

**PRODEV**  
**APOYO A LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE**  
**PRESUPUESTO BASADO EN RESULTADOS**  
**(ME-T1123)**

**ESTADO DE YUCATAN**

**CONSULTORÍA PARA APOYO AL DISEÑO DE LA AGENDA**  
**DIGITAL- SERVICIOS DE BANDA ANCHA**  
**(ESTUDIOS DE PRE-INVERSION)**

Realizado para el Banco Interamericano de Desarrollo  
por:

Ing. Ricardo Martínez Garza Fernández  
M. en C. Salma Jalife Villalón

25 de abril de 2010

## 1. ANTECEDENTES

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) aprobó la Cooperación Técnica ME-T1123 (PRODEV) para el desarrollo de los estudios de implantación de un Sistema de Presupuesto Basado en Resultados (PBR) y apoyo al desarrollo de un plan estratégico de inversiones en el Estado de Yucatán (México).

El PRODEV en el Estado de Yucatán tiene como principales propósitos :

- a) apoyar la implementación de la presupuestación y gestión por resultados, y
- b) apoyar el sistema de inversión pública del estado e identificar y diseñar a nivel de pre-factibilidad de un conjunto de proyectos de inversión prioritarios para el desarrollo del Estado.

Los objetivos del PRODEV se encuadran en los resultados y orientaciones contenidas en estudios anteriores. Estos estudios han hecho posible el planteamiento de propuestas concretas para una serie de iniciativas orientadas a incrementar y mejorar la calidad de la inversión pública. Además, han permitido avanzar en la programación de las acciones de fortalecimiento institucional orientadas a implantar nuevas metodologías de gestión y presupuestos basados en resultados.

En materia de desarrollo digital, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) contrató en 2008 una consultoría para apoyar al Gobierno del Estado de Yucatán en el diseño de un Plan Estratégico de Gobierno Electrónico. Este Plan presentó los siguientes proyectos:

- i) Reingeniería de Procesos;
- ii) Sistema Integrado de Gestión de Trámites de la Administración del Estado de Yucatán;
- iii) Integración de Sistemas de Administración;
- iv) Sistema de Administración Financiera y Tributaria Municipal;
- v) Sistema de Información Geográfica;
- vi) Firma Digital;
- vii) Estándares Tecnológicos;
- viii) Reforzamiento del Equipamiento y de la red de Comunicaciones;
- ix) Centros de Atención al Ciudadano; y,
- x) Sitio Web.

Con base en los antecedentes, la Cooperación Técnica PRODEV en el Estado de Yucatán apoyará a la Secretaría de Planeación y Presupuesto (SPP), Secretaría de Hacienda y demás dependencias públicas del Estado de Yucatán en este proceso de desarrollo e implantación de nuevas metodologías y sistemas, mediante los estudios ya comenzados para llevarlos a nivel de pre-factibilidad. Para ello se contrató una consultoría.

## 2. OBJETIVO DE LA CONSULTORÍA

La consultoría fue contratada por el BID para elaborar un Plan de Acción y estudio para identificar la Solución Tecnológica de la Red Estatal y cuantificar la inversión necesaria para proporcionar el acceso a Internet en aquellos puntos de la Red Estatal que actualmente cuentan o no con éste servicio, así como el redimensionamiento de la Red para soportar el tráfico futuro de Internet que se generará al proporcionar el servicio de Internet a través de la Red.

### ACTIVIDADES:

- a) Revisar y analizar los antecedentes y la situación actual del Estado, a partir de las documentaciones y estudios previos de la Red Estatal de Servicios de la Dirección General de Tecnologías de Información (DGTI);

- b) Elaborar un estudio que contenga:

Identificación de los puntos de acceso: a partir de informaciones proporcionadas por la DGTI, identificar y mapear el universo de 1.238 sitios correspondientes a los sectores de educación, salud y gobierno en el Estado de Yucatán que tendrán acceso a la Red Estatal Gubernamental.

Solución tecnológica completa: proponer y describir las configuraciones tecnológicas completas y necesarias para permitir el acceso simultaneo de los usuarios a los servicios de la Red Estatal y a la Internet en una forma eficiente y escalable.

El dimensionamiento de la Red: en función de la provisión futura de servicios de Internet a través de la Red en los 2084 puntos de acceso,, diseñar una solución tecnológica consolidada (optimizada) y redimensionar las necesidades de la Red para soportar el tráfico que se generará al proporcionar este servicio en escenarios de mediano y alto uso para un universo de 5 años.

- c) Elaborar un Plan de Acción para la implementación de la Solución Tecnológica en respuesta a las necesidades actuales y futuras del Estado de Yucatán en relación a la interconexión de la Red Estatal con la Internet.
- d) Descripción detallada
- e) Presupuesto de inversiones
- f) Cronograma
- g) Esquema de ejecución del plan
- h) Propuesta de fortalecimiento organizacional de la entidades involucradas

### **3. METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE LA CONSULTORIA**

En un periodo de cuatro semanas, se llevó a cabo la investigación y desarrollo del estudio como se explica a continuación:

#### SEMANAS 1 y 2

CON BASE EN INFORMACION RECIBIDA Y ENTREVISTAS REALIZADAS A LOS ACTORES, IDENTIFICAR:

- ANTECEDENTES Y SITUACION ACTUAL DEL ESTADO
- INICIATIVAS FEDERALES QUE IMPACTAN EN EL DESARROLLO DE REDES ESTATALES
- OBJETIVOS Y FUENTES DE SUSTENTACION DE LA(S) INSTITUCION(ES) QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO
- ACTORES
- ENTORNO TIC Y RECURSOS EXISTENTES
- A QUIEN VA DIRIGIDO (COMUNIDADES, USUARIOS, CLIENTES)
- LOCALIZACION GEOGRAFICA POR NECESIDADES
- TIPO DE APLICACIONES
- ANCHO DE BANDA REQUERIDO

#### SEMANAS 3 Y 4

CON BASE EN CRITERIOS DE EFICIENCIA, DISPONIBILIDAD Y CAPACIDAD –AL MENOR COSTO- ELABORACION DEL ESTUDIO

##### A. ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD TECNICA:

- a. SOLUCION TECNOLOGICA COMPLETA – PROPONER Y DESCRIBIR LAS CONFIGURACIONES TECNOLOGICAS COMPLETAS Y NECESARIAS PARA PERMITIR EL ACCESO SIMULTANEO DE USUARIOS A LOS SERVICIOS DE LA RED ESTATAL Y A LA INTERNET DE MANERA EFICIENTE Y ESCALABLE
- b. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED ESTATAL EN FUNCION DE LA PROVISION FUTURA DE SERVICIOS DE INTERNET A TRAVES DE LA RED EN LOS 2084 PUNTOS DE ACCESO
- c. DISEÑAR UNA SOLUCION TECNOLOGICA CONSOLIDADA (OPTIMIZADA) Y REDIMENSIONAR LAS NECESIDADES DE LA RED PARA SOPORTAR EL TRAFICO QUE SE GENERARA AL PROPORCIONAR ESTE SERVICIO EN ESCENARIOS DE MEDIANO Y ALTO USO

##### B. PRE-FACTIBILIDAD ECONOMICA:

- a. CUANTIFICACION DE LA INVERSION NECESARIA PARA INCLUIR EL ACCESO A INTERNET
- b. PRESUPUESTO DE INVERSIONES

##### C. PRE-FACTIBILIDAD OPERATIVA:

- a. ELABORAR UN PLAN DE ACCION PARA LA IMPLEMENTACION DE LA SOLUCION TECNOLOGICA EN RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES Y FUTURAS DEL ESTADO DE YUCATAN EN RELACION A LA INTERCONEXION DE LA RED CON INTERNET
- b. DESCRIPCION DETALLADA
- c. CRONOGRAMA

- d. ESQUEMA DE EJECUCION DEL PLAN
- e. PROPUESTA DE FORTALECIMIENTO ORGANIZACIONAL DE LAS ENTIDADES INVOLUCRADAS

#### 4. SITUACION ACTUAL DEL ESTADO

Yucatán tiene una extensión territorial de 39 612 kilómetros cuadrados. La mayor parte del territorio lo conforma una llanura. Cuenta con dos elevaciones, el Cerro Benito Juárez y el Cordón Puc con 210 y 150 metros de altura sobre el nivel del mar respectivamente. Su población según el censo de INEGI de 2005 es aproximadamente de 1'818,948 habitantes<sup>1</sup>, distribuidos en 106 municipios (83% urbana y 17% rural)<sup>2</sup>.

Su población concentra el 89.2% en las edades entre 0 y 59 años, es decir, Yucatán tiene una distribución piramidal de su población con la base mayor en las edades entre 0 y 29 años (57% de la población total del estado) por lo que un gran porcentaje de sus pobladores se encuentran en edad de estudiar<sup>3</sup>. De acuerdo con los datos del Sistema de Cuentas Nacionales de México y del PIB/Estado 2001-2006 INEGI, la actividad económica de comunicaciones creció en 10.2%.

TABLA 1a. Concentración de Población por Municipios  
con más de 10,000 habitantes<sup>4</sup>

Número	MUNICIPIO <sup>5</sup>	HABITANTES	% del total de la población
050	Mérida	781,146	42.94
096	Tizimín	69,553	3.82
102	Valladolid	68,863	3.79
101	Uman	53,268	2.93
041	Kanasín	51,774	2.85
059	Progreso	49,454	2.72
079	Tekax	37,454	2.06
089	Ticul	35,621	1.96
052	Motul	31,547	1.73
019	Chemax	30,023	1.65
038	Hunucmá	28,100	1.54
056	Oxkutzcab	27,084	1.49
040	Izamal	24,334	1.34
058	Peto	22,386	1.23
048	Maxcanú	20,830	1.15
033	Halachó	18,125	0.99
093	Tixkokob	16,151	0.89
076	Tecoh	15,438	0.85

<sup>1</sup> INEGI 2005, 922,386 mujeres y 896,562 hombres

<sup>2</sup> “De los 106 municipios del estado, sólo Mérida tiene un alto grado de urbanización. Si bien otros 12 tienen cierto grado de urbanización, por contar con una localidad de 15 mil o más habitantes, conservan muchas características rurales. Los 93 municipios restantes son preponderantemente rurales.”, extraído del Plan Estatal de Desarrollo 2007-2012, pág. 37

<sup>3</sup> “La mitad de la población de Yucatán tiene menos de 25 años y 70% menos de 35. En años recientes aumentó el número de jóvenes que entran al mercado laboral. Sin embargo, sólo 32.9% del total de jóvenes entre 20 y 29 años se incorpora a la población ocupada”, extraído del Plan Estatal de Desarrollo 2007-2012, pág. 18

<sup>4</sup> Se anexa la lista de concentración de población de municipios con menos de 10,000 habitantes en la Tabla 1b. y mapa de distribución de municipios en el estado.

<sup>5</sup> Uman(101) y Kanasín (041) se consideran áreas conurbadas a Mérida (050), es lo que se conoce como la zona Metropolitana de Mérida

032	Espita	14,432	0.79
002	Acanceh	14,312	0.78
085	Temozón	14,008	0.77
104	Yaxcabá	13,909	0.76
098	Tzucacab	13,564	0.75
053	Muna	11,763	0.65

En el Plan Estatal de Desarrollo 2007-2012 del Estado de Yucatán, uno de los seis pilares -crecimiento económico- en los que se clasifica el documento, sugiere en su diagnóstico que “la innovación y la tecnología manifiestan un rezago en Yucatán respecto de otras entidades federativas”<sup>6</sup>. Este mismo documento se plantea la necesidad de fortalecer la infraestructura de comunicación y transporte para eliminar obstáculos de tiempo y espacio. Su visión de futuro apuesta a contar con infraestructura de comunicaciones urbana y rural, donde los ciudadanos tengan acceso a servicios de salud para brindar atención oportuna incluyendo sistemas de telesalud; educación con calidad y contenidos generadores de habilidades competitivas así como educación a distancia; y una fuerza laboral que se apropie de las TIC y esté altamente capacitada para propiciar la competitividad, la productividad y el desarrollo económico que le permitan a Yucatán insertarse en la globalización y en la sociedad del conocimiento.

En el pilar -fortalecimiento de los recursos humanos- el Estado de Yucatán se plantea la actualización de su infraestructura de comunicaciones y de informática en el sector público. Entre sus principales acciones está el aprovechamiento de las tecnologías de punta y sistemas informáticos accesibles para lograr una mayor eficiencia y eficacia en el desempeño interno del gobierno y en la atención hacia sus usuarios. Además se propone incrementar la cobertura su red de voz, datos y video ya que se encuentra por debajo de la media nacional respecto a algunos servicios de telecomunicaciones.<sup>7</sup>

De esta estrategia estatal, el gobierno propone el desarrollo del proyecto de la Red Digital de Banda Ancha del Gobierno del Estado de Yucatán.

## 5. INICIATIVAS FEDERALES QUE PUEDEN IMPACTAR EN LAS REDES ESTATALES

### A) Red NIBA y redes estatales de educación, salud y gobierno (CSIS, SCT)

La Coordinación de la Sociedad de la Información y el Conocimiento (CSIC) de la SCT (previamente conocida como Coordinación del Sistema Nacional e-México), ha desarrollado el proyecto denominado “Redes Estatales para la Educación, Salud y Gobierno”<sup>8</sup> en la que se plantean tres niveles de red basados en un modelo

<sup>6</sup> Esto a pesar de que el mismo Plan Estatal de Desarrollo 2007-2012 reconoce que para los periodos de 2000 a 2004 el sector de servicios Comunicaciones y Transportes ha sido de los que más crecieron durante el periodo citado, 6.8% del PIB Estatal, respecto de otros servicios. Ver pag. 77

<sup>7</sup> Su penetración en servicios de voz, datos y video se encuentra por debajo de la media, salvo en el caso de la telefonía móvil, ver estadísticas de la Cofetel en

[http://www.cft.gob.mx/wb/Cofetel\\_2008/Cofe\\_estadisticas\\_e\\_informacion\\_de\\_mercados](http://www.cft.gob.mx/wb/Cofetel_2008/Cofe_estadisticas_e_informacion_de_mercados)

<sup>8</sup> Intervención a distancia de la Lic. Eloisa Talavera, Coordinadora de la Coordinación de la Sociedad de la Información y el Conocimiento de la SCT <http://www.sct.gob.mx/coordinacion-de-la-sociedad-de-la-informacion->

jerárquico de distribución que comprende la red dorsal, la red de distribución y la red de última milla. La red dorsal nacional, que es la fibra óptica que constituye el *backbone* de 10 Gbps que se acondicionará entres fases a lo largo y ancho del país mediante el apoyo de la red de CFE Telecom, esta red se conoce como RedNIBA (Red Dorsal Nacional de Impulso a la Banda Ancha). La primera fase ya se encuentra en operación. La segunda fase, que se prevé quede lista aproximadamente en agosto de 2010, conectará la ciudad de Mérida con las ciudades de Puebla y Tabasco mediante los hoteles de telecomunicaciones que para el efecto ha equipado CFE Telecom. Esta segunda fase se integra a la primera fase en la que se encuentran ya conectadas las ciudades de México, Guadalajara, Monterrey y Ciudad Juárez y con una salida hacia las redes de Estados Unidos de América. La red dorsal que se conforma por 37 hoteles será coordinada por la CSIC y operada por TELECOMM. Los beneficios que se pueden obtener de esta conectividad a la red dorsal son el acceso a Internet comercial que en un principio tendrá una capacidad de 0.5 Gbps y en la medida en la que crezcan las necesidades de las regiones se incrementará hasta en 1 Gbps. Además, las universidades y centros de investigación del país podrán acceder a la red de la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet, A.C. (CUDI)<sup>9</sup> donde se encuentran conectadas alrededor de 300 instituciones de educación superior e investigación del país colaborando en proyectos nacionales e internacionales de gran envergadura.

