0.641m

Figura 3.3. Modelo antena

Tabla 3.6. Factor tilt mecánico

Parámetro	Ventajas	Desventajas
Tilt mecánico	Se limita alcance de cobertura reduciendo interferencias	El patrón de propagación se distorsiona

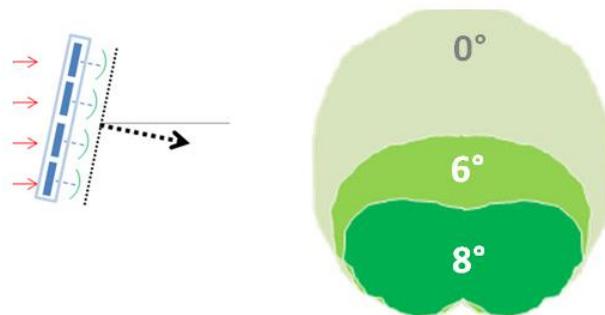


Figura 3.4. Patrón tilt mecánico

Tabla 3.7. Factor tilt eléctrico

Parámetro	Ventajas	Desventajas
Tilt eléctrico	Control de cobertura de manera instantánea	Conocimientos de KPIs avanzado de los operarios



Figura 3.5. Patrón tilt eléctrico

- 3. Selección de solución:** Al comparar las tres opciones se logró decidir que la automatización que mejores resultados daría y se adaptaba al tema de precios sería la automatización de tilt eléctrico el cual sería implementado bajo el nombre de RET (remote electrical tilt) la cual se describe más adelante en la implementación.

Tabla 3.8. Observaciones por cada factor propagación

Automatización	Observación
Azimuth	Descartada al elevar costos fuera de presupuesto
Tilt mecánico	Descartada al distorsionar patrón de señal
Tilt eléctrico	Aceptada al tener bajos costos y facilidad de implementación

Así el remote electrical tilt RET seleccionada por las áreas de tecnologías de la información fue la elegida y presentada en reunión con los demás gerentes comerciales y demás áreas de la operadora de telecomunicaciones con el director general como moderador. Esta fue aprobada por unanimidad sin afectar considerablemente el presupuesto anual. Así se definió el nuevo proceso a regir para los nuevos enodeB 4.5G en la ciudad de Trujillo.

h'. Movimiento RET: Propuesta tecnológica Remote electrical tilt (RET) la cual es la automatización de la inclinación de la antena (conocida como tilt) de manera remota por medio de gestores en tiempo real. Esto gracias al uso de nuevas antenas con motores pero manteniendo los sistemas de radio actual. Con esto, la atención por parte de optimización del indicador throughput será inmediatamente de su activación pudiendo corregir el indicador hasta llegar a niveles adecuados para un servicio de calidad al usuario final.