En un segundo nivel jerárquico se encuentran las redes de distribución, el gobierno del Estado de Yucatán puede establecer un convenio de colaboración entre la CSIC y Yucatán para desplegar una red estatal (Convenio REESG, red estatal de educación salud y gobierno). Los beneficios de establecer este convenio radican en que la CSIC autoriza el uso de los 500 MHz reservados para uso oficial en la banda de 3.3 GHz, se da acceso a la Red NIBA, se establece un modelo de gobernabilidad y esquemas de aportaciones, además de la participación del Estado en las mesas de trabajo que se determinen. Las reglas de operación definen aspectos como definiciones básicas, compatibilidad de infraestructura, puntos de demarcación y especificaciones para la conexión a la red NIBA, niveles de servicio, apego a lineamientos técnicos estandarizados de gestión y administración para radiobases, servicios autorizados, elaboración de estadísticas del uso de la REESG por cada sitio enlazado, procedimientos de respaldo, sistema de monitoreo y gestión, establecer centro de atención de incidentes y problemas de red, plan de recuperación en caso de desastres, etc.

Respecto a la tercera jerarquía de red, la última milla, puede formar parte del convenio CSIC – entidad federativa o directamente con una dependencia gubernamental. Se hacen recomendaciones técnicas del componente de conectividad de última milla y *backbone*, sobre la base de estándares reconocidos e interoperabilidad de equipos. Además se menciona el hecho de que no es posible conectar a cada persona a Internet y aportarle una computadora en su hogar, por lo que este proyecto recurrirá a la conectividad comunitaria a través de los Centros

---

[y-el-conocimiento/](#)

<sup>9</sup> CUDI es el equivalente a la red Internet2 en EUA, que es la siguiente generación de Internet. Existe una sola red avanzada por país y todas las redes avanzadas del mundo se encuentran conectadas entre sí.

Comunitarios Digitales (CCD) como son bibliotecas, cafés Internet, aulas de medios, etc.

#### B) Proyecto HDT (SEP, SEB)<sup>10</sup>

La Subsecretaría de Educación Básica lanzó un proyecto orientado a atender necesidades de las secundarias generales y técnicas. Este proyecto es denominado Habilidades Digitales para Todos (HDT) cuyo objetivo es dotar de equipo, conectividad y contenidos analógicos a escuelas secundarias seleccionadas y capacitar a docentes y directivos del sector educativo. Esta iniciativa forma parte de la Alianza por la Calidad de la Educación y pretende desarrollar modelos para el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones en el aula como parte del proceso educativo, para la gestión escolar y para capacitar a 100 mil profesores y personal directivo permanentemente. Para el lanzamiento reunió a los 32 responsables del Proyecto HDT uno por entidad federativa, 38 responsables del servicio de telesecundaria en las entidades federativas y 64 representantes de escuelas participantes en el proyecto.

En febrero de 2009, como parte de la etapa piloto de HDT se entregaron: Internet inalámbrico de banda ancha y 43 computadoras portátiles para los alumnos de primer grado, entre otros componentes, a la primera aula modelo en Yucatán, la Secundaria General número 78 de Chapab. Además se equipó dicha aula con pizarrón electrónico, teléfono satelital IP para comunicación con aulas similares, computadora e impresora para uso del profesor con recursos del Estado.

Las reglas de operación fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 2009, y los estados deciden que aulas participarán en dicha iniciativa.

## 6. ACTORES

La institución coordinadora es la Oficialía Mayor del Estado. Las instituciones participantes en la toma de decisiones son:

- La Secretaría de Planeación como interfaz con el Banco Interamericano de Desarrollo para el proyecto objeto de esta y otras consultorías;
- La DGTI para dimensionar las necesidades de conectividad y servicios del gobierno;
- La Secretaría de Salud para dimensionar necesidades de conectividad de hospitales y centros de salud y necesidades de servicios de telemedicina;
- La Secretaría de Educación para dimensionar las necesidades de conectividad de escuelas y necesidades de servicios escolares y educación a distancia; y,
- El Consejo Estatal de Seguridad Pública a través de C4 para aportar su infraestructura de torres y dimensionar necesidades de comunicación y administración del sector seguridad.

---

<sup>10</sup> [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5126489&fecha=28/12/2009](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5126489&fecha=28/12/2009)



## **7. OBJETIVOS Y FUENTES DE SUSTENTACION DE LA(S) INSTITUCION(ES) QUE DESARROLLAN EL PROYECTO**

La Oficialía Mayor del Estado de Yucatán a través de la Dirección General de Tecnologías de la Información (DGTI) integró un documento denominado “RED ESTATAL” sobre la Red Digital de Banda Ancha del Gobierno del Estado de Yucatán. Este proyecto define la estrategia de modernización de los sistemas de telecomunicaciones para “garantizar la eficiencia, disponibilidad y capacidad de los servicios de comunicaciones a disposición de la Administración Pública en todos los municipios y al menor costo.”<sup>11</sup>

Las dependencias del Estado encargadas de promover la educación, la salud y el buen gobierno, tal y como se describe en el Plan Estatal de Desarrollo de Yucatán 2007-2012, requieren hacer uso de la innovación y el desarrollo tecnológico para modernizar sus procesos internos y de atención a sus usuarios. La adopción de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) en el desarrollo integral del Estado de Yucatán, serán uno de los insumos para elevar la calidad de los servicios que presta el estado; para lograr la interacción entre las diferentes instituciones que lo conforman así como la colaboración con el Gobierno Federal para armonizar iniciativas que tienen fines nacionales, tales como HDT en educación. Además el se tiene previsto transparentar los trámites que los ciudadanos realizan ante instituciones municipales y estatales y fortalecer la autogestión y desempeño de las actividades públicas. Los sectores de educación y salud han sido integrados al concepto de buen gobierno ya que requieren especial atención para complementar las actividades de ambos sectores no sólo en la atención de estudiantes y pacientes sino también en la formación de profesores y médicos o enfermeras y en la instrumentación de educación a distancia y telemedicina.

La DGTI eligió complementar la red existente con la creación de una red privada con tecnología inalámbrica de banda ancha, utilizando el estándar IEEE.802.16e WiMax móvil considerando que esta tecnología “ofrece seguridad, autonomía de gestión, es escalable, con modulación adaptativa, protección mayor contra interferencias y capacidad de ofrecer servicios de banda ancha con calidad de servicio a los usuarios de las diferentes oficinas de gobierno y dependencias distribuidas en todo el Estado”<sup>12</sup>.

En la revisión de los documentos propuestos por la DGTI para la modernización de la Red Estatal se detectó que el diagrama principal de la red fue diseñado considerando la tecnología WiMax Móvil (IEEE 802.16e). Los servicios y aplicaciones que correrán sobre la red son fijos. Comparativamente el radio de cobertura de las radiobases del estándar móvil es significativamente menor que el radio de cobertura de las radiobases del estándar fijo, lo que implica la instalación de un mayor número de radiobases para cubrir un mismo territorio. Además, la capacidad de las radiobases

---

<sup>11</sup> Red Estatal del Gobierno del Estado de Yucatán, documento entregado al consultor como base de la consultoría.

<sup>12</sup> Documento Red Estatal, pág. 3, descripción del proyecto.

del estándar móvil es significativamente menor comparada con la capacidad que pueden proporcionar las radiobases del estándar fijo, lo que implica la instalación de un mayor número de radiobases para atender un mismo número de sitios. El costo de la tecnología del estándar móvil es significativamente mayor que el costo de la tecnología fija, por lo que la DGTI determinó que sería más eficiente, tecnológica y económicamente, utilizar el estándar fijo. En vista de lo anterior, se desechó el diagrama diseñado considerando el estándar móvil IEEE 802.16e.

DGTI se comprometió a trabajar en la elaboración de una topología “ideal” para la Red Estatal utilizando las características del estándar WiMax fijo y que, para cumplir con el tiempo establecido para la consultoría, el estudio se realizaría sobre esa topología ideal.

Para la integración de la información los actores se reunieron el 30 de marzo de 2010, llegando a los siguientes acuerdos:

- a) El estándar a utilizar será WiMax fijo;
- b) La banda de 3.3 GHz se utilizará para el transporte WiMax. Se requiere una solicitud del Estado de Yucatán a la SCT para el aprovechamiento del ancho de banda asignado a uso oficial en la banda de 3.3 GHz;
- c) El diseño del *backbone* se basará en el previamente realizado por el personal de la Secretaría de Educación con algunas adiciones.
- d) Se eligió el protocolo de ruteo BGP para optimizar el tráfico en la red y aprovechar los enlaces redundantes que se pudieran lograr en el *backbone* con objeto de darle mayor solidez;
- e) Se utilizará el protocolo de transporte MPLS con objeto de “reservar” anchos de banda para cada uno de los servicios (educación, salud, gobierno, C4, Internet) y permitir que cada dependencia administre su ancho de banda de manera independientemente;
- f) En cuanto a seguridad en la red, se acordó que para los servicios de gobierno y salud es indispensable la incorporación de mecanismos de seguridad y encriptación para el transporte de la información;
- g) En cuanto a la definición del número de sitios a conectar se acordaron los siguientes sitios:
  - Educación: Fase I, 172 telesecundarias. Fase II, 291 secundarias públicas. Fase III, de ser posible, 960 primarias. (No se hizo mención del número de poblaciones/comunidades)
  - Gobierno: Una única fase, 322 sitios en 159 comunidades

- Salud: Una única fase, 192 sitios en 159 comunidades
  - Internet: En todos los sitios (de acuerdo a las fases del proyecto)
  - Total: 1937 sitios
- h) En cuanto a la definición del ancho de banda requerido para cada sitio para cada servicio se acordó:
- Educación: 2 Mbps (eminentemente “downstream”)
  - Salud: 3 Mbps (eminentemente “upstream”)
  - Gobierno: 2 Mbps (eminentemente “downstream”)
  - Internet: 512 Kbps (eminentemente “downstream”)

Este ancho de banda incluye, además del propio para cada servicio, el necesario para aplicaciones de videoconferencia y telefonía IP.

- i) Se formó un Comité Técnico, con dos representantes de cada uno de los actores, que será responsable del diseño, implementación, operación y mantenimiento de la red, ya sea directamente o a través de la contratación de terceros. Este Comité Técnico será responsable, también, de elaborar las normas que deberán observarse para el uso, operación, seguridad y mantenimiento de la Red Estatal. El Comité Técnico funcionará como un órgano de planeación y ejecución.

## 8. ENTORNO TIC Y RECURSOS EXISTENTES

Mérida y la zona metropolitana que incluye los municipios de Kanasín y Umán son territorios bien comunicados en las áreas no marginadas. La oferta de servicios de comunicaciones en sus distintas modalidades, telefonía fija, móvil, televisión, radio y televisión regstringida y otros, se ofrecen en competencia. El servicio y acceso a Internet se puede adquirir mediante MODEM, xDSL, enlace dedicado, satelital o microondas. Además, los servicios de telefonía fija, telefonía celular, Internet y fibra óptica están disponibles en las principales poblaciones de Yucatán fuera de Mérida.

Las instituciones gubernamentales han realizado esfuerzos por simplificar y automatizar los trámites hacia la ciudadanía, cuentan con sus redes intranet como apoyo a los funcionarios y administrativos que desarrollan tareas cotidianas<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> En la página <http://www.tmcnet.com/news/2005/aug/1177910.htm> se reporta la una entrevista hecha al entonces Director de Soporte y Servicios Informáticos de la Oficialía Mayor del gobierno de Yucatán, Oscar Brito en la que describe las acciones llevadas a cabo para reducir los costos en material de telecomunicaciones y conectar a Mérida a través de una red de voz y datos inalámbrica.

Algunos trámites se pueden encontrar en línea<sup>14</sup> a través de las Unidades de Servicio Electrónico (USE) instalados en Mérida, Tizimín, Tekax y Ticul. Todas las instituciones de gobierno cuentan con páginas en Internet donde describen sus estructura, funciones y servicios que ofrecen. Se reporta en un sitio de Internet<sup>15</sup>, que esta iniciativa de gobierno se ejecutó a partir de la creación de la DGTI en 2007, que une 56 edificios en Mérida y algunas localidades del interior de Yucatán con 7000 nodos de voz y datos y que “en cifras concretas, la red del Gobierno del Estado de Yucatán cuenta con 66 enlaces inalámbricos, 34 conmutadores telefónicos en red, 2,112 extensiones telefónicas, más de 5,000 usuarios de red, al rededor 3,160 cuentas de correo electrónico, 1,250 usuarios que navegan en Internet y más de 4,680 computadoras en red”.

El sector educación lanzó recientemente el Programa de Inversión en Infraestructura Educativa 2008<sup>16</sup> que incluye el equipamiento de aulas de escuelas primarias y secundarias con computadoras. Las 100 aulas de la educación básica primaria de 30 municipios recibieron un aporte de Unete. Los gobiernos federal y estatal aportaron para las secundarias el equipamiento de aulas con 1000 computadoras en 59 municipios incluyendo Mérida.

En el sector salud en junio de 2007 se inició la primera teleconsulta en Mérida<sup>17</sup>. Ya se encuentran participando en esta actividad los hospitales General Agustín O’Horan y los hospitales Comunitarios de Ticul y de Peto. Existe interés por parte del hospital General de Valladolid y los hospitales San Carlos de Tizimin y Hospital de Tekax para conectarse a la red de telemedicina.<sup>18</sup> Sin embargo, “Yucatán comparte con el resto del país la insuficiencia de servicios de especialidad en las localidades rurales, la falta de médicos especialistas, la escasez de recursos y el aumento en la demanda de servicios en los hospitales generales. Por lo que la Telemedicina tiene un importante rol al contribuir, al ayudar a derribar barreras geográficas, acercando la atención de especialidades a comunidades de alta marginación.”<sup>19</sup> No se encontraron programas vigentes para el desarrollo de una estrategia estatal en telemedicina.

## **9. A QUIEN VA DIRIGIDO (COMUNIDADES, USUARIOS, CLIENTES)**

El proyecto Red Estatal va dirigido a ofrecer servicios de banda ancha a los centros escolares, de salud y oficinas de gobierno de los 106 municipios que conforman el

---

<sup>14</sup> duplicados y renovación de licencias de conducir; consulta de saldos y pago de tenencia vehicular, de infracciones de tránsito estatales y municipales; impresión de copias de actas de nacimiento, de matrimonio, de defunción, de divorcio; pago de servicios como agua potable y constancias de no adeudo y comprobante de antecedentes no penales, entre otros. Consultar [www.yucatan.gob.mx](http://www.yucatan.gob.mx)

<sup>15</sup> En la página [http://www.mundocontact.com/enlinea\\_detalle.php?recordID=4317](http://www.mundocontact.com/enlinea_detalle.php?recordID=4317) se reporta el trabajo realizado por el equipo de Oficialía mayor de 2007 que realizó la conectividad gubernamental de Mérida y otras localidades para dar servicios internos y al público sobre trámites.

<sup>16</sup> El Dr. Raúl Godoy, Secretario de Educación anuncia inversión histórica en infraestructura educativa para Yucatán, ver <http://www.educacion.yucatan.gob.mx/shownoticia.php?id=1833>

<sup>17</sup> Artículo Ciberdoctores, la consulta a distancia en Yucatán, ver <http://www.salud.yucatan.gob.mx/content/view/221/118/>

<sup>18</sup> Artículo Situación Actual de la Telemedicina en Yucatán, ver <http://www.salud.yucatan.gob.mx/content/view/215/118/>

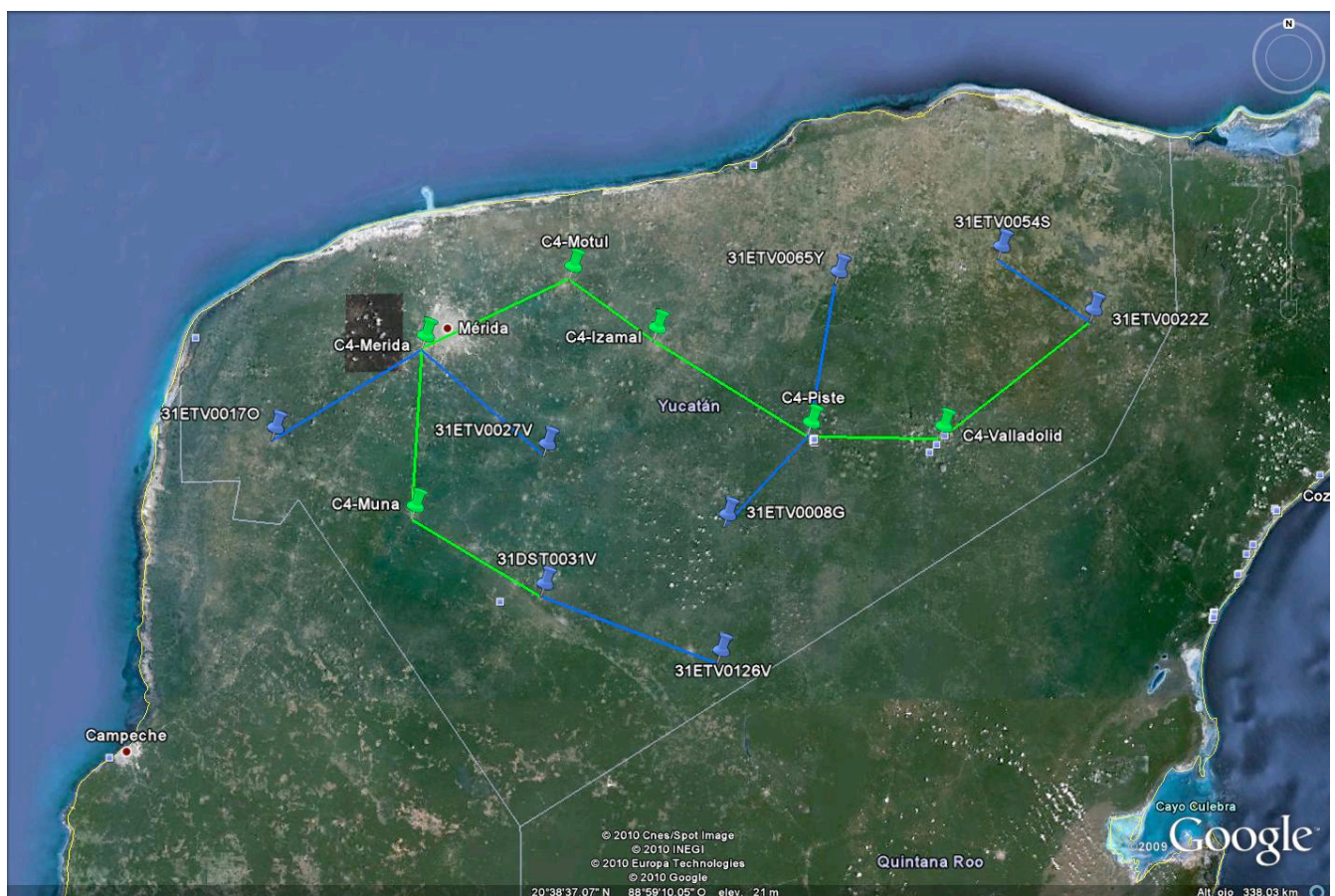
<sup>19</sup> Artículo sobre telemedicine, ver <http://www.salud.yucatan.gob.mx/content/view/402/118/>

Estado.

## 10. LOCALIZACION GEOGRAFICA DE NECESIDADES

La DGTI entregó los siguientes seis mapas con georeferencias de los sitios de educación, salud y gobierno, el día 8 de abril de 2010. Esta información es la que se utilizó como único insumo para realizar los estudios de pre-factibilidad:

- Mapa 1. Ubicación de las torres e interconexión entre las mismas, para la conformación del *backbone*
- Mapa 2. Ubicación de las torres de C4
- Mapa 3. Ubicación de los sitios de educación
- Mapa 4. Ubicación de los sitios de gobierno
- Mapa 5. Ubicación de los sitios de salud
- Mapa 6. Diagrama de conjunto

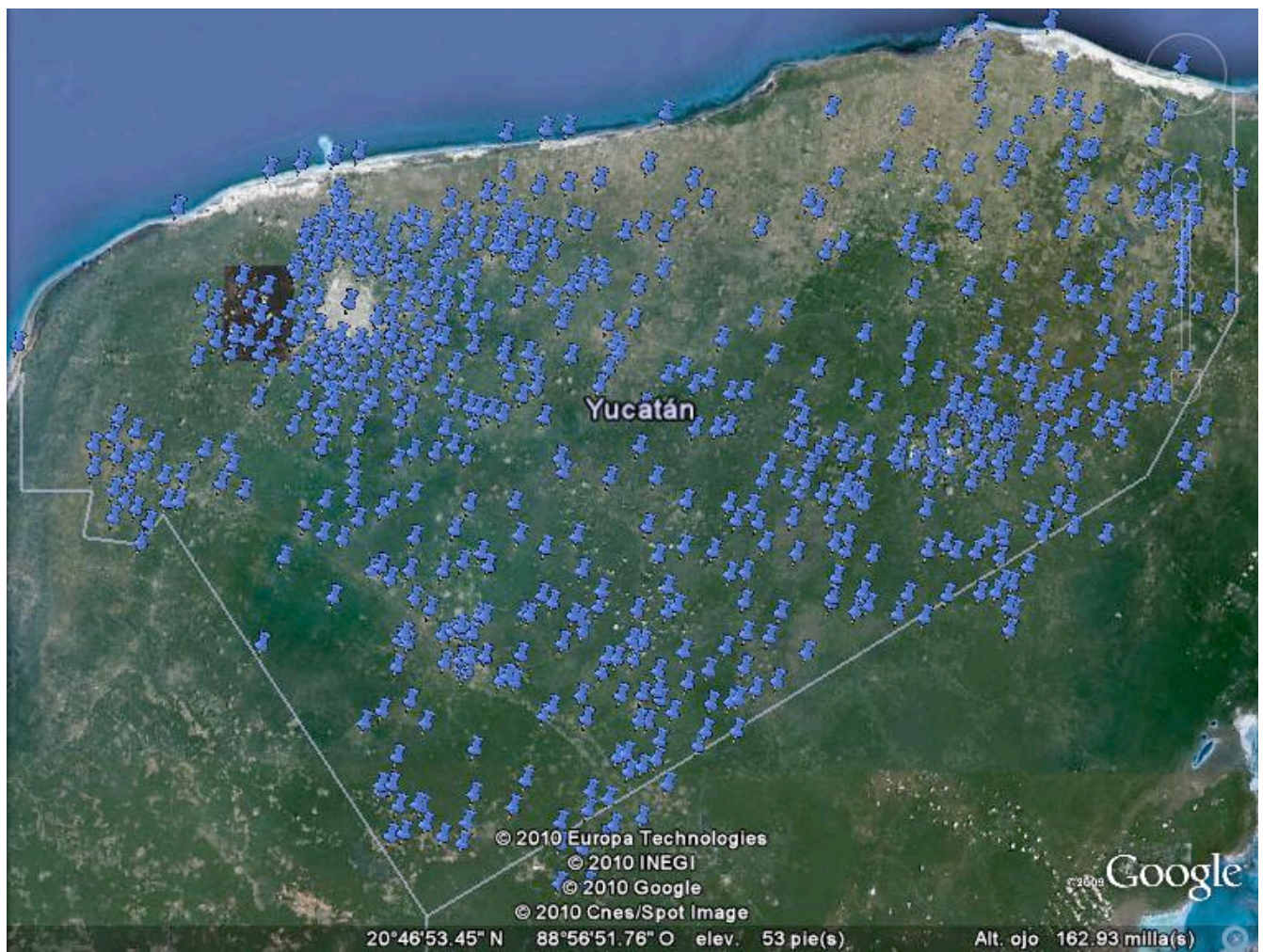


Ubicación de las torres e interconexión entre ellas para la conformación del *backbone*