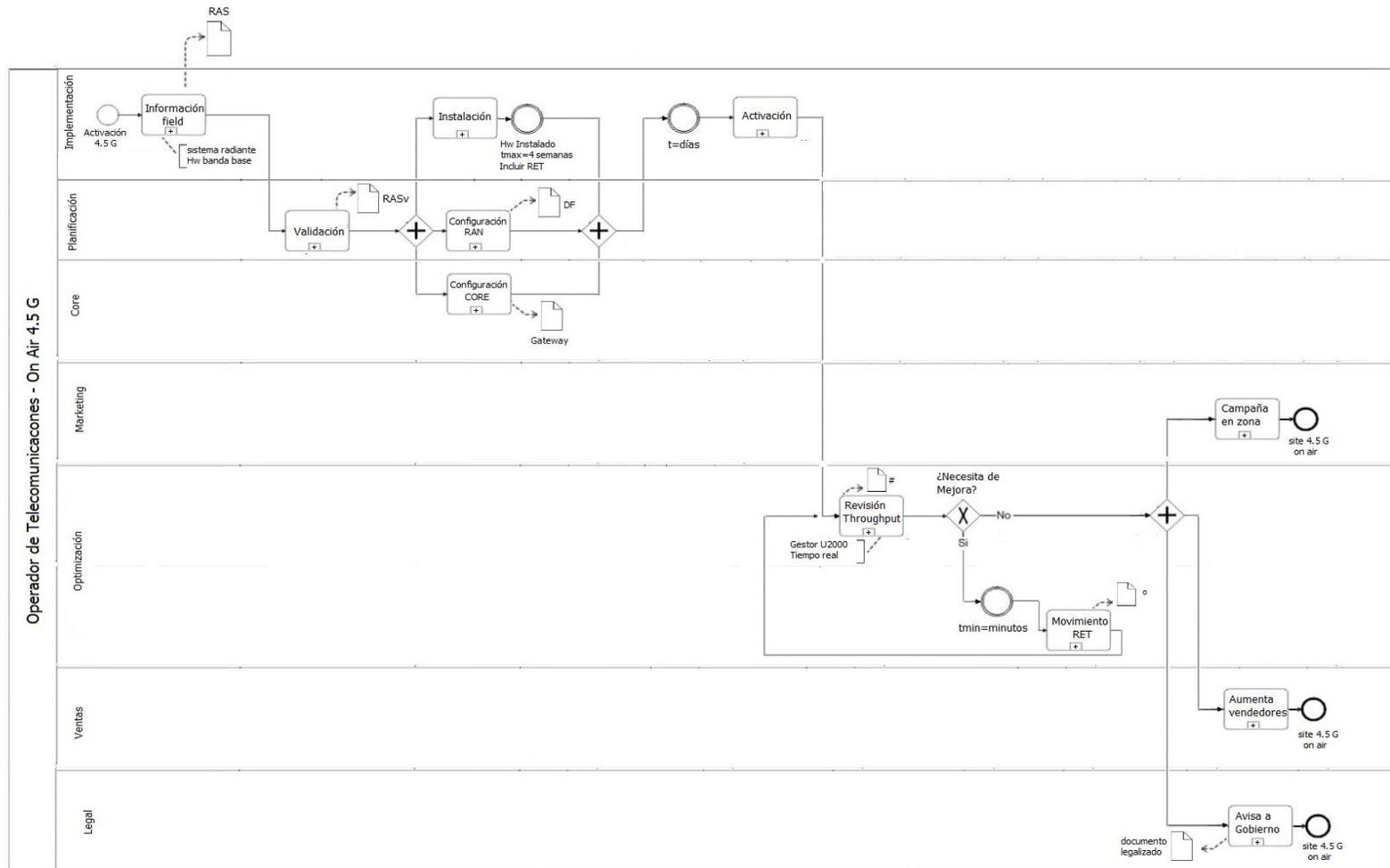


Figura 3.6. Modelo planteado

3.3.Implementación de proceso

Se logra implementar el movimiento RET con la automatización de antenas (Figura 3.3). La antena ASI4517R1 usada cuenta con motores de precisión que permite manipular los parámetros físicos de la antena, así por medio de la unidad de radio remota (RRU) nos permite enviar los pulsos para los motores siendo controlados remotamente (figura 3.4). Finalmente, con el gestor U2000 licenciado de Huawei nos permite realizar la variación de parámetros desde un computador sin límites geográficos ni temporales (figura 3.5).

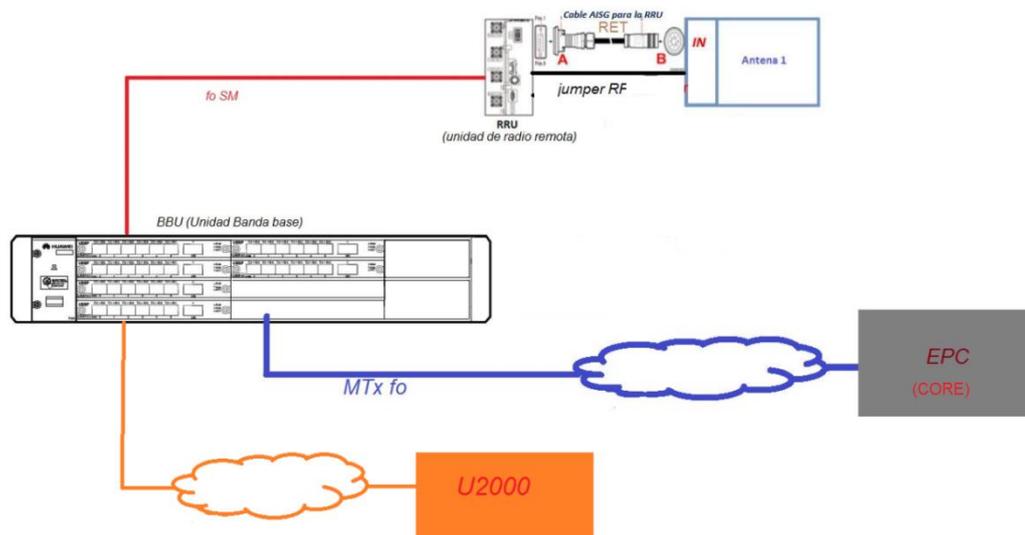


Figura 3.7. Conexión BBU-RRU-Antena

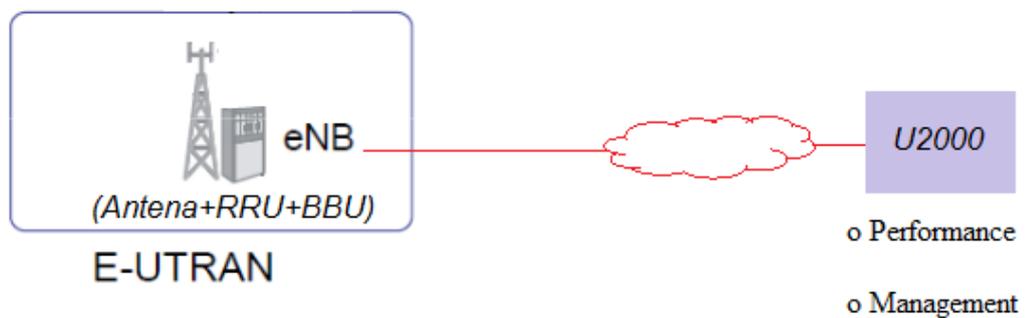


Figura 3.8. Gestor U2000 en Arquitectura 4G LTE

Display RET Subunit Dynamic Information

Device No.	Subunit No.	Online Status	Actual Tilt(0.1degree)
1	1	AVAILABLE	100
2	1	AVAILABLE	92
3	1	AVAILABLE	92
7	1	AVAILABLE	105
8	1	AVAILABLE	85
9	1	AVAILABLE	84
13	1	AVAILABLE	100
14	1	AVAILABLE	99
15	1	AVAILABLE	102

(Number of results = 9)

Motores de la antena

Valores configurados de tilt eléctrico/10

Figura 3.9. Nivel de gestor U2000

3.4. Mediciones de modelos

Se midió el indicador throughput en las primeras 4 horas de activación en una nueva estación 4.5G mediante la plataforma U2000 Performance y los cambios en el modelo automatizado por medio de U2000 Management.