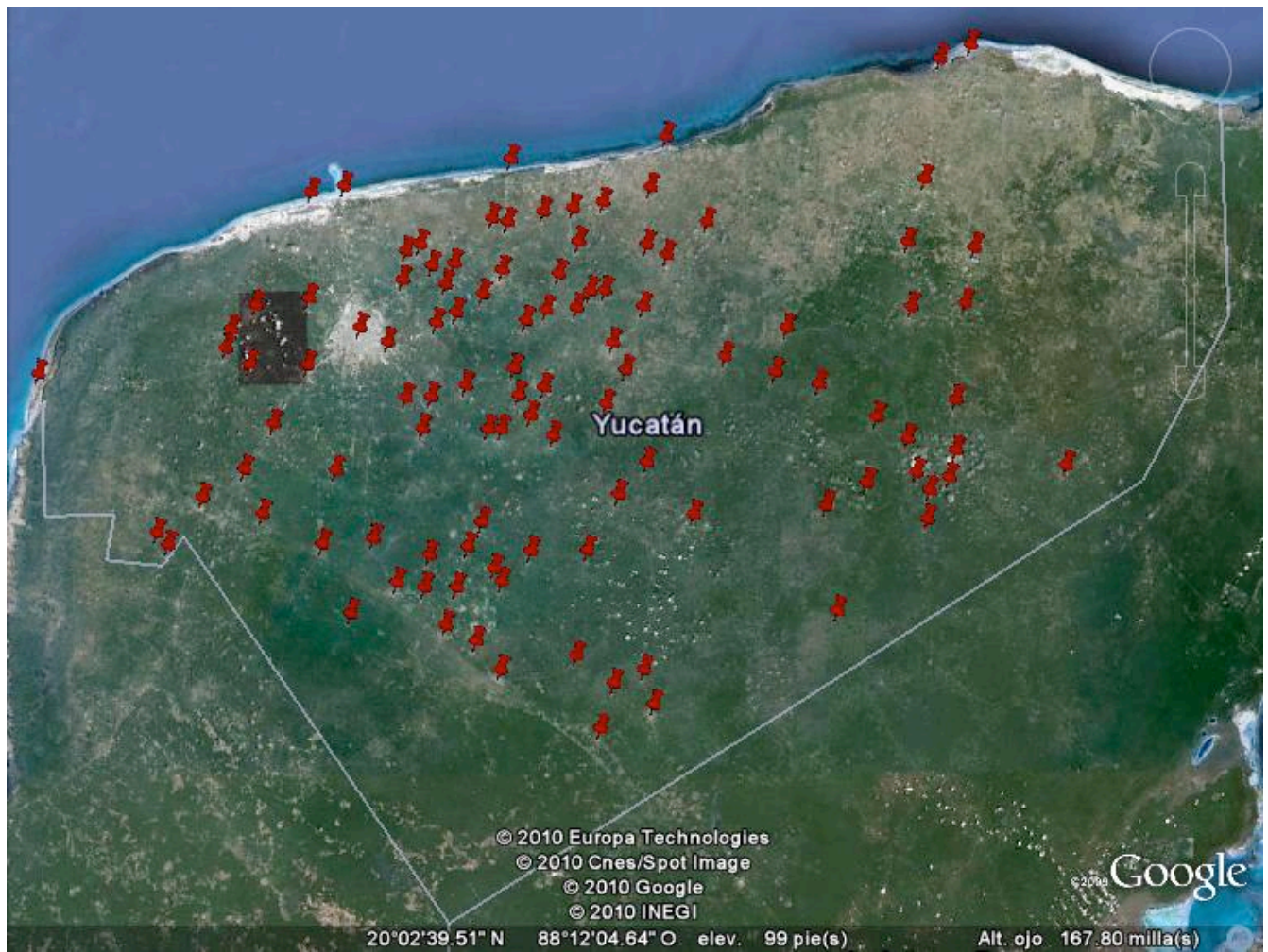


Ubicación de las torres de C4  
En Mérida existen 2 torres



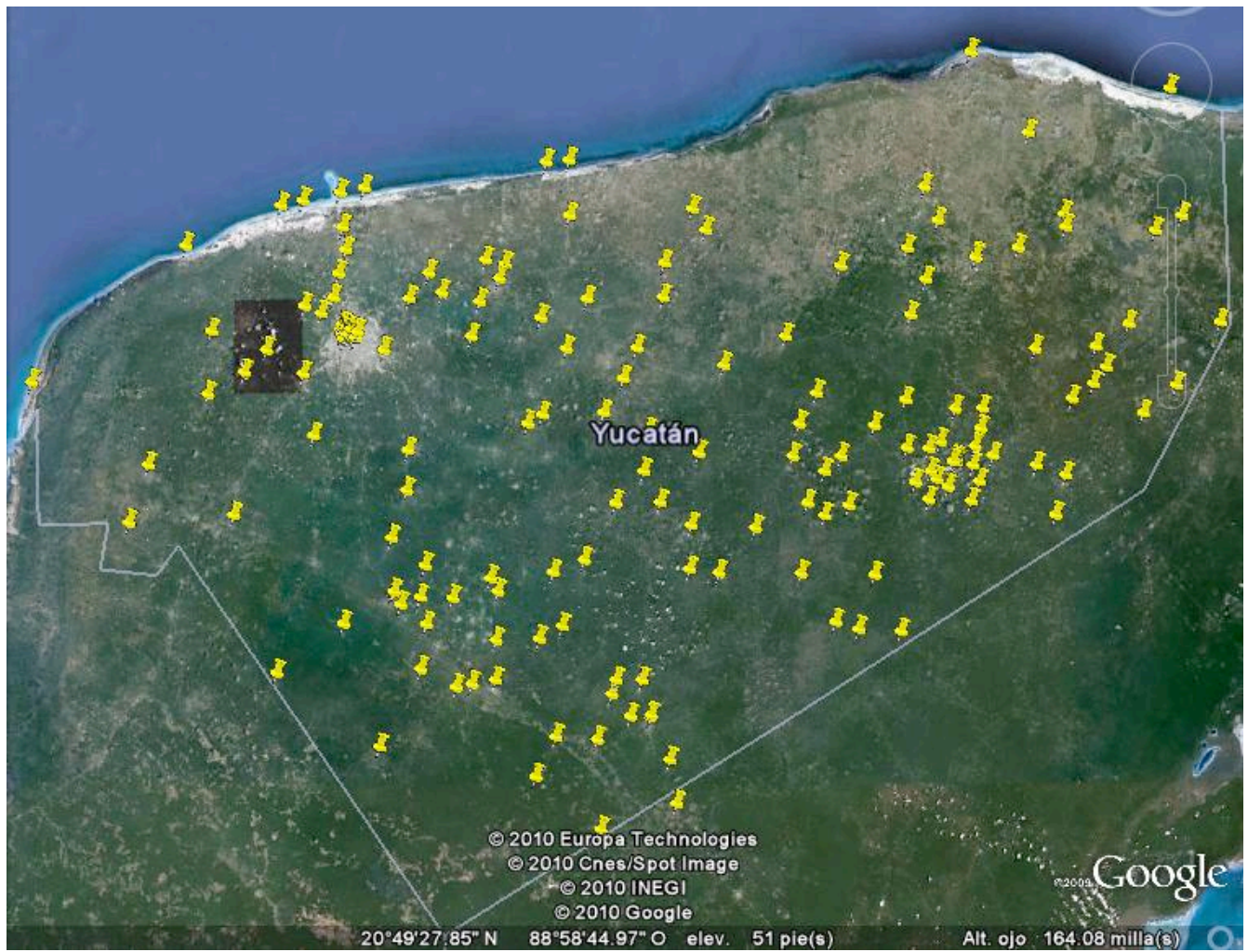
Ubicación de los sitios de Educación





Ubicación de los sitios de Gobierno





Ubicación de los sitios de Salud

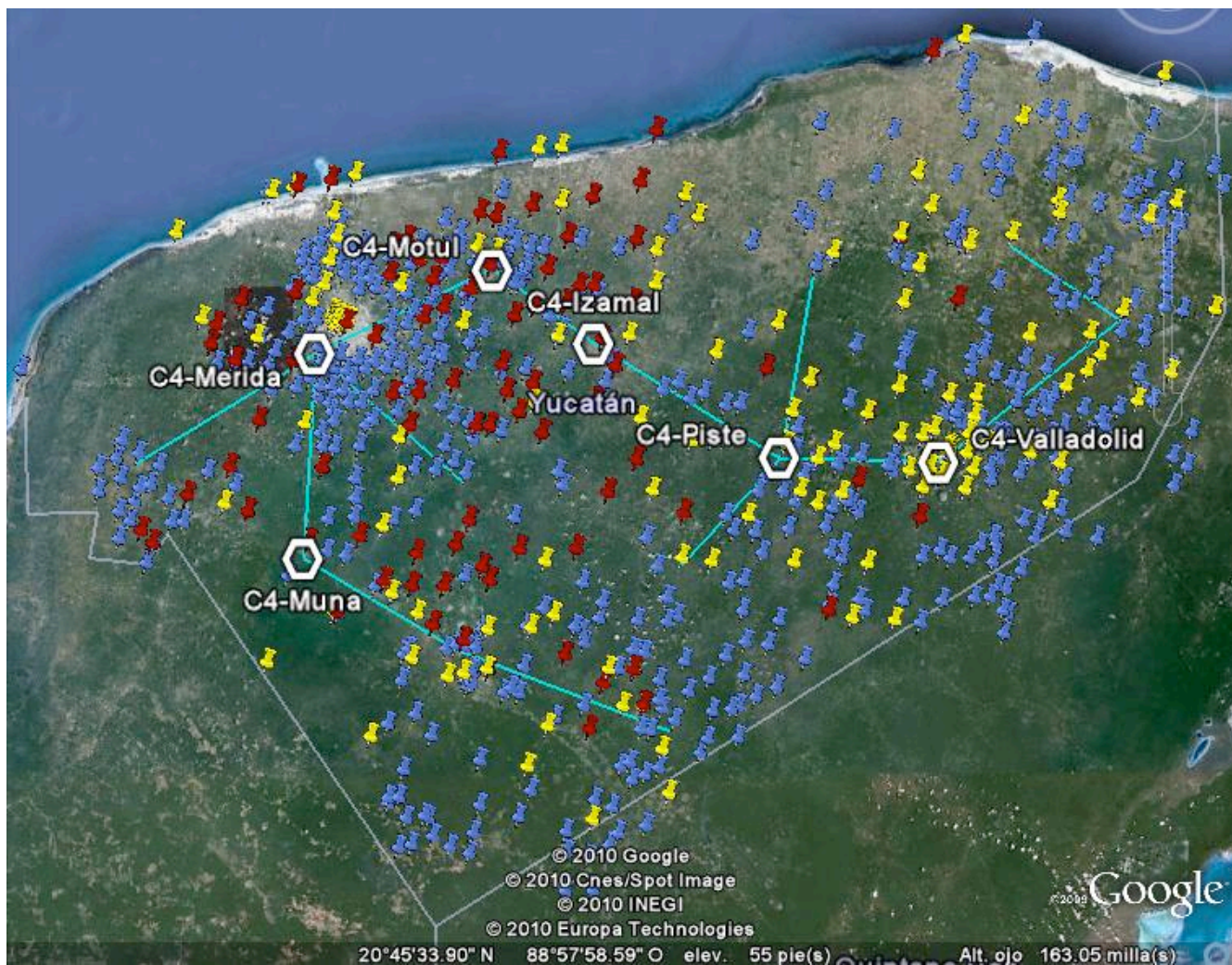


Diagrama de conjunto



## 11. TIPO DE APLICACIONES

Las aplicaciones previstas son:

- Unidad de Servicios Electrónicos (USE);
- Telemedicina, expediente electrónico, vigilancia epidemiológica;
- Herramientas de apoyo para la actividad turística;
- Interconexión de todas las dependencias del Gobierno del Estado (salud, educación registro civil, administración, finanzas, cultura, entre otras)
- Sistema de telefonía IP gubernamental;
- Acceso a Internet;
- Acceso a la intranet gubernamental en tiempo real desde las oficinas que se encuentran en el interior del Estado.

El documento indica que el tipo de aplicaciones no estará limitado a las expuestas en el párrafo anterior.

## 12. ANCHOS DE BANDA REQUERIDOS

- Educación: 2 Mbps
- Salud: 3 Mbps
- Gobierno: 2 Mbps
- C4: 2 Mbps
- Internet: 512 kpbs

## 13. ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD<sup>20</sup>

### A. Estudio de Prefactibilidad Técnica - Solución Tecnológica Completa:

La solución tecnológica completa propuesta se conforma de:

- i. Una red dorsal (backbone) a través de enlaces de microondas
- ii. Una red de distribución utilizando tecnología WiMax fija
- iii. Equipo de ruteo y switcheo utilizando tecnología MPLS
- iv. Equipo terminal WiMax (CPE) en cada uno de los sitios
- v. Equipo de conmutación telefónica IP
- vi. Equipo y sistemas de operación, administración y monitoreo
- vii. Enlaces a Internet

La solución se elaboró tomando en consideración los siguientes requerimientos:

- 2324 sitios (1466 de educación, 322 de gobierno, 192 de salud y 240 de C4)
- Red de distribución WiMax utilizando el estándar IEEE 802.16d (2004)

---

20 Para las consideraciones generales utilizadas para los estudios de prefactibilidad ver el ANEXO 2

- Red dorsal totalmente basada en enlaces de microondas debido a la no disponibilidad de fibra óptica en el estado
- Utilización de las 7 torres con que cuenta actualmente C4 ubicadas en:
  - Mérida Centro
  - Mérida Periférico
  - Muná
  - Motul
  - Izamal
  - Piste
  - Valladolid
- Instalación de 8 torres adicionales para la Red Dorsal en los puntos propuestos por la Secretaría de Educación y acordados como válidos por todas las instancias en los puntos denominados:
  - 31ETV0017O
  - 31DST0031V
  - 31ETV0126V
  - 31ETV0027V
  - 31ETV0008G
  - 31ETV0065Y
  - 31ETV0022Z
  - 31ETV0054S
- Instalación de 5 torres adicionales para la Red Dorsal para la instalación de radiobases WiMax que cubren los sitios que quedarían excluidos de las coberturas de las radiobases instaladas en las 15 torres indicadas arriba. Entre estos sitios se encuentran, además de los indicados en la documentación entregada por la DGTI, Sisal, Progreso y Río Lagartos.
- Utilización de las torres de la Red Dorsal para la instalación de las radiobases WiMax con objeto de reducir al mínimo la inversión en torres
- Anchos de banda solicitados por tipo de sitio:
  - Educación: 2 Mbps
  - Gobierno: 2 Mbps
  - Salud: 3 Mbps
  - C4: 2 Mbps
- Ancho de banda solicitado para tráfico de Internet en todos los sitios: 512 Kbps
- Instalación de un conmutador telefónico IP y un teléfono IP en cada sitio

#### **A.i. Red Dorsal:**

La Red Dorsal estaría conformada por 20 enlaces de microondas instalados entre las 20 torres indicadas arriba. De las 20 torres que se requerirían de acuerdo al estudio de pre-factibilidad ideal, sólo sería necesario invertir en la construcción de 13 ya que en la solución se aprovechan las 7 torres con las que ya cuentan los sitios del C4 del Consejo Estatal de Seguridad Pública.

**Torres:** Para fines de estandarización y aprovechando la experiencia del C4, se recomienda que las 13 torres adicionales tuvieran las mismas especificaciones que

las torres de los sitios del C4. Estas especificaciones han demostrado ser suficientes para soportar las condiciones climatológicas de Yucatán, principalmente la ocurrencia de huracanes. Estas especificaciones son:

- 90 metros de altura (mínimo)
- 1.5 mts de ancho de cara
- Tramos de 6 mts con piernas de tubo de acero de 3" cedula 80.
- Todas las partes son galvanizadas por inmersión en caliente.
- Cable de acero de ½" para retenidas.
- Escalerilla de ascenso.
- Cama de guía de onda vertical en torre
- Cama de guía de onda horizontal de torre a pasamuros de caseta
- Línea de vida con cable galvanizado de 3/8" con separadores de cable (1 cada 8mts)
- Pintura base agua, siete franjas alternadas naranja-blanco.
- Sistema protector de descargas atmosféricas con pararrayos y cable 2/0 AWG hasta el electrodo.
- Sistema de iluminación con luces de obstrucción, soportes, cable de uso rudo 3x10 AWG, fotocelda.
- Cimentación, seis anclajes y base central con concreto F'c 250 Kg/cm2 y acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2
- Pintura, protector de descargas y sistema de iluminación de acuerdo a normas y especificaciones de la SCT.

**Microondas:** Para el transporte del ancho de banda de 400 Mbps a través de la red dorsal se recomienda la instalación de enlaces dobles de 200 Mbps entre cada torre por las siguientes razones:

- Distribución de la inversión en el tiempo: Los 400 Mbps serán necesarios sólo cuando se haya incorporado a la red la totalidad de los sitios remotos. Por tanto, la instalación de enlaces de 200 Mbps permitirá reducir la inversión inicial y, en función del tráfico real observado en la red una vez que esté operación, se podrán ir instalando los segundos enlaces de 200 Mbps al momento y en los lugares que se requiera.
- Redundancia: Con excepción del "anillo" en la parte oeste de la red dorsal, la mayoría de los enlaces entre torres no cuentan con una trayectoria redundante. Por esta razón, la instalación de enlaces dobles de microondas permitirá contar con redundancia en estos enlaces que no cuentan con trayectorias alternas. De lo contrario, sin la redundancia, al fallar el único enlace, todos los sitios que dependen de ese enlace quedarían totalmente incomunicados en tanto se repara la falla.

Por "enlace doble" se entiende:

- Físicamente 2 enlaces de 200 Mbps totalmente independientes en configuración 1+0, o

- Un enlace con equipos que permitan al menos 2 canales simultáneos de 200 Mbps en configuración 1+1 reconfigurables en sitio (field upgradable)

Para los enlaces de microondas se recomienda el uso de la banda de 7 GHz ya que es la misma banda que actualmente utiliza exitosamente la red del C4 y que ha demostrado estar libre de problemas de propagación o interferencia. En caso de que no existan frecuencias disponibles en esa banda, se recomienda utilizar frecuencias en las bandas contiguas de 6 u 8 GHz.

Las especificaciones mínimas<sup>21</sup> con las que deben cumplir estos enlaces de microondas son:

- Transmisión simultánea en polarización horizontal y vertical para optimización del uso del espectro
- Modulación adaptativa desde QPSK hasta 256 QAM con QoS para garantizar el ancho de banda
- Separación mínima de 161 MHz entre frecuencias de transmisión y recepción
- Capacidad mínima de 200 Mbps por portadora en canales de 28 MHz
- Ajuste automático de potencia de transmisión
- Transmisión en Ethernet nativa sin encapsulamientos
- Al menos 2 puertos E1 a 120 ohms para radio
- Capacidad de administración y monitoreo remoto
- Antenas (platos) de al menos 8 pies (por sugerencia del C4 derivada de la experiencia con sus enlaces)
- Capacidad de configuración “1+0” y “1+1” y “1+1 hot stand-by” reconfigurable en sitio (field upgradable)
- Contar con certificado de homologación emitido por la COFETEL
- Alimentación en -48 VDC
- Disponibilidad garantizada de al menos 99.95%

#### **A.ii. Red de distribución:**

Con base en el estudio de pre-factibilidad técnica utilizando condiciones ideales, se requerirían 20 radiobases WiMax para cubrir el 95.5% de los sitios, es decir, un total de 2220 sitios. Sin embargo, el número de radiobases que se requerirán en la realidad y su geolocalización deberán ser determinados por cada uno de los proveedores que participen en la licitación con base en estudios reales en campo y con base en las características específicas del equipo sugerido por dichos proveedores.

En el estudio ideal se decidió la cobertura de sólo el 95.5% de los sitios dado que incorporar el 4.5% restante requeriría la instalación de radiobases adicionales muy subutilizadas que incrementarían el costo de la inversión. Es importante mencionar que dentro del 95.5% de sitios cubiertos se incluyen las 106 cabeceras municipales.

---

<sup>21</sup> Especificaciones mínimas utilizadas para el estudio de pre-factibilidad técnica. Estas especificaciones son necesarias pero no son suficientes para describir el equipo en un proceso de concurso o licitación.

El análisis ideal de la red de distribución se realizó utilizando los siguientes parámetros:

- Estándar WiMax fijo IEEE 802.16d (2004)
- Frecuencia utilizada: 3.3 GHz
- Distancia promedio entre todos los sitios cubiertos y la radiobase que les corresponde: 14 Km
- Distancia máxima entre el 66% de los sitios cubiertos y la radiobase que les corresponde: 20 Km
- Distancia máxima entre el 85% de los sitios cubiertos y la radiobase que les corresponde: 25 Km
- Distancia máxima entre los sitios cubiertos más alejados y la radiobase que les corresponde : 30 Km
- Relación Downstream/Upstream para los sitios de Educación: 2Mbps/512Kbps
- Relación Downstream/Upstream para los sitios de Gobierno: 2Mbps/512Kbps
- Relación Downstream/Upstream para los sitios de Salud: 2Mbps/3Mbps
- Relación Downstream/Upstream para Internet en cada sitio: 512Kbps/256Kbps
- Factor de sobreescripción para los sitios de Educación: 15:1
- Factor de sobreescripción para los sitios de Gobierno: 15:1
- Factor de sobreescripción para los sitios de C4 : 15:1
- Factor de sobreescripción para los sitios de Salud: 5:1
- Factor de sobreescripción para Internet: 15:1

Para los sitios de Salud se consideró que habrá mayor tráfico en el sentido Upstream en virtud de que se le indicó al consultor que la intención es poner en los sitios equipos de videoconferencia y diagnóstico remoto que requieren de relación de tráfico Downstream/Upstream más balanceada e invertida en comparación con los sitios de las otras 3 aplicaciones. Asimismo se consideró que la posibilidad de tener varios de estos equipos funcionando simultáneamente en varios sitios es alta, razón por la cual se consideró un factor de sobreescripción de sólo 5:1 (a diferencia de los demás sitios donde se consideró un factor de sobreescripción de 15:1).

Las especificaciones mínimas<sup>22</sup> con las que deben cumplir las radiobases WiMax son:

- Homologación y cumplimiento con las especificaciones del estándar IEEE 802.16d (2004)
- Sectores de 120º, 90º y 60º reconfigurables en campo (field upgradable)
- Operación en la banda de 3.3 GHz asignada por el gobierno federal para los proyectos WiMax de las redes estatales y HDT
- Capacidad de operar con enlaces radiobase-CPE con línea de vista, línea de vista parcial y sin línea de vista.
- Solución Punto-Multipunto

---

22 Especificaciones mínimas utilizadas para el estudio de pre-factibilidad técnica. Estas especificaciones son necesarias pero no son suficientes para describir el equipo en un proceso de concurso o licitación.

- Sincronización por GPS
- Capacidad de atender al menos 300 CPEs por sector
- Interoperabilidad garantizada con equipo WiMax de otras marcas que cumplan con las especificaciones del estándar IEEE 802.16d (2004) certificados por el Foro WiMax
- Integrable con el protocolo MPLS que se utilizarán en la red dorsal
- Soportar al menos aplicaciones de datos, VoIP, video, videoconferencia y videovigilancia con capacidad de garantizar ancho de banda para ciertas aplicaciones
- Soportar las condiciones climatológicas y ambientales del estado de Yucatán
- Capacidad de administración y monitoreo remoto con soporte de administración 802.16 MIB y mediciones de tráfico por CPE en tiempo real
- Capacidad de encriptación y uso de certificados para autenticación de CPEs
- Capacidad de QoS
- Transmisión Ethernet nativa sin encapsulamiento
- Contar con certificado de homologación emitido por la COFETEL
- Contar con certificado de homologación emitido por el Foro WiMax
- Disponibilidad garantizada de al menos 99.95%

#### **A.iii. Equipo de ruteo y switcheo:**

Para el transporte del tráfico se recomienda el uso del protocolo MPLS que permite, entre muchas otras funciones, la capacidad de crear varios canales simultáneos e independientes uno de otro, de asignar ancho de banda garantizado para cada uno de los canales y de administrar cada canal independientemente. Estas dos características son indispensables para la red estatal de Yucatán dado que por la misma red se estarán transportando tráficos de diferentes instancias, cada uno de ellos con diferentes necesidades de ancho de banda, encriptación, disponibilidad, etc. para diferentes aplicaciones.

El equipo de ruteo y switcheo de la solución tecnológica propuesta está dividido en equipo para la Red Dorsal, equipo para las radiobases WiMax, equipo para los sitios remotos y equipo para un Nodo Maestro.