Estación con modelo tradicional: EnodeB 4.5G en TJCL_51500_Plaza_Toros. Recordar que ante los niveles del indicador throughput obtenidos por los gestores optimización de ser necesario el apoyo de personal en campo de operación y mantenimiento el cual llega en 3:30h (4 horas promedio) iniciando protocolo de seguridad para trabajar en infraestructura, los cuales en coordinación con personal de optimización en oficina inician cambios al observar la distancia de propagación del enodeB así mismo los niveles de señal así con retroalimentación de los gestores observándose mejoras para las 21:50.

Tabla 3.9. Throughput tradicional

Item	Time	Modelo tradicional
		TH Average DL Plaza_Toros (Kbps)
1	18:00	5842.82
2	18:05	4925.12
3	18:10	3999.07
4	18:15	5910.22
5	18:20	5840.65
6	18:25	4593.80
7	18:30	5331.66
8	18:35	5288.76
9	18:40	5315.16
10	18:45	6695.94
11	18:50	6178.34
12	18:55	6425.00
13	19:00	4731.05
14	19:05	6002.74
15	19:10	5784.35
16	19:15	4493.58
17	19:20	4116.10
18	19:25	4721.34
19	19:30	4409.66
20	19:35	3260.78
21	19:40	3789.87
22	19:45	4443.39
23	19:50	5727.25
24	19:55	5675.57
25	20:00	4575.31
26	20:05	3663.88
27	20:10	4590.78
28	20:15	5596.32
29	20:20	6162.90
30	20:25	5939.81
31	20:30	6861.61
32	20:35	7172.40
33	20:40	8267.68
34	20:45	6832.90
35	20:50	6185.72
36	20:55	7287.48
37	21:00	8175.94
38	21:05	9670.34

39	21:10	9604.76
40	21:15	8712.30
41	21:20	9754.42
42	21:25	7599.31
43	21:30	6183.24
44	21:35	5648.77
45	21:40	7344.11
46	21:45	8778.73
47	21:50	9258.93
48	21:55	15363.58
49	22:00	13951.41

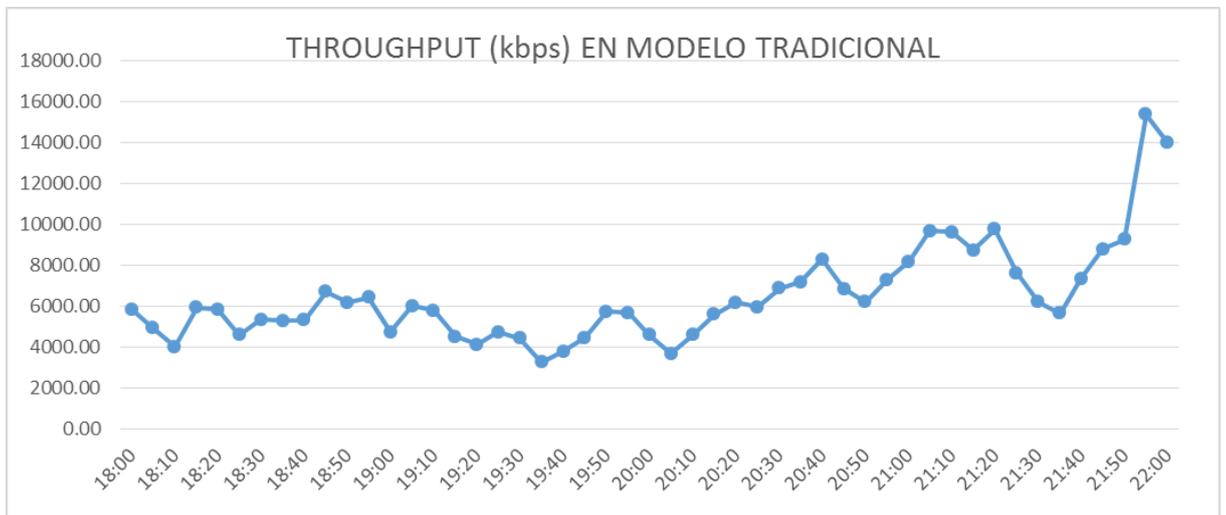


Figura 3.10. Throughput modelo tradicional

Estación con modelo planteado: EnodeB 4.5G en TJCL_51600_Libertador. Para este modelo con automatización de la inclinación ante la activación de del enodeB al aparecer las mediciones de throughput en los gestores optimización inicia modificaciones de manera remota en tiempo real sin la necesidad de contactarse con personal de operación y mantenimiento en campo. Optimización inicia las revisiones de la distancia de la propagación del enodeB y niveles de señal con sus variaciones conforme manipula la inclinación remota en tiempo real logrando un primer avance a los 15 minutos y logrando una estabilidad a la primera hora garantizando el throughput para que los usuarios puedan tener la mayor calidad de servicio en sus interacciones virtuales.

Tabla 3.10. Throughput planteado

		Modelo rediseño
Item	Time	TH Average DL Libertador (Kbps)
1	18:00	6286.754
2	18:05	8527.833
3	18:10	7777.656
4	18:15	6693.775
5	18:20	30108.833
6	18:25	25556.201
7	18:30	43835.515
8	18:35	55551.35
9	18:40	66016.774
10	18:45	66322.23
11	18:50	66684.887

12	18:55	77483.213
13	19:00	56976.819
14	19:05	66837.121
15	19:10	77399.358
16	19:15	88136.938
17	19:20	77286.271
18	19:25	86756.515
19	19:30	78917.633
20	19:35	99409.491
21	19:40	80577.248
22	19:45	87659.132
23	19:50	98543.431
24	19:55	98792.726
25	20:00	88203.521
26	20:05	77603.171
27	20:10	88087.257
28	20:15	99325.666
29	20:20	87445.548
30	20:25	77027.44
31	20:30	88642.828
32	20:35	76838.489
33	20:40	77805.219
34	20:45	86139.568
35	20:50	95529.166
36	20:55	77649.82

37	21:00	77122.685
38	21:05	88974.801
39	21:10	99421.197
40	21:15	80562.98
41	21:20	90585.392
42	21:25	95223.516
43	21:30	88301.047
44	21:35	87524.734
45	21:40	78555.91
46	21:45	87838.173
47	21:50	98357.764
48	21:55	89770.102
49	22:00	87435.409

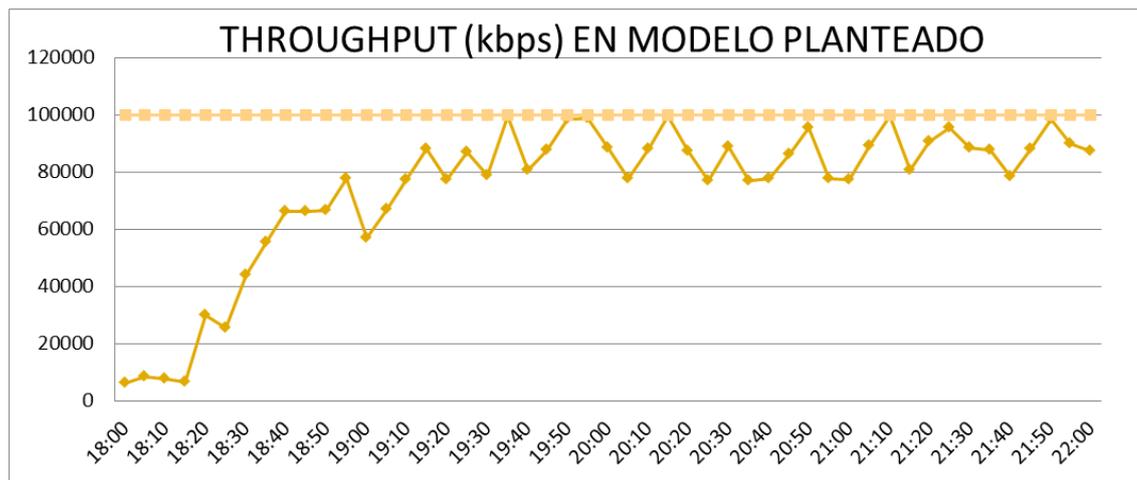


Figura 3.11. Throughput modelo rediseño

CAPÍTULO IV
DISCUSIÓN DE
RESULTADOS

6. Discusión de resultados

Al realizar la comparación del indicador de calidad de throughput en las primeras 4 horas de una nueva estación base 4.5G una con modelo tradicional y la otra con el rediseño de proceso se someten a pruebas estadísticas de T-student con ayuda del software SPSS statistics visor.

Ho (hipótesis nula)	:	$u=0$ (valores de throughput son iguales)
Hi(hipótesis estudio)	:	$u \neq 0$ (valores de throughput son diferentes)

:

Prueba T

Tabla 4.1. Estadísticas de Grupo

	Qué estación?	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Cuánto Th?	Plaza_Toros	49		2376,839855	339,548551
	Libertador	49	74043,04300	25706,011433	3672,287348

Tabla 4.2. Estadísticas de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Cuánto Th?	Se asumen varianzas iguales	44,994	1,368E-9	-18,325	96	4,1589E-33	- 67580,087347	3687,951678	- 74900,613570	- 60259,561124
	No se asumen varianzas iguales			-18,325	48,821	1,1523E-23	- 67580,087347	3687,951678	- 74991,992362	- 60168,182332

Al tener una varianza=0.05>1.1523E-23 con 95% confianza, la prueba t para muestras independientes indica que se rechaza la hipótesis nula aceptando la hipótesis de estudio, es decir se acepta que el throughput luego del rediseño es diferente con valor de media 74043,04300 kbps mayor al throughput 6462,95565 Kbps sin él (t=-18.325, gl=48.821, p<0.05)