**Equipo de ruteo y switcheo para la Red Dorsal:** El equipo de ruteo y switcheo para la Red Dorsal deberá cumplir con las siguientes especificaciones mínimas<sup>23</sup>:

- IEEE 802.1Q (switcheo nivel 2)
- Ruteo IPv4 (estático, BGP4, BFD para BGP4)
- Seguridad y encriptación
- QoS
- MPLS (Ethernet over MPLS, VC tipo4 y tipo 5, MPLS VPN, LDP, FRR)
- Ruteo IPv6 (nativo, MP-BGP4, QoS)
- Capacidad de administración y monitoreo remoto
- Capacidad (throughput) para soportar el tráfico esperado

---

<sup>23</sup> Especificaciones mínimas utilizadas para el estudio de pre-factibilidad técnica. Estas especificaciones son necesarias pero no son suficientes para describir el equipo en un proceso de concurso o licitación.



- Capacidad de soportar las diferentes aplicaciones necesarias
- Crecimiento modular (field upgradable)
- Disponibilidad garantizada de al menos 99.99%

**Equipo de ruteo y switcheo para las radiobases WiMax:** El equipo de ruteo y switcheo para las radiobases WiMax deberá cumplir con las siguiente especificaciones mínimas<sup>24</sup>:

- IPv4
- IPv6
- Ruteo estático y BGP4
- MPLS
- Interoperable con el equipo de la radiobase WiMax
- Seguridad y encriptación
- QoS
- Capacidad de administración y monitoreo remoto
- Capacidad de soportar las diferentes aplicaciones necesarias
- Capacidad (throughput) para soportar el tráfico esperado
- Crecimiento modular (field upgradable)
- Disponibilidad garantizada de al menos 99.99%

**Equipo de ruteo y switcheo para los sitios remotos:** El equipo de ruteo y switcheo para los sitios remotos deberá cumplir con las siguiente especificaciones mínimas<sup>25</sup>:

- Interoperable con el equipo CPE WiMax
- Interoperable con el equipo de ruteo y switcheo instalado en las radiobases WiMax
- Switch integrado de al menos 4 puertos
- Capacidad de administración y monitoreo remoto
- Capacidad de soportar las diferentes aplicaciones necesarias
- Capacidad (throughput) para soportar el tráfico esperado
- Disponibilidad garantizada de al menos 99.99%

**Equipo de ruteo y switcheo para el Nodo Maestro:** El Nodo Maestro es el nodo de la Red Dorsal donde se interconectará la red objeto de este documento con las redes y los servidores de aplicaciones existentes en las oficinas “centrales” de las diferentes instancias en Mérida.

Aunque se utiliza en el documento el término Nodo Maestro (en singular), por razones de redundancia, se consideraron para este estudio dos Nodos Maestros idénticos, un primario y un secundario.

El equipo de ruteo y switcheo para el Nodo Maestro deberá cumplir con las siguiente

---

<sup>24</sup> Especificaciones mínimas utilizadas para el estudio de pre-factibilidad técnica. Estas especificaciones son necesarias pero no son suficientes para describir el equipo en un proceso de concurso o licitación.

<sup>25</sup> idem.

especificaciones mínimas<sup>26</sup>:

- IEEE 802.1Q (switcheo nivel 2)
- Ruteo IPv4 (estático, BGP4, BFD para BGP4)
- Seguridad y encriptación
- QoS
- MPLS (Ethernet over MPLS, VC tipo4 y tipo 5, MPLS VPN, LDP, FRR)
- Ruteo IPv6 (nativo, MP-BGP4, QoS)
- Capacidad de administración y monitoreo remoto
- Capacidad de soportar las diferentes aplicaciones necesarias
- Capacidad (throughput) para soportar el tráfico esperado
- Crecimiento modular (field upgradable)
- Redundancia intrínseca en hardware
- Disponibilidad garantizada de al menos 99.99%

#### **A.iv. Equipo terminal WiMax (CPE):**

Las especificaciones mínimas<sup>27</sup> con las que deben cumplir las terminales WiMax (CPE) son:

- Homologación y cumplimiento con las especificaciones del estándar IEEE 802.16d (2004)
- 100% interoperable con el equipo de las radiobases WiMax
- Operación en la banda de 3.3 GHz asignada por el gobierno federal para los proyectos WiMax de las redes estatales HDT
- Capacidad de operar con enlaces radiobase-CPE con línea de vista, línea de vista parcial y sin línea de vista.
- Solución Punto-Multipunto
- Integrable con el protocolo MPLS que se utilizarán en la red dorsal
- Interoperabilidad garantizada con equipo WiMax de otras marcas que cumplan con las especificaciones del estándar IEEE 802.16d (2004) certificados por el Foro WiMax
- Soportar al menos aplicaciones de datos, VoIP, video, videoconferencia y videovigilancia con capacidad de garantizar ancho de banda para ciertas aplicaciones
- Capacidad de soportar al menos 4 flujos de servicio unidireccionales
- Soportar las condiciones climatológicas y ambientales del estado de Yucatán
- Capacidad de administración y monitoreo remoto con soporte de administración 802.16 MIB y mediciones de tráfico por CPE en tiempo real
- Capacidad de encriptación y uso de certificados para autenticación de CPEs
- Capacidad de QoS
- Transmisión Ethernet nativa sin encapsulamiento
- Contar con certificado de homologación emitido por la COFETEL
- Contar con certificado de homologación emitido por el Foro WiMax

---

<sup>26</sup> Especificaciones mínimas utilizadas para el estudio de pre-factibilidad técnica. Estas especificaciones son necesarias pero no son suficientes para describir el equipo en un proceso de concurso o licitación.

<sup>27</sup> idem.

- Disponibilidad garantizada de al menos 99.95%

#### **A.v. Equipo de conmutación telefónica IP:**

Como parte de la solución tecnológica se incluye un equipo de conmutación telefónica IP (IP-PBX) de acuerdo a la necesidades expresadas por la DGTI. Se consideró para el estudio técnico un teléfono en cada sitio remoto, o sea 2220 teléfonos, más otros 780 teléfonos que se instalarían en las oficinas “centrales” de las diferentes instancias del gobierno estatal con las que los sitios remotos requirieran comunicarse telefónicamente.

Las especificaciones mínimas<sup>28</sup> con las que debe cumplir el IP-PBX son:

- Soportar el transporte utilizando protocolo SIP/RTP
- Soportar el uso de codec G.729a para compresión
- Preferentemente, soportar el uso de otros codecs (G711, GSM, G.723, iLBC, etc.)
- Capacidad de selección independiente del codec por terminal
- Interoperabilidad con cualquier adaptador telefónico IP (ATA) o teléfono IP de cualquier marca que utilice el protocolo SIP/RTP
- Capacidad de al menos 8 E1s para troncales telefónicas ISDN o R2-Mex
- Capacidad inicial para soportar 3000 extensiones
- Crecimiento modular hasta al menos 10000 extensiones
- Capacidad de administración y monitoreo remoto
- Capacidad de asignación de privilegios/restricciones por terminal
- Sistema de registro detallado de llamadas, costeo (tarificación) y generación de reportes ad-hoc
- Preferentemente que su arquitectura permita la división del IP-PBX en módulos que puedan estar distribuidos en diverso nodos de la Red Dorsal.
- Disponibilidad garantizada de al menos 99.99%

#### **A.vi. Equipo y sistemas de operación, administración y monitoreo:**

Las especificaciones mínimas<sup>29</sup> con las que deben cumplir los sistemas de operación, administración y monitoreo son:

- Capacidad de monitorear y reconfigurar remota y gráficamente y en tiempo real al menos todos los equipos de ruteo y switcheo, el equipo de microondas de la Red Dorsal, el equipo de las radiobases WiMax y los equipos terminales WiMax (CPE)
- Capacidad de conectar terminales gráficas en diversos puntos de la red
- Capacidad de monitoreo y administración independiente de cada uno de los canales MPLS con objeto de que cada instancia pueda administrar el uso de

28 Especificaciones mínimas utilizadas para el estudio de pre-factibilidad técnica. Estas especificaciones son necesarias pero no son suficientes para describir el equipo en un proceso de concurso o licitación.

29 idem.

- su canal con total libertad pero sin afectar los otros canales.
- Capacidad automática de envío de correos electrónicos y mensajes cortos a teléfonos celulares (SMS) en caso de alarmas
- Preferentemente, capacidad de programación de acciones automáticas en caso de fallas en elementos de la red
- Sistema de levantamiento y seguimiento de reportes de falla (trouble-ticketing) con al menos 3 niveles de escalación y con al menos 6 niveles de severidad de falla, con capacidad automática de envío de correos electrónicos y mensajes cortos a teléfonos celulares (SMS) en caso de que transcurran los tiempos programados para la solución de fallas dependiendo de los niveles de severidad
- Disponibilidad garantizada de al menos 99.99%

#### **A.vii. Enlaces a Internet:**

De acuerdo a los cálculos realizados con base en el ancho de banda solicitado para Internet cuando se encuentren en operación los 2220 sitios, se requerirá un ancho de banda de 66 Mbps para este servicio. Por tanto, la solución tecnológica contempla la instalación de dos enlaces a Internet de 30 Mbps cada uno a través de Ethernet, uno en Mérida y el otro en Valladolid.

#### **B. Estudio de Prefactibilidad Técnica – Ancho de banda ponderado por servicio<sup>30</sup> requerido en la Red Dorsal:**

El estudio de ancho de banda ponderado por servicio requerido en la Red Dorsal se realizó considerando dos escenarios.

- 1217 sitios divididos en 463 sitios de educación (172 telesecundarias y 291 secundarias), 322 sitios de gobierno, 192 sitios de salud y 240 sitios de C4
- 2220 sitios divididos en 1466 sitios de educación, 322 sitios de gobierno, 192 sitios de salud y 240 sitios de C4

#### **ANCHO DE BANDA PONDERADO POR SERVICIO CONSIDERANDO 1217 SITIOS**

Servicio	Ancho de Banda Ponderado (Mbps)	Porcentaje del Total del Tráfico
Educación	61.73	22%
Gobierno	42.93	15%
Salud	115.20	41%
C4	32.00	11%
Internet	32.57	11%
<b>Total</b>	<b>284.43</b>	<b>100%</b>

<sup>30</sup> Para el detalle del cálculo del ancho de banda ponderado por servicio ver el ANEXO 4

**ANCHO DE BANDA PONDERADO POR SERVICIO  
CONSIDERANDO 2220 SITIOS**

Servicio	Ancho de Banda Ponderado (Mbps)	Porcentaje del Total del Tráfico
Educación	195.47	43%
Gobierno	42.93	10%
Salud	115.20	26%
C4	32.00	7%
Internet	66.00	15%
Total	451.60	100%

**C. Estudio de Prefactibilidad Técnica – Capacidad de Crecimiento:**

**C.i. Red Dorsal:**

En opinión del consultor, el tráfico que cursará por la Red Dorsal requerirá un ancho de banda menor a los 400 Mbps especificados por la DGTI, por tanto, se considera que estos 400 Mbps serán más que suficientes para soportar el tráfico de al menos los próximos 2 años, tiempo que se calcula tomará la incorporación a la red de los 2220 sitios. Sin embargo, a falta de datos históricos o de experiencia en otras redes semejantes en el país, será necesario monitorear el tráfico en la red una vez que esté en operación para poder hacer un pronóstico de la capacidad que se requerirá a futuro. Cualquiera que fuere el caso, en el futuro se podrá de ser necesario incrementar el ancho de banda de la Red Dorsal

- Incrementando el número de portadoras activas en el equipo de microondas
- Instalando enlaces de microondas adicionales entre los puntos de la Red Dorsal que así lo requieran.
- Instalando enlaces de microondas de mayor capacidad, trasladando los enlaces existentes para conectar a la Red Dorsal nuevas radiobases WiMax que se requirieran debido al incremento del número de sitios o debido al crecimiento del ancho de banda requerido por sitio.
- Instalando enlaces que permitan crear un anillo en la parte de la Red Dorsal en el Este del estado con un doble beneficio. Por un lado el incremento en el ancho de banda y por el otro la creación de rutas redundantes para darle mayor solidez a la Red Dorsal

**C.ii. Red de Distribución WiMax y terminales WiMax (CPE):**

De acuerdo a las especificaciones establecidas en los requerimientos mínimos de las radiobases se establece que deberán tener capacidad de atender al menos 300 CPEs por sector. En la solución tecnológica propuesta se cuenta con un total de 101 sectores por lo que teóricamente se cuenta con una capacidad de atender hasta 30,300 sitios.

En cuanto al crecimiento del ancho de banda por CPE, de acuerdo al estándar WiMax IEEE 802.16d (2004), el ancho de banda por CPE puede ser de hasta 6 Mbps. Por

tanto, para los servicios de gobierno, educación y C4 (especificados como 2 Mbps + 512 Kbps para Internet) cada CPE tiene una capacidad de crecimiento de ancho de banda teórica de hasta 140%. De igual manera, para los servicios de salud (especificados como 3 Mbps + 512 Kbps para Internet) cada CPE tiene una capacidad de crecimiento de ancho de banda teórica de hasta 70%.

### **C.iii. Enlaces a Internet:**

Los enlaces a Internet considerados en la solución tecnológica en conjunto permiten un ancho de banda de 60 Mbps, suficiente para los 2220 sitios @ 512 Kbps/sitio. Es muy probable que este sea el servicio sobre la red que presente la mayor tasa de crecimiento. El incremento del ancho de banda para el servicio de Internet en la red se puede incrementar:

- Solicitando al proveedor de los enlaces (carrier) el incremento en el ancho de banda de los enlaces, lo que implicará únicamente un cambio en el costo de la renta mensual de los enlaces y no requiere instalación de equipo adicional. De acuerdo a las especificaciones del proveedor de los enlaces, éstos pueden crecer hasta 1 Gbps.
- Solicitando al proveedor enlaces adicionales en otros puntos de la Red Dorsal lo que permitirá por un lado incrementar el ancho de banda hacia Internet y por el otro permitirá tener enlaces a Internet más cerca de los sitios con la consecuente descarga del ancho de banda sobre la Red Dorsal al no tener que transportar el tráfico de los sitios remotos hasta nodos alejados de la Red Dorsal.
- Conectando la Red Dorsal a la Red NIBA

### **C.iv. Conmutador telefónico IP:**

Las especificaciones mínimas para el conmutador telefónico IP establecen que el equipo deberá tener la capacidad de crecer modularmente hasta llegar a una capacidad de al menos 10,000 teléfonos. Suponiendo un crecimiento de hasta 3 teléfonos en cada sitio, el conmutador aún tendría capacidad para atender hasta 3,400 teléfonos instalados en las oficinas “centrales” de las diferentes instancias del gobierno estatal con las que los sitios remotos requirieran comunicarse telefónicamente.

## **D. Estudio de Prefactibilidad Económica<sup>31</sup> - Costos Totales de Adquisición, Gastos Totales de Mantenimiento y Otros Gastos Totales Recurrentes:**

El estudio de pre-factibilidad económica se realizó considerando dos escenarios.

- 1217 sitios divididos en 463 sitios de educación (172 telesecundarias y 291 secundarias), 322 sitios de gobierno, 192 sitios de salud y 240 sitios de C4
- 2220 sitios divididos en 1466 sitios de educación, 322 sitios de gobierno, 192

---

31 Para el desglose de costos y gastos ver el ANEXO 3

sitios de salud y 240 sitios de C4

#### **D.i. Costos de Adquisición y Gastos Anuales Mantenimiento de los Elementos Comunes de la Red:**

Para ambos escenarios se consideraron exactamente los mismos elementos comunes de la red (Red Dorsal, Red de Distribución WiMax, Equipo de Ruteo y Switching, Equipo de Administración y Monitoreo, Conmutador telefónico IP y Enlaces a Internet), por lo que inversión necesaria en elementos comunes es la misma en ambos escenarios y es la que se muestra en las siguientes tablas<sup>32</sup>:

**COSTOS DE ADQUISICIÓN DE LOS ELEMENTOS COMUNES DE LA RED**

Descripción	Costo de Adquisición
Infraestructura para los 13 nodos adicionales de la Red Dorsal	\$2'611,440
Enlaces de microondas	\$1'522,000
Radiobases WiMax	\$2'549,400
Equipo para Nodo Maestro	\$1'068,600
Equipo de ruteo y switching para nodos de la Red Dorsal	\$478,800
Equipo de ruteo y switching para las radiobases WiMax	\$419,600
Conmutador telefónico IP	\$350,000
Capacitación	\$280,000
Enlaces a Internet	\$0 <sup>33</sup>
Total	\$9'279,840

32 Todos los costos y gastos están basados en precios de lista sin descuentos, están expresados en Dólares de los E.U.A y no incluyen el I.V.A. En los costos de adquisición se incluyen los costos de instalación.