Tabla 4.3. Comparación Throughput entre modelos

Item	Time	Modelo tradicional	Modelo rediseño	TH Ideal (Kbps)
		TH Average DL Plaz_Toros (Kbps)	TH Average DL Libertador (Kbps)	
1	18:00	5842.82	6286.754	100000
2	18:05	4925.12	8527.833	100000
3	18:10	3999.07	7777.656	100000
4	18:15	5910.22	6693.775	100000
5	18:20	5840.65	30108.833	100000
6	18:25	4593.80	25556.201	100000
7	18:30	5331.66	43835.515	100000
8	18:35	5288.76	55551.35	100000
9	18:40	5315.16	66016.774	100000
10	18:45	6695.94	66322.23	100000
11	18:50	6178.34	66684.887	100000
12	18:55	6425.00	77483.213	100000
13	19:00	4731.05	56976.819	100000
14	19:05	6002.74	66837.121	100000
15	19:10	5784.35	77399.358	100000
16	19:15	4493.58	88136.938	100000
17	19:20	4116.10	77286.271	100000
18	19:25	4721.34	86756.515	100000
19	19:30	4409.66	78917.633	100000
20	19:35	3260.78	99409.491	100000
21	19:40	3789.87	80577.248	100000

22	19:45	4443.39	87659.132	100000
23	19:50	5727.25	98543.431	100000
24	19:55	5675.57	98792.726	100000
25	20:00	4575.31	88203.521	100000
26	20:05	3663.88	77603.171	100000
27	20:10	4590.78	88087.257	100000
28	20:15	5596.32	99325.666	100000
29	20:20	6162.90	87445.548	100000
30	20:25	5939.81	77027.44	100000
31	20:30	6861.61	88642.828	100000
32	20:35	7172.40	76838.489	100000
33	20:40	8267.68	77805.219	100000
34	20:45	6832.90	86139.568	100000
35	20:50	6185.72	95529.166	100000
36	20:55	7287.48	77649.82	100000
37	21:00	8175.94	77122.685	100000
38	21:05	9670.34	88974.801	100000
39	21:10	9604.76	99421.197	100000
40	21:15	8712.30	80562.98	100000
41	21:20	9754.42	90585.392	100000
42	21:25	7599.31	95223.516	100000
43	21:30	6183.24	88301.047	100000
44	21:35	5648.77	87524.734	100000
45	21:40	7344.11	78555.91	100000
46	21:45	8778.73	87838.173	100000

47	21:50	9258.93	98357.764	100000
48	21:55	15363.58	89770.102	100000
49	22:00	13951.41	87435.409	100000

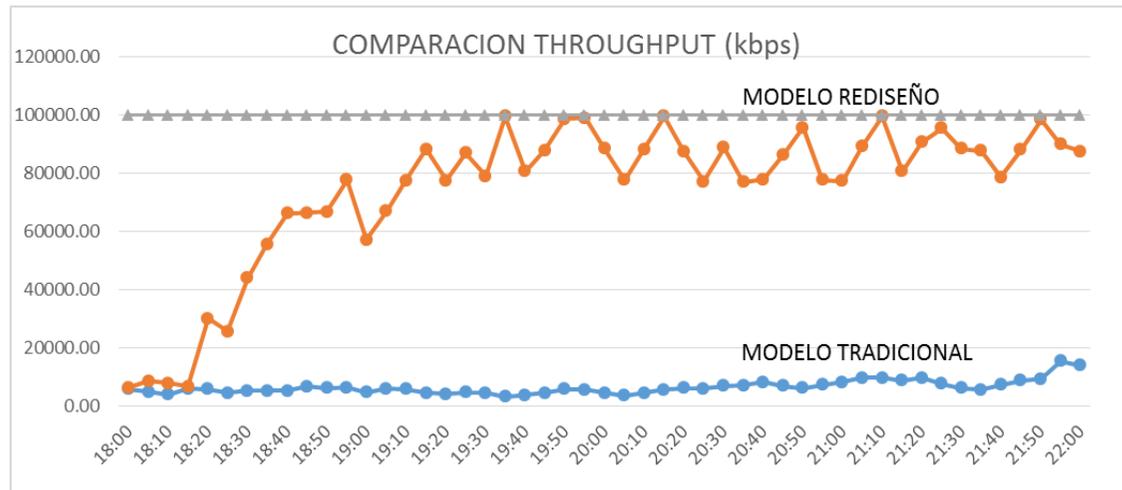


Figura 4.1. Comparación TH entre modelos

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

7. Conclusiones

- El análisis BPM del modelo actual de implementación de nuevos enodeB 4.5G muestra luego de someterse a valorización por cada jefe de área que el proceso considerado como el más crítico para afectar el indicador throughput es el proceso denominado revisión en campo.
- Se planteó un modelo de implementación basado en la metodología BPM con el rediseño del proceso más crítico revisión en campo por el de automatización de inclinación de antena en tiempo real remote electrical tilt retirando la responsabilidad del área de operación y mantenimiento y reduciendo el tiempo de atención de puesta on air de un nuevo enodeB 4.5G.
- Se logró implementar el modelo automatizado de inclinación de antena remote electrical tilt en un enodeB 4.5G con la solución tecnológica de un proveedor de telecomunicaciones.
- El rediseño de proceso usando BPM obtuvo un valor de throughput mayor con media 74043,04300 kbps con respecto a la media de 6462,95565 Kbps sin él, observándose una diferencia de respuesta desde los primeros 15 minutos y con estabilización en la primera hora.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

8. Recomendaciones

- Para que la investigación sea generalizada a cualquier estación de telecomunicaciones móviles la muestra debe incrementarse con respecto a la población de estaciones considerando un tiempo mínimo de 1 año para estudios.
- El estudio para una estación de telecomunicaciones móviles en zonas rurales debe extender el tiempo de análisis de 4 horas a 20 horas para la respectiva comparación al usar el modelo con rediseño de proceso.