33 Si el contrato de los enlaces se realiza a 3 años forzoso no existen costos de instalación.

**GASTOS ANUALES DE MANTENIMIENTO<sup>34</sup> Y OTROS GASTOS ANUALES RECURRENTE  
DE LOS ELEMENTOS COMUNES DE LA RED**

Descripción	Gasto Anual Recurrente
Infraestructura para los 13 nodos adicionales de la Red Dorsal	\$391,709
Enlaces de microondas	\$152,200
Radiobases WiMax	\$239,160
Equipo para Nodo Maestro	\$156,400
Equipo de ruteo y switcheo para nodos de la Red Dorsal	\$71,818
Equipo de ruteo y switcheo para las radiobases WiMax	\$62,940
Conmutador telefónico IP	\$35,000
Capacitación	\$40,000
Enlaces a Internet	\$158,250
<b>Total</b>	<b>\$1'307,477</b>

**D.ii. Costos de Adquisición y Gastos Anuales de Mantenimiento de los Equipos para los Sitios:**

**COSTOS DE ADQUISICIÓN DE EQUIPO PARA 1217 SITIOS**

Descripción	Costo de Adquisición
Equipo terminal WiMax (CPE)	\$6'486,610
Equipo de ruteo y switcheo para sitios	\$851,900
Teléfonos IP	\$170,380
<b>Total</b>	<b>\$7'508,890</b>

**COSTOS DE ADQUISICIÓN DE EQUIPO PARA 2220 SITIOS**

Descripción	Costo de Adquisición
Equipo terminal WiMax (CPE)	\$11'832,600
Equipo de ruteo y switcheo para sitios	\$1'554,000
Teléfonos IP	\$310,800
<b>Total</b>	<b>\$13'697,400</b>

---

<sup>34</sup> Por mantenimiento se entiende garantía extendida que incluye refacciones, con excepción de la infraestructura para los 13 nodos adicionales de la Red Dorsal que no incluyen refacciones.



#### GASTOS ANUALES DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO PARA 1217 SITIOS

Descripción	Gasto Anual Recurrente
Equipo terminal WiMax (CPE)	\$387,842
Equipo de ruteo y switcheo para sitios	\$102,228
Teléfonos IP	\$17,038
Total	\$507,108

#### GASTOS ANUALES DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO PARA 2220 SITIOS

Descripción	Gasto Anual Recurrente
Equipo terminal WiMax (CPE)	\$707,485
Equipo de ruteo y switcheo para sitios	\$186,480
Teléfonos IP	\$31,080
Total	\$925,045

#### **E. Estudio de Prefactibilidad Económica - Prorratio de los Costos y Gastos Totales por Servicio correspondientes a los Elementos Comunes de la Red:**

Considerando los dos escenarios descritos en la sección anterior y con base en los datos presentados en la sección “Estudio de Prefactibilidad Técnica – Ancho de banda ponderado por servicio requerido en la Red Dorsal”, se realizó un ejercicio de prorratio de los Costos y Gastos Totales de los Elementos Comunes de la Red con objeto de representar cuánto de cada uno de estos costos y gastos es derivado del transporte del tráfico asociado a cada servicio.

## E.i. Escenario 1: Considerando 1217 sitios:

### PRORRATEO DE COSTOS DE ADQUISICION DE LOS ELEMENTOS COMUNES DE LA RED CONSIDERANDO 1217 SITIOS

Descripción	Educación	Gobierno	Salud	C4	Internet
Infraestructura para los sitios del Backbone	\$566,786	\$394,180	\$1'057,675	\$293,798	\$299,001
Enlaces de microondas	\$330,334	\$229,736	\$616,434	\$171,232	\$174,264
Radiobases WiMax	\$553,321	\$384,815	\$1'032,547	\$286,819	\$291,898
Nodo "Maestro"	\$231,929	\$161,298	\$432,800	\$120,222	\$122,351
Equipo de red para nodos del Backbone	\$103,919	\$72,272	\$193,922	\$53,867	\$54,821
Equipo de red para Radiobases WiMax	\$91,070	\$63,336	\$169,945	\$47,207	\$48,043
Conmutador IP	\$75,964	\$52,830	\$141,756	\$39,377	\$40,074
Capacitación	\$60,771	\$42,264	\$113,404	\$31,501	\$32,059
Enlaces de acceso a Internet <sup>35</sup>	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Total	\$2'014,094	\$1'400,731	\$3'758,482	\$1'044,023	\$1'062,511

### PRORRATEO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LOS ELEMENTOS COMUNES DE LA RED CONSIDERANDO 1217 SITIOS

Descripción	Educación	Gobierno	Salud	C4	Internet
Infraestructura para los sitios del Backbone	\$85,016	\$59,126	\$158,648	\$44,069	\$44,849
Enlaces de microondas	\$33,033	\$22,974	\$61,643	\$17,123	\$17,426
Radiobases WiMax	\$51,907	\$36,100	\$96,864	\$26,907	\$27,383
Nodo "Maestro"	\$33,945	\$23,068	\$63,344	\$17,596	\$17,907
Equipo de red para nodos del Backbone	\$15,587	\$10,840	\$29,087	\$8,080	\$8,223
Equipo de red para Radiobases WiMax	\$13,660	\$9,500	\$25,492	\$7,081	\$7,206
Conmutador IP	\$7,596	\$5,283	\$14,176	\$3,938	\$4,007
Capacitación	\$8,682	\$6,038	\$16,201	\$4,500	\$4,580
Enlaces de acceso a Internet	\$0	\$0	\$0	\$0	\$158,250
Total	\$249,428	\$173,468	\$465,455	\$129,293	\$289,833

<sup>35</sup> Si el contrato de los enlaces se realiza a 3 años forzosos no existen costos de instalación.

## E.ii. Escenario 2: Considerando 2220 sitios:

### PRORRATEO DE COSTOS DE ADQUISICION DE LOS ELEMENTOS COMUNES DE LA RED CONSIDERANDO 2220 SITIOS

Descripción	Educación	Gobierno	Salud	C4	Internet
Infraestructura para los sitios del Backbone	\$1'130,313	\$248,268	\$666,160	\$185,044	\$381,654
Enlaces de microondas	\$658,769	\$144,696	\$388,252	\$107,848	\$222,436
Radiobases WiMax	\$1'103,460	\$242,370	\$650,334	\$180,648	\$372,587
Nodo "Maestro"	\$462,524	\$101,591	\$272,592	\$75,720	\$156,173
Equipo de red para nodos del Backbone	\$207,240	\$45,519	\$122,139	\$33,927	\$69,975
Equipo de red para Radiobases WiMax	\$181,616	\$39,891	\$107,037	\$29,733	\$61,323
Conmutador IP	\$151,491	\$33,274	\$89,283	\$24,801	\$51,151
Capacitación	\$121,193	\$26,619	\$71,426	\$19,841	\$40,921
Enlaces de acceso a Internet <sup>36</sup>	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Total	\$4'016,606	\$882,229	\$2'367,222	\$657,562	\$1'356,221

### PRORRATEO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LOS ELEMENTOS COMUNES DE LA RED CONSIDERANDO 2220 SITIOS

Descripción	Educación	Gobierno	Salud	C4	Internet
Infraestructura para los sitios del Backbone	\$169,544	\$37,240	\$99,922	\$27,756	\$57,247
Enlaces de microondas	\$65,877	\$14,470	\$38,825	\$10,785	\$22,244
Radiobases WiMax	\$103,516	\$22,737	\$61,008	\$16,947	\$34,953
Nodo "Maestro"	\$67,695	\$14,869	\$39,897	\$11,082	\$22,857
Equipo de red para nodos del Backbone	\$31,085	\$6,828	\$18,320	\$5,089	\$10,496
Equipo de red para Radiobases WiMax	\$27,242	\$5,984	\$16,056	\$4,460	\$9,198
Conmutador IP	\$15,149	\$3,327	\$8,928	\$2,480	\$5,115
Capacitación	\$17,313	\$3,803	\$10,204	\$2,834	\$5,846
Enlaces de acceso a Internet	\$0	\$0	\$0	\$0	\$158,250
Total	\$497,421	\$109,256	\$293,160	\$81,433	\$326,206

## F. Estudio de Prefactibilidad Operativa – Plan de Acción:

El Plan de Acción que se describe a continuación contempla todas las actividades que se requieren para la implantación de la red. Estas actividades se pueden agrupar en los siguientes rubros generales:

- i. Obtención de frecuencias para enlaces de microondas y para WiMax
- ii. Búsqueda, identificación y adquisición de terrenos para instalación de las primeras 8 torres adicionales de la Red Dorsal
- iii. Preparación de los terrenos donde se instalarán las primeras 8 torres

<sup>36</sup> Si el contrato de los enlaces se realiza a 3 años forzosos no existen costos de instalación.

- adicionales
- iv. Obtención de acometidas eléctricas en los terrenos de las primeras 8 torres adicionales
  - v. Elaboración de las bases de licitación
  - vi. Proceso de licitación
  - vii. Búsqueda, identificación y adquisición de terrenos para instalación de las N torres restantes de la Red Dorsal
  - viii. Preparación de los terrenos donde se instalarán las N torres restantes
  - ix. Obtención de acometidas eléctricas en los terrenos de las N torres restantes
  - x. Tiempo de entrega del equipo
  - xi. Elaboración de los croquis de ubicación de las torres y “shelters” dentro de cada uno de los terrenos
  - xii. Instalación del Nodo Maestro
  - xiii. Instalación de radiobases WiMax
  - xiv. Instalación de equipo de ruteo y switcheo
  - xv. Instalación de enlaces de microondas
  - xvi. Instalación de terminales WiMax (CPEs)

El cronograma del Plan de Acción se realizó considerando los tiempos necesarios para la instalación de 1217 sitios y se encuentra anexo a este documento en el archivo Cronograma.xls y requiere 86 semanas para completarlo.

#### **F.i. Obtención de frecuencias para enlaces de microondas y para WiMax:**

Duración total: 8 semanas.

**Frecuencias para enlaces de microondas:** La primera actividad incluida en el cronograma es la realización de un estudio de radiomonitorio en todos los puntos de la Red Dorsal para identificar la ocupación de la banda de 7 Ghz en las trayectorias que tendrán los enlaces de microondas de la Red Dorsal. Esta información, si bien no es indispensable para solicitar las frecuencias dado que la SCT/COFETEL tiene el registro de todas las bandas asignadas en el país, es muy útil para identificar la existencia de enlaces irregulares o enlaces regulares que pudieran no estar en la base de datos de SCT/COFETEL. La información obtenida de este estudio de monitoreo es conveniente enviarla a SCT anexa a la solicitud de las frecuencias.

El procedimiento para solicitar las frecuencias no requiere licitación dado que son frecuencias que se utilizarán para “uso oficial” y es el siguiente:

- Solicitar a la Dirección General de Política de Telecomunicaciones de la SCT (DGPT/SCT) el formato específico para la solicitud de frecuencias de uso oficial
- Enviar a la DGPT/SCT el formato debidamente requisitado y anexar las poligonales de la Red Dorsal. Dado que C4 ya está utilizando frecuencias en la banda de 7 GHz, es conveniente también anexar las poligonales de los enlaces de C4 incluyendo en ellas las frecuencias y polarizaciones utilizadas. En este paso puede ser de mucha utilidad la participación del

- C4 en el llenado del formato y en la elaboración de las poligonales.
- La DGPT/SCT recibe la solicitud y la envía a la Unidad de Servicios a la Industria de la COFETEL (USI/CFT) quien realiza los estudios y análisis necesarios para la asignación de las frecuencias. Se recomienda que la DGTI se ponga en contacto con la USI/CFT para resolver cualquier duda que pudiera surgir durante el proceso del estudio que realizará la USI/CFT
- La USI/CFT asigna las frecuencias y elabora el oficio de asignación para firma del Secretario de Comunicaciones y Transportes y lo devuelve a la DGPT/SCT.
- La DGPT/SCT envía el oficio al Secretario para su firma
- Una vez firmado el oficio, la DGPT/SCT notifica al solicitante.

**Frecuencias para WiMax:** La SCT ha asignado la banda de 3.3 GHz para su uso en las redes WiMax estatales en todo el territorio nacional, sin embargo es necesario enviar solicitud para el uso de las frecuencias por escrito a la Coordinación de la Sociedad de la Información y el Conocimiento de la SCT (CSIC/SCT). La CSIC/SCT envía al solicitante la autorización por escrito para el uso de la banda.

#### **F.ii Búsqueda, identificación y adquisición de terrenos para instalación de las primeras 8 torres adicionales de la Red Dorsal:**

Duración total: 13 semanas (se inicia en paralelo con el proceso de obtención de frecuencias).

Las primeras 8 torres adicionales de la Red Dorsal son las ubicadas en:

- 31ETV0017O
- 31DST0031V
- 31ETV0126V
- 31ETV0027V
- 31ETV0008G
- 31ETV0065Y
- 31ETV0022Z
- 31ETV0054S

Para la instalación de las primeras 8 torres adicionales de la Red Dorsal se requiere identificar y adquirir los terrenos donde se instalarán. El tamaño ideal de terreno para la instalación de torres de 90 metros de altura es de 78 x 90 metros (7,020 m<sup>2</sup>). Dado que son terrenos muy grandes, es este proceso del Plan de Acción el que representa el mayor riesgo ya que la disponibilidad de terrenos en los lugares no está bajo el control de los responsables de este proyecto.

Las dimensiones para los terrenos indicadas en el párrafo anterior son ideales, por tanto es conveniente consultar con el C4 las dimensiones de los terrenos donde ellos tienen instaladas sus torres y consultar con algún proveedor de torres cual es su recomendación de tamaño de terreno para una torre de 90 metros. Si se pudieran instalar sin riesgo en terrenos de menor tamaño el proceso de identificación de terrenos pudiera ser menos complicado.

**F.iii. Preparación de los terrenos donde se instalarán las primeras 8 torres adicionales:**

Duración total: 9 semanas (se contempla se inicie a la 2ª semana de haber iniciado el proceso de adquisición de terrenos considerando que se pueden iniciar los trabajos de preparación en aquellos terrenos que ya hayan sido adquiridos para esta fecha)

La preparación de los terrenos para la instalación de las torres implica la limpieza del terreno, la construcción de una barda o cerca perimetral y, en caso de ser necesario, la construcción de accesos. Para determinar las especificaciones de la barda o cerca perimetral es necesario tomar en consideración que en estos sitios no habrá personal de planta, por lo que las bardas o cercas deberán impedir el acceso de personas no autorizadas.

**F.iv. Obtención de acometidas eléctricas en los terrenos de las primeras 8 torres adicionales:**

Duración total: 11 semanas (se contempla se inicie al momento de adquisición de cada uno de los terrenos)

El proceso de obtención de las acometidas eléctricas se inicia con el ingreso de la solicitud a CFE. Esta solicitud deberá ser ingresada a CFE lo más pronto posible una vez que se haya adquirido cada terreno.

**F.v. Elaboración de las bases de licitación:**

Duración total: 4 semanas (se inicia en paralelo con el proceso de obtención de frecuencias)

Para la elaboración de las bases de licitación y con objeto de reducir el tiempo de elaboración se sugiere revisar las bases de licitación de la Red Estatal de Veracruz adecuándolas a las características y necesidades específicas del proyecto de Yucatán. La sugerencia se basa en que, dado que la licitación de Veracruz fue exitosa, utilizar sus bases de licitación como referencia para la elaboración de las bases de licitación de Yucatán podría ayudar a reducir el riesgo de recibir inconformidades durante el proceso de licitación.