CAPÍTULO VII
REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS

9. Referencia Bibliográficas

- Alberto Camacho Ruiz.(2015). *LTE Mobile Network performance with Antenna Tilt considering Real Radiation Patterns*. Stockholm: Kith Royal Institute of Technology.Stockholm, Sweden
- Christopher Cox (2014). *An Introduction to LTE, LTE-ADVANCED, SAE, VoLTE and 4G Mobile Communications*. Second Edition. UK: Wiley
- Consejo Directivo.(2015). *Modificación del Reglamento de Portabilidad Numérica en el Servicio Público Móvil y el Servicio de Telefonía Fija*. Lima: Osiptel
- Consejo Directivo.(2014). *Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones N123-2014*. Lima: Osiptel
- Diogo X. Almeida, Luís M. Correia, and Marco Serrazina .(2013). *Inter-Cell Interference Impact on LTE Performance in Urban Scenarios*. Lisboa: Técnico Lisboa
- Gerencia de Asesoría Legal. (2015). *Glosario de términos de Telecomunicaciones en el Perú*. Lima: Osiptel
- Jakob Freund, Bernd Rucker, Bernhard Hitpass. (2014) *BPMN 2.0 Manual de Referencia y Guía Práctica*. Chile:Universidad Técnica Federico Santa María
- John L. Schadler. (2014). *A Note on the Effects of Broadcast Antenna Gain, Beam Width and Height Above Average Terrain*. ME: Antenna Development Dielectric L.L.C.
- Jyoti Banerjee (Fronesis) and Cristina Bueti. (2012) *General specifications and KPIs*. USA: International Telecommunication Union (ITU)
- Laza Dayana Osorio, Andux Castillo José Armando (2014) *Automatización de procesos en telecomunicaciones*. Cuba: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Registro Nacional de Frecuencias. Recuperado de http://www.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/servicios_publicos/registro_frecuencias.html
- Object Management Group(2011) . *Business Process Model and Notation(BPMN) v2.0*. USA: OMG
- Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones. (2013). N° 166-2013-CD. Recuperado de <https://www.osiptel.gob.pe/articulo/n-1662013cdosiptel>
- Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones. (2018). Reporte Estadístico Abril. Recuperado de <https://www.osiptel.gob.pe/noticia/np-portabilidadmovil-nuevorecordhistorico>
- Radiocommunication Sector.(2012).*Vocabulary of terms for International Mobile Telecommunications (IMT)*. Geneva: International Telecommunication Union (ITU)
- Ralf Kreher and Karsten Gaenger (2011). *LTE Signaling, Troubleshooting, and Optimization*. Germany:Wiley
- 3rd Generation Partnership Project (2013). *Release 11* .USA: 3GGP Group

- 3rd Generation Partnership Project (2015). *Release 12* .USA: 3GPP Group
- Nicolás Adrián Acosta (2015). *Modelización de Procesos de Negocios en una Empresa de Telecomunicaciones utilizando BPM*. Universidad Nacional de Córdoba

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

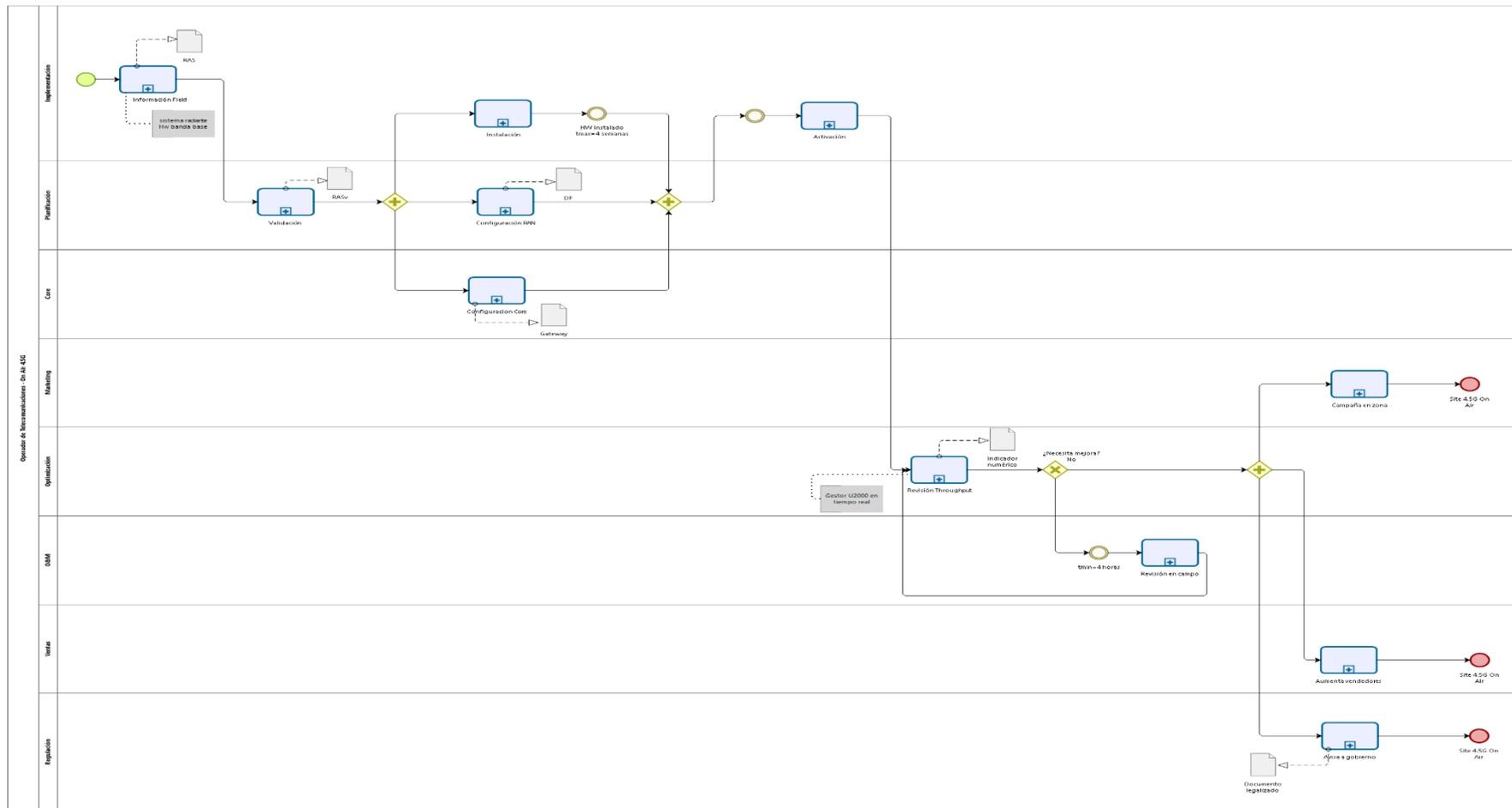


Figura 8.1. Antes de rediseño de proceso con software bizagi modeler

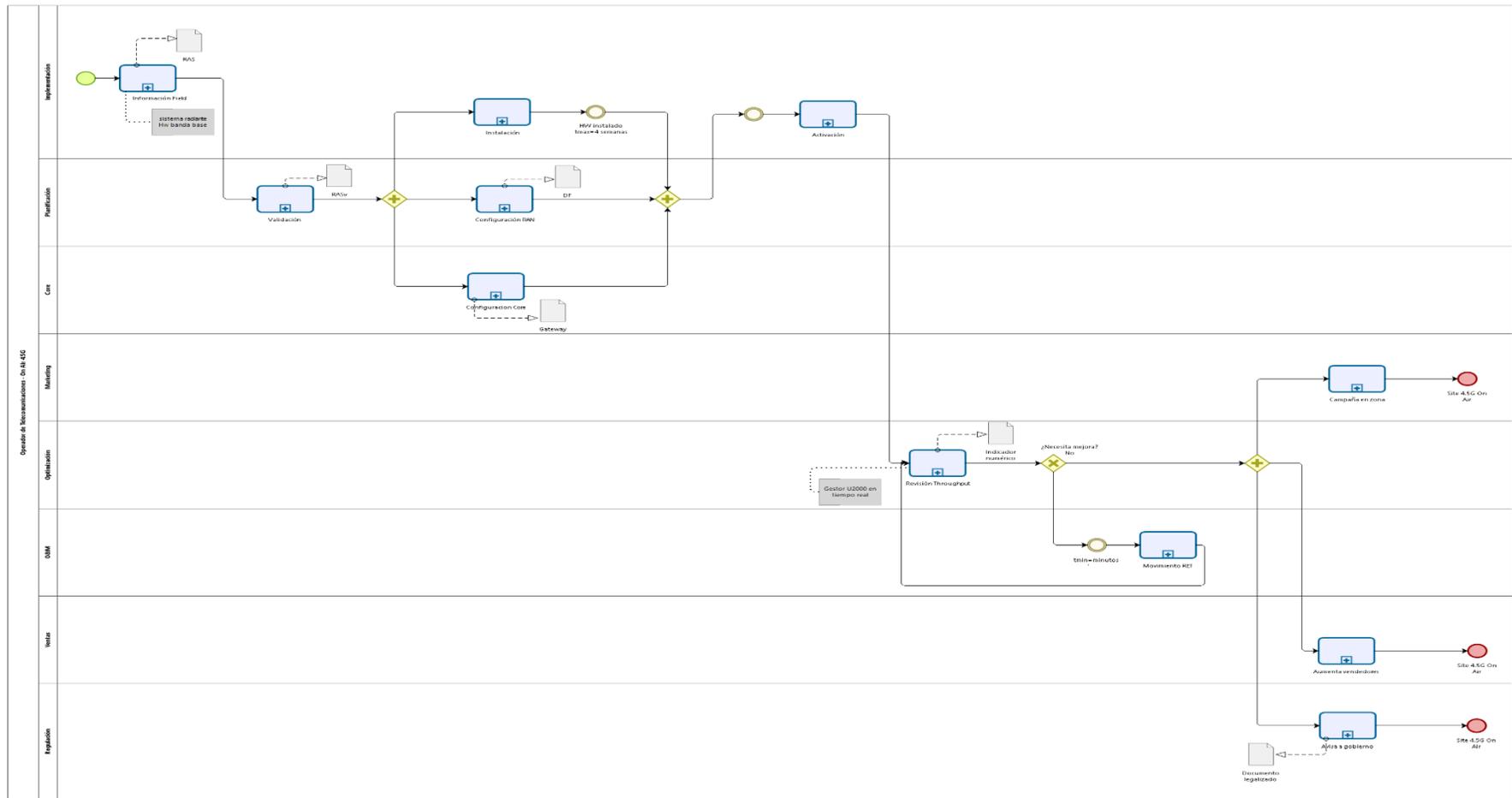


Figura 8.2. Después de rediseño de proceso con software bizagi modeler

Tabla 8.2. Prueba T muestras independientes software SPSS statistics visor

Prueba T

Estadísticas de grupo

Qué estación?	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Cuánto Th? Plaza_Toros	49	6462,95565	2376,839855	339,548551