Asimismo, para la elaboración de las bases de licitación, se sugiere que la DGTI se ponga en contacto con las personas responsables de la Red Estatal de Veracruz para intercambiar opiniones y aprovechar las experiencias adquiridas durante todo el proceso veracruzano.

Los proveedores deberán ser hechos responsables del funcionamiento de la red de acuerdo a las especificaciones establecidas en las bases. Por esta razón, en lo que respecta a la topología de la red, se recomienda que en las bases se proporcione a los proveedores únicamente la ubicación de los nodos de la Red Dorsal y las

georeferencias de los sitios que deberán quedar cubiertos por la red WiMax. De esta forma, serán los proveedores los que con base en sus estudios y cálculos propondrán las que a su criterio sean las mejores ubicaciones de las radiobases y que probablemente sean ubicaciones distintas de las consideradas en este estudio de pre-factibilidad.

De acuerdo al cronograma, las bases de la licitación deberán estar terminadas antes de que se obtenga de la DGPT/SCT la asignación de las frecuencias para los enlaces de microondas. Por esta razón y para no alargar 4 semanas más el calendario del proyecto se deberá establecer en la bases que se espera que las frecuencias asignadas por la DGPT/SCT estén en la banda de 7 GHz, pero que pudieran finalmente ser asignadas en otra banda por lo que las frecuencias definitivas se harán del conocimiento de los proveedores en la junta de aclaraciones (que, de acuerdo al cronograma, se realizaría a la semana siguiente de haber obtenido la notificación oficial de las frecuencias).

#### **F.vi. Proceso de licitación:**

Duración total: 10 semanas (se contempla inicie en la semana 5)

El proceso de licitación consta de las siguientes actividades:

- Publicación de las bases de licitación
- Elaboración de propuestas
- Visitas a sitios (C4, Nodo Maestro, terrenos, etc.)
- Junta de aclaraciones y aviso de frecuencias asignadas por la DGPT/SCT para los enlaces de microondas
- Recepción de propuestas
- Evaluación de propuestas
- Designación de ganador(es) y firma de contrato(s)

Las visitas a los sitios son muy importantes ya que es durante esas visitas donde los participantes conocen las características de los sitios donde de resultar ganadores tendrían que instalar el equipo. Sería conveniente para la fecha de estas visitas haber identificado el mayor número de terrenos donde se instalarán las primeras 8 torres adicionales de la Red Dorsal. Adicionalmente, para esta fecha deberá tenerse ya asignado el sitio donde se instalará el equipo del Nodo Maestro.

Para la evaluación de propuestas el cronograma asigna sólo dos semanas por lo que el Comité Técnico en su conjunto y todas las demás personas que participen en el proceso de evaluación de propuestas deberán dedicar la totalidad de su tiempo a esta actividad.

#### **F.vii. Búsqueda, identificación y adquisición de terrenos para instalación de las N torres restantes de la Red Dorsal:**

Duración total: 13 semanas (se inicia a partir de la designación de ganador de la licitación).

El número y ubicación de las N torres adicionales a las 7 de los C4 y a las 8 mencionadas arriba para la Red Dorsal y/o para la instalación de radiobases será determinado por cada proveedor de acuerdo a sus estudios y cálculos. El número y ubicación de estas torres adicionales dependerá de cada proveedor por lo que la búsqueda de los terrenos para instalarlas sólo podrá iniciarse a partir del momento de designación de ganador.

En el cronograma, la instalación de todo el equipo de esas N torres adicionales se deja para el final para dar tiempo a la búsqueda, identificación y adquisición de los terrenos necesarios para la instalación de las torres.

Las características de los terrenos que deberán adquirirse para estas N torres son las mismas que las que se requieren para las 8 torres mencionadas arriba.

En el cronograma se hace la suposición de que N es igual a 5 de acuerdo a los resultados de este estudio de pre-factibilidad.

#### **F.viii. Preparación de los terrenos donde se instalarán las N torres adicionales:**

Duración total: 9 semanas (se contempla se inicie a la 2ª semana de haber iniciado el proceso de adquisición de los N terrenos considerando que se pueden iniciar los trabajos de preparación en aquellos terrenos que ya hayan sido adquiridos para esta fecha)

Las preparaciones que se requieren en los terrenos para las N torres restantes son las mismas que para las 8 torres mencionadas arriba.

#### **F.ix. Obtención de acometidas eléctricas en los terrenos de las N torres adicionales:**

Duración total: 11 semanas (se contempla se inicie al momento de adquisición de cada uno de los N terrenos)

El proceso de obtención de las acometidas eléctricas se inicia con el ingreso de la solicitud a CFE. Esta solicitud deberá ser ingresada a CFE lo más pronto posible una vez que se haya adquirido cada terreno.

#### **F.x. Tiempo de entrega del equipo:**

Duración total: 9 semanas (se inicia a partir de la firma del contrato con el proveedor ganador)

El tiempo de entrega de equipo es normalmente de 6 a 9 semanas. Para fines del cronograma se utilizó 9 semanas, principalmente, por el volumen de equipo.



**F.xi. Elaboración de los croquis de ubicación de las torres y “shelters” dentro de cada uno de los terrenos:**

Duración total: 4 semanas (se inicia a partir de la firma del contrato con el proveedor ganador)

El proveedor ganador deberá visitar los terrenos adquiridos para las 8 torres adicionales de la Red Dorsal y elaborar los croquis de ubicación de las torres y los “shelters” dentro del terreno.

**F.xii. Instalación del Nodo Maestro:**

Duración total: 3 semanas (se inicia a partir de la fecha de recepción del equipo)

Para la instalación del equipo del Nodo Maestro será necesario que los sitios (primario y secundario) cumplan con todos los requerimientos que el proveedor ganador debió especificar en su propuesta.

Asimismo, al momento del inicio de la instalación deberán estar instalados en los sitios los enlaces a las redes de las secretarías de Educación, de Gobierno y de Salud, así como a la red de C4. En todos los casos, el ancho de banda de cada uno de los enlaces a cada una de las redes deberá ser el adecuado para soportar el tráfico de los sitios de la Red Estatal.

**F.xiii. Instalación de radiobases WiMax:**

Duración: 2 semanas por radiobase (se inicia a partir de la recepción del equipo, empezando por las torres de C4)

El número de radiobases WiMax que se puede instalar en paralelo depende del número de equipos de instaladores con que se cuente para esta actividad. En el cronograma se asume que existirán 4 equipos de instaladores. Por tanto, el calendario del proyecto podría reducirse si se contara con un mayor número de equipos de instaladores.

**F.xiv. Instalación de equipo de ruteo y switcheo:**

Duración: 1 semanas por nodo de la Red Dorsal (se inicia a partir de la recepción del equipo, empezando por las torres de C4)

El número de sitios en los que se puede instalar el equipo de ruteo y switcheo en paralelo depende del número de equipos de instaladores con que se cuente para esta actividad. En el cronograma se asume que existirán 4 equipos de instaladores. Por tanto, el calendario del proyecto podría reducirse si se contara con un mayor número de equipos de instaladores

#### **F.xv. Instalación de enlaces de microondas**

Duración: 2 semanas por enlace (se inicia a partir de la recepción del equipo, empezando por las torres de C4)

El número de enlaces de microondas que se puede instalar en paralelo depende del número de equipos de instaladores con que se cuente para esta actividad. En el cronograma se asume que existirán 4 equipos de instaladores. Por tanto, el calendario del proyecto podría reducirse si se contara con un mayor número de equipos de instaladores.

#### **F.xvi. Instalación de terminales WiMax (CPEs)**

Duración: 15 semanas por cada radiobase (se inicia a partir de la recepción del equipo, empezando por las torres de C4)

La instalación de terminales WiMax (CPE) requiere la instalación de mástiles o torres para las antenas externas de los CPEs. Para poder iniciar la instalación de dichos mástiles o torres se requiere que en cada sitio remoto se tenga asignado y limpio el lugar donde se instalará el CPE. Adicionalmente, el lugar deberá contar con energía eléctrica.

La eficiencia de los instaladores de los equipos CPE y la rapidez con la que se puedan instalar los CPEs dependerá de que cada sitio esté listo para recibir el equipo.

En el cronograma se asignan 15 semanas para la instalación de todos los CPEs que dependen de cada radiobase. El número de radiobases de las cuales se están instalando los CPEs que se puede instalar en paralelo depende del número de equipos de instaladores con que se cuente para esta actividad. En el cronograma se asume que existirán 4 equipos de instaladores. Por tanto, el calendario del proyecto podría reducirse si se contara con un mayor número de equipos de instaladores.

#### **G. Estudio de Prefactibilidad Operativa – Fortalecimiento Organizacional:**

Para la operación, administración y monitoreo de la red se requieren al menos 8 personas para dar servicio 7x24x365 en los nodos maestros.

Para la administración del ancho de banda de MPLS de cada uno de los servicios de Educación, Salud y Gobierno se requieren dos personas de tiempo completo.

Para capacitación de los usuarios en los sitios remotos se requieren al menos 5 personas respectivamente para los servicios de Salud y los servicios de Gobierno. La capacitación de los servicios de Educación está incluida en el proyecto HDT.

## ANEXO 1 – CONCENTRACION DE POBLACION POR MUNICIPIOS CON MENOS DE 10,000 HABITANTES

TABLA 1b. Concentración de Población por Municipios con menos de 10,000 habitantes

091	Tinum	9,960	0.55
003	Akil	9,765	0.54
080	Tekit	9,163	0.50
067	Seyé	8,997	0.49
013	Conkal	8,495	0.47
006	Buctzotz	8,379	0.46
069	Sotuta	8,081	0.44
057	Panabá	7,543	0.41
021	Chichimilá	7,439	0.41
036	Homún	6,951	0.38
084	Temax	6,764	0.37
007	Cacalchén	6,399	0.35
090	Timucuy	6,351	0.35
011	Celestún	6,269	0.34
092	Tixcacalcupul	6,173	0.34
001	Abalá	5,976	0.33
044	Kinchil	5,964	0.33
029	Dzilam González	5,841	0.32
034	Hocabá	5,824	0.32
055	Opichén	5,619	0.31
075	Teabo	5,602	0.31
035	Hoctún	5,586	0.31
042	Kantunil	5,362	0.29
004	Baca	5,362	0.29
095	Tixpéhual	5,001	0.27
047	Maní	4,867	0.27
015	Cuzamá	4,800	0.26
063	Samahil	4,764	0.26
009	Cansahcab	4,738	0.26
025	Dzán	4,587	0.25
037	Huhí	4,497	0.25
087	Tetiz	4,468	0.25
017	Chankom	4,340	0.24
023	Chocholá	4,329	0.24
094	Tixmehuac	4,329	0.24
062	Sacalum	4,272	0.23
022	Chikindzonot	4,045	0.22
073	Tahdziú	3,891	0.21
020	Chicxulub Pueblo	3,848	0.21
008	Calotmul	3,839	0.21
078	Tekantó	3,780	0.21
070	Sucilá	3,714	0.20
066	Santa Elena	3,617	0.20
039	Ixil	3,598	0.20
012	Cenotillo	3,540	0.19
074	Tahmex	3,501	0.19
082	Telchac Pueblo	3,404	0.19
030	Dzitás	3,443	0.19
097	Tunkás	3,421	0.19
061	Río Lagartos	3,272	0.18
026	Dzemul	3,263	0.18

100	Ucú	3,057	0.17
099	Uayama	2,997	0.16
049	Mayapán	2,972	0.16
068	Sinanché	2,972	0.16
024	Chumayel	2,937	0.16
103	Xocchel	2,935	0.16
081	Tekom	2,933	0.16
018	Chapab	2,922	0.16
051	Mocochá	2,915	0.16
031	Dzoncauich	2,782	0.15
046	Mama	2,697	0.15
105	Yaxkukul	2,656	0.15
054	Muxupip	2,627	0.14
016	Chacsinkín	2,577	0.14
043	Kaua	2,556	0.14
077	Tekal de Venegas	2,464	0.14
010	Cantamayec	2,283	0.13
028	Dzilam de Bravo	2,248	0.12
045	Kopomá	2,217	0.12
086	Tepakán	2,091	0.11
106	Yobaín	2,056	0.11
088	Teya	1,968	0.11
065	San Felipe	1,838	0.10
072	Suma	1,768	0.10
083	Telchac Puerto	1,626	0.09
071	Sudzal	1,560	0.09
005	Bokobá	1,958	0.11
064	Sanahcat	1,526	0.08
014	Cuncunul	1,503	0.08

## ANEXO 2 – CONSIDERACIONES GENERALES

- La implantación de la Red Estatal requiere el uso de espectro radioeléctrico para WiMax y para los enlaces de microondas, y dado que un estudio de disponibilidad de espectro para todos los sitios requiere de mucho más tiempo que el asignado para esta consultoría, por lo que se asumió que existe (o existirá al momento de la implantación) el espectro radioeléctrico necesario y con los anchos de banda necesarios para la implantación.
- Un estudio de propagación de los lugares donde se instalarán las radiobases y de todos los sitios que contemple las condiciones geográficas, orográficas, climáticas y de vegetación de cada uno de los puntos requiere de mucho más tiempo que el asignado para esta consultoría, por lo que se utilizaron condiciones ideales generalizadas y moderadas en la medida de lo posible con los resultados obtenidos en otras instalaciones en lugares que tengan condiciones semejantes a las de los sitios de este proyecto.
- Se asumió que se cuenta (o se contará al momento de la implantación) con todos los permisos federales, municipales, locales y de cualquier otro tipo (construcción, zonificación, etc.) que se requieran para la implantación, por lo que el tiempo requerido para tramitar y obtener dichos permisos no está incluido en el calendario de implantación. Asimismo, en los análisis de costos no se incluye ningún costo asociado a la tramitación y obtención de dichos permisos.
- Se asumió que se cuenta (o se contará al momento de la implantación) con todos los terrenos para la instalación de torres, radiobases, etc.
- Para el análisis de los costos y tiempos de capacitación se asumirá que el personal que recibirá dicha capacitación estará disponible al momento de iniciarse el plan de capacitación y contará con los conocimientos mínimos necesarios (que se especificarán en el plan de capacitación).
- Los estudios y análisis de anchos de banda requeridos se hicieron tomando como base los anchos de banda acordados para cada aplicación en la reunión del 30 de marzo de 2010.
- Para el análisis de los costos y tiempos de implantación de la Red Estatal se asumió que, al momento de la implantación, en todos los sitios, incluyendo aquellos del *backbone* y de las radiobases, existen las condiciones (energía eléctrica, ambientales, etc.) para la instalación del equipo.
- No se incluyeron los costos asociados a la adquisición e instalación de equipo terminal (computadoras, equipo de red de área local, equipo de telemedicina, etc.).
- Ya que se desconocen los sitios donde actualmente ya se cuenta con acceso a Internet, se consideró que es necesario llevar Internet a todos ellos.

- Para los cálculos de costos se utilizaron precios de lista y se incluye en el precio de adquisición los costos de instalación. Todos los precios están en dólares de los EUA. Los precios no incluye impuestos.
- Los costos de mantenimiento anual que se utilizaron para los cálculos no incluyen refacciones. Los costos de garantía extendida anual sí consideran refacciones. Para los equipos críticos de la Red se consideraron garantías extendidas con objeto de incluir las refacciones. Se consideró en ambos casos que todo el equipo estará cubierto por la garantía original por un periodo de un año por lo que en el primer año de operación no se incluyen costos de mantenimiento.
- La interoperabilidad de las aplicaciones no es objeto de esta consultoría por lo que en el análisis de los costos y tiempos de implantación no se incluirán los costos y tiempos necesarios para el desarrollo de aplicaciones nuevas o para lograr la interoperabilidad de las aplicaciones existentes, entre sí y con nuevas aplicaciones.

## ANEXO 3 – ANALISIS DE COSTOS Y GASTOS RECURRENTE

### ANALISIS DE COSTOS DE INFRAESTRUCTURA PARA LOS SITIOS DEL *BACKBONE*

De acuerdo a los resultados del estudio de prefactibilidad técnica se requieren 20 puntos que constituyen el *backbone*, de los cuales sólo 7 corresponden a torres existentes de C4. De dicha información no es posible obtener la infraestructura existente en los 13 puntos restantes. Por tanto, en el análisis de costos se incluyó para esos 13 sitios toda la infraestructura necesaria para constituirlos como nodos del *backbone* (torre, equipo eléctrico, equipo de aire acondicionado, caseta, etc.)