Libertador	49	74043,04300	25706,01143	3672,287348

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Cuánto Th?	Se asumen varianzas iguales	44,994	,000	-18,325	96	,000	-67580,0873	3687,951678	-74900,6136	-60259,5611
	No se asumen varianzas iguales			-18,325	48,821	,000	-67580,0873	3687,951678	-74991,9924	-60168,1823

DATASET ACTIVATE ConjuntoDatos1.

SAVE OUTFILE='D:\comparacion_spss.sav'
/COMPRESSED.

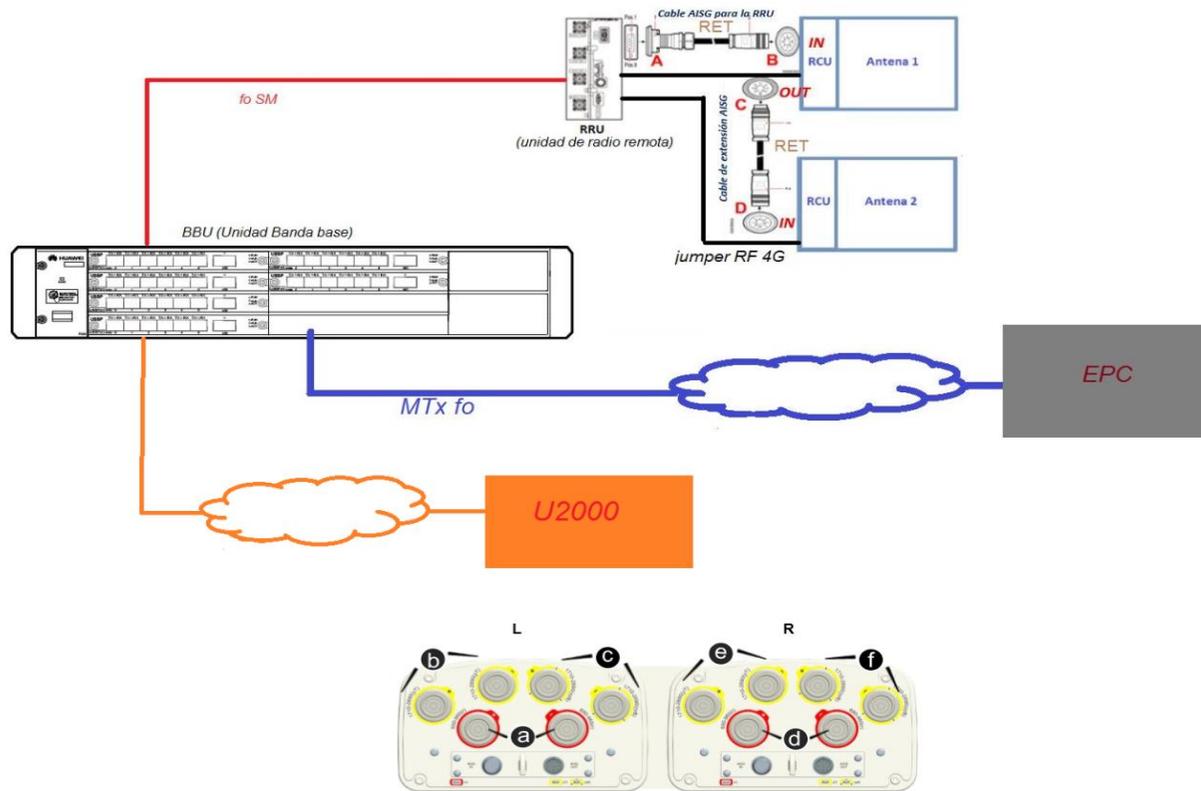


Figura 8.3. Solución tecnológica RET con antena ASI 12 puertos