#### COSTOS DE ADQUISICION Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA PARA LOS SITIOS DEL *BACKBONE*

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares americanos)	TOTAL (dólares americanos)
A) COSTOS DE ADQUISICION			
Torre de 90 metros	13	108,000	1'404,000
Tablero eléctrico con transferencia automática	13	2,800	36,400
Supresor de transitorios	13	680	8,840
Planta eléctrica de emergencia 20kW	13	15,330	199,290
Sistema de respaldo con baterías 15KW	13	11,230	145,990
Rectificador de - 48VDC	13	14,600	189,800
Aire acondicionado de 3 toneladas	26	4,900	127,400
Cuarto prefabricado tipo "shelter" de 6x10x3 m	13	28,900	375,700
Sistema de tierra física	13	1,240	16,120
Cableado e instalación	13	8,300	107,900
Total			2'611,440
B) COSTOS DE MANTENIMIENTO			
Costo de			391,709

mantenimiento anual			
---------------------	--	--	--

## ANALISIS DE COSTOS DE ENLACES DE MICROONDAS

Como se detalla más adelante en la sección “Análisis de costos de radiobases WiMax”, se determinó que se requieren 20 radiobases para cubrir la totalidad de los sitios. Tomando en cuenta un enlace redundante del backbone entre los puntos denominados 31ETV0126V y 31ETV0008G, se requieren 20 enlaces de microondas para interconectar toda la red.

Se consideraron para este análisis de costos equipos con capacidad de 200 Mbps. Si bien esta capacidad es la mitad de la expresada verbalmente por la DGTI como necesaria para soportar el tráfico, se escogieron enlaces de esta capacidad debido a dos factores principales: (a) La incorporación de todos los sitios a la red no se realizará simultáneamente por lo que en un principio no será necesaria la capacidad de 400 Mbps expresada por la DGTI; y (b) De acuerdo a lo sugerido por el consultor para dar redundancia a los enlaces, cuando sea necesario incrementar la capacidad y en función de la disponibilidad presupuestal, se podrá instalar un segundo enlace entre los puntos que lo requieran.

Se desconocen las frecuencias que se utilizarán para estos enlaces, para efectos exclusivamente de análisis de costos de estos equipos, se seleccionó la banda de 7 GHz en virtud de que es la banda que utiliza actualmente el C4 y que se sabe que no ha presentado problemas de propagación y/o interferencia. Estos costos podrían variar en caso de que las frecuencias asignadas finalmente para estos enlaces fueran en una banda distinta a la de 7 GHz.

### COSTOS DE ADQUISICION Y GARANTIA DE LOS ENLACES DE MICROONDAS

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares americanos)	TOTAL (dólares americanos)
A) COSTO DE ADQUISICION			
Enlace de 200Mbps en configuración 1+0	20	76,100	1'522,000
B) COSTO DE GARANTIA			
Costo de Garantía extendida anual			152,200

## ANALISIS DE COSTOS DE RADIOBASES WiMax

Para el estudio de localización de las radiobases, como se indica en el **ANEXO 2 - CONSIDERACIONES GENERALES**, se utilizaron condiciones de radiación y propagación ideales generalizadas y moderadas en la medida de lo posible con los



resultados obtenidos en otras instalaciones en lugares que tengan condiciones semejantes a las de los sitios de este proyecto.

Se determinó que se requieren 20 radiobases WiMax para cubrir el 95% de los sitios tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Frecuencia utilizada: 3.3 GHz
- Distancia promedio entre todos los sitios y la radiobase que les corresponde: 14 Km
- Distancia máxima entre el 66% de los sitios y la radiobase que les corresponde: 20 Km
- Distancia máxima entre el 85% de los sitios y la radiobase que les corresponde: 25 Km
- Distancia máxima entre los sitios más alejados y la radiobase que les corresponde : 30 Km
- Relación Downstream/Upstream para los sitios de Educación: 2Mbps/512Kbps
- Relación Downstream/Upstream para los sitios de Gobierno: 2Mbps/512Kbps
- Relación Downstream/Upstream para los sitios de Salud: 2Mbps/3Mbps
- Relación Downstream/Upstream para Internet en cada sitio: 512Kbps/256Kbps
- Factor de sobreescripción para los sitios de Educación: 15:1
- Factor de sobreescripción para los sitios de Gobierno: 15:1
- Factor de sobreescripción para los sitios de Salud: 5:1
- Factor de sobreescripción para Internet: 15:1

Para los sitios de Salud se consideró que habrá mayor tráfico en el sentido Upstream en virtud de que se le indicó al consultor que la intención es poner en los sitios equipos de videoconferencia y diagnóstico remoto que requieren de relación de tráfico Downstream/Upstream más balanceada e invertida en comparación con los sitios de las otras 3 aplicaciones. Asimismo se consideró que la posibilidad de tener varios de estos equipos funcionando simultáneamente en varios sitios es alta, razón por la cual se consideró un factor de sobreescripción de sólo 5:1 (a diferencia de los demás sitios donde se consideró un factor de sobreescripción de 15:1).

### COSTOS DE ADQUISICION Y GARANTIA DE RADIOBASES WiMax

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares americanos)	TOTAL (dólares americanos)
<b>A) COSTOS DE ADQUISICION</b>			
Radiobase de 6 sectores de 60º	14	128,400	1'797,600
Radiobase de 4 sectores de 90º	2	85,600	171,200
Radiobase de 3 sectores de 90º	1	64,200	64,200
Radiobase de 2 sectores de 90º	3	42,800	128,400
GPS	20	6,900	138,000
Estudio de gabinete (radiación, propagación, capacidad, tráfico, etc.)	1	50,000	50,000
Administración del proyecto (microondas, radiobases, CPEs)	1	200,000	200,000
Total			2'549,400
<b>B) COSTOS DE GARANTIA</b>			
Costo de garantía extendida anual			239,160

### ANALISIS DE COSTOS DEL NODO “MAESTRO” DE LA RED

Se considera como el nodo “Maestro” de la red el sitio donde se instalará el equipo central de ruteo de la red incluyendo el equipo necesario para la administración y monitoreo de la Red.

### COSTOS DE ADQUISICION Y GARANTIA DEL NODO “MAESTRO” DE LA RED

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares americanos)	TOTAL (dólares americanos)
<b>A) COSTOS DE ADQUISICION</b>			
Equipo de ruteo (incluye SW/HW de	2	431,900	863,800

admon y monitoreo)			
Consola de administración WiMax	2	74,400	148,800
Equipo de cómputo para admon. y monitoreo	10	3,000	30,000
Monitores 52"	4	3,500	14,000
Mobiliario	2	6,000	12,000
Total			1'068,600
B) COSTOS DE GARANTIA			
Costo de garantía extendida anual			156,400

## **ANALISIS DE COSTOS DE EQUIPO DE RED PARA LOS NODOS DEL BACKBONE**

### **COSTOS DE ADQUISICION Y GARANTIA DE EQUIPO DE RED PARA LOS NODOS DEL BACKBONE**

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares americanos)	TOTAL (dólares americanos)
A) COSTOS DE ADQUISICION			
Equipo de ruteo/switcheo MPLS	15	31,920	478,800
Total			478,800
B) COSTOS DE GARANTIA			
Costo de garantía extendida anual			71,818

## **ANALISIS DE COSTOS DE EQUIPO DE RED PARA LAS RADIOBASES WiMax**

### **COSTOS DE ADQUISICION Y GARANTIA DE EQUIPO DE RED PARA LAS RADIOBASES WiMax**

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares americanos)	TOTAL (dólares americanos)
A) COSTOS DE ADQUISICION			
Equipo de ruteo/switcheo	20	20,980	419,600
Total			419,600

<b>B) COSTOS DE GARANTIA</b>			
Costo de garantía extendida anual			62,940

### **ANALISIS DE COSTOS DE CPEs WiMax**

De las consideraciones para la localización de las radiobases se desprende que el número total de sitios cubiertos por la red será de 2220 (2324 x 95.5%). De este total, se consideró que sólo el 10% requerirán mástiles (torres) de más de entre 18 y 24 m de longitud.

#### **COSTOS DE ADQUISICION Y GARANTIA DE CPEs WiMax**

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares americanos)	TOTAL (dólares americanos)
<b>A) COSTOS DE ADQUISICION</b>			
CPE con mástil menor a 15 m	1998	4,700	9'390,600
CPE con torre mayor a 15 m	222	11,000	2'442,000
Total			11'832,600
<b>B) COSTOS DE GARANTIA</b>			
Costo de garantía extendida anual			707,485

### **ANALISIS DE COSTOS DE EQUIPO DE RED EN LOS SITIOS**

#### **COSTOS DE ADQUISICION Y GARANTIA DE EQUIPO DE RED EN LOS SITIOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares americanos)	TOTAL (dólares americanos)
<b>A) COSTOS DE ADQUISICION</b>			
Ruteador	2220	700	1'554,000
Total			1'554,000
<b>B) COSTOS DE GARANTIA</b>			
Costo de garantía extendida anual			186,480

### **ANALISIS DE COSTOS DE EQUIPO DE TELEFONIA IP**

### COSTOS DE ADQUISICION Y GARANTIA DE EQUIPO DE TELEFONIA IP

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares americanos)	TOTAL (dólares americanos)
<b>A) COSTOS DE ADQUISICION</b>			
Conmutador IP	1	350,000	350,000
Teléfonos IP	2220	140	310,800
Total			660,800
<b>B) COSTOS DE GARANTIA</b>			
Costo de garantía extendida anual			60,080

### ANALISIS DE COSTOS DE RENTA DE ENLACES A INTERNET

#### COSTOS DE RENTA ANUAL DE ENLACES A INTERNET

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares americanos)	TOTAL (dólares americanos)
<b>A) COSTOS DE RENTA ANUAL</b>			
Enlace a Internet de 30 Mbps x Ethernet*	2	79,125	158,250
Total			158,250

\* No se hacen cargos de instalación si se contratan por un plazo forzoso de 3 años

### ANALISIS DE COSTOS DE CAPACITACION

Por la complejidad de la red se hace indispensable mantenerla operando en todo momento. Será necesario contar con personal dedicado exclusivamente a la operación, administración y monitoreo de la Red. Para este análisis de costos se considera que en el nodo “Maestro” deberán haber al menos 2 personas en todo momento. Con objeto de cubrir un horario 24x7x365, el mínimo de personas que deberán estar capacitadas para estas funciones no debe ser menor de 8 por sitio.

Asimismo, para la operación, administración y monitoreo de cada una de los canales de educación y salud, cada una de las dependencias deberá contar con al menos 2 personas capacitadas para esta función.

En los términos de referencia de la consultoría se solicita considerar los costos de capacitación. Sin embargo, dada la magnitud del proyecto, el consultor recomienda que se exija a los proveedores impartir la capacitación sin costo.

#### COSTOS DE CAPACITACION

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (dólares americanos)	TOTAL (dólares americanos)
-------------	----------	---	-------------------------------

A) COSTOS DE CAPACITACION INICIAL			
WiMax	16	5,000	80,000
Ruteo/MPLS	16	10,000	160,000
Administración canales MPLS	8	5,000	40,000
Total			280,000
B) COSTOS ANUALES RECURRENTE DE CAPACITACION			
WiMax	2	5,000	10,000
Ruteo/MPLS	2	10,000	20,000
Administración canales MPLS	2	5,000	10,000
Total			20,000

## ANEXO 4 - CALCULO DEL FACTOR DE PRORRATEO ENTRE LOS 5 SERVICIOS

Para el cálculo del factor de prorrateo entre las cuatro aplicaciones se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$ABtpa = ABpaps * NS / FSS$$

$$FPa = ABtpa / (ABtpe + ABtpg + ABtps + Abtpc + ABtpi)$$

donde:

ABpaps:	Ancho de banda requerido para cada aplicación en cada sitio
NS:	Número de sitios de cada aplicación
FSS:	Factor de sobresuscripción para cada aplicación
ABtpa:	Ancho de banda total ponderado por aplicación
ABtpe:	Ancho de banda total ponderado para educación
ABtpg:	Ancho de banda total ponderado para gobierno
ABtps:	Ancho de banda total ponderado para salud
Abtpc:	Ancho de banda total ponderado para C4
ABtpi:	Ancho de banda total ponderado para internet
FPa:	Factor de prorrateo por aplicación

Para el cálculo del factor de prorrateo de la aplicación de Internet se realizaron dos cálculos. Para el primero se consideraron las 463 telesecundarias y secundarias. Para el segundo, se consideraron las 1446 escuelas. En ambos casos para las aplicaciones de Gobierno, de Salud y C4 se consideraron 322, 192 y 240 sitios respectivamente. El objetivo de realizar los dos cálculos fue evaluar la variación del factor de prorrateo considerando ambos escenarios.

A) Primer cálculo considerando 127 telesecundarias, 291 secundarias, 322 sitios de gobierno, 192 sitios de salud, 240 sitios de C4 y 1217 sitios de Internet:

Primero se obtuvieron los anchos de banda totales ponderados por aplicación de la siguiente forma:

$$ABtpe = 2 * 463 / 15 = 61.73 \text{ Mbps para educación}$$

$$ABtpg = 2 * 322 / 15 = 42.93 \text{ Mbps para gobierno}$$

$$ABtps = 3 * 192 / 5 = 115.2 \text{ Mbps para salud}$$

$$Abtpc = 2 * 240 / 15 = 32 \text{ Mbps para C4}$$

$$ABtpi = 0.5 * 977 / 15 = 32.57 \text{ Mbps para Internet}$$

Con estos valores de ancho de banda total ponderado por aplicación el factor de prorrateo de costos asociados con el transporte de Internet se obtuvo de la siguiente forma:

$$FPi = 32.57 / (61.74 + 42.93 + 115.2 + 32 + 32.57) = 0.11$$

o sea que el transporte del tráfico de Internet en la Red, cuando se consideran 1217 sitios, representa el 11% del total del tráfico, siendo esta cifra el factor de prorrateo correspondiente.

- B) Segundo cálculo considerando 1466 escuelas, 322 sitios de gobierno, 192 sitios de salud, 240 sitios de C4 y 2220 sitios de internet:

Primero se obtuvieron los anchos de banda totales ponderados por aplicación de la siguiente forma:

$$ABtpe = 2 * 1466 / 15 = 195.47 \text{ Mbps para educación}$$

$$ABtpg = 2 * 322 / 15 = 42.93 \text{ Mbps para gobierno}$$

$$ABtps = 3 * 192 / 5 = 115.2 \text{ Mbps para salud}$$

$$ABtpc = 2 * 240 / 15 = 32 \text{ Mbps para C4}$$

$$ABtpi = 0.5 * 1980 / 15 = 66 \text{ Mbps para Internet}$$

Con estos valores de ancho de banda total ponderado por aplicación, para este caso con 1980 sitios, el factor de prorrateo de costos asociados con el transporte de Internet se obtuvo de la siguiente forma:

$$FPI = 66 / (195.47 + 42.93 + 115.2 + 32 + 66) = 0.15$$

o sea que el transporte del tráfico de internet en la Red, cuando se consideran los 2220 sitios, representa el 15% del total del tráfico, siendo esta cifra el Factor de Prorrateo correspondiente.

En la siguiente tabla se muestran los factores de prorrateo para cada aplicación en cada uno de los dos casos analizados:

FACTORES DE PRORRATEO CONSIDERANDO 977 SITIOS

Aplicación	ABpaps (Mbps)	NS	FSS	ABtpa (Mbps)	Fppa
Educación	2	463	15	61.73	22%
Gobierno	2	322	15	42.93	15%
Salud	3	192	5	115.20	41%
C4	2	240	15	32.00	11%
<b>Internet</b>	0.5	1217	15	32.57	<b>11%</b>
Total				284.43	100%

FACTORES DE PRORRATEO CONSIDERANDO 1980 SITIOS

Aplicación	ABpaps (Mbps)	NS	FSS	ABtpa (Mbps)	Fppa
Educación	2	1466	15	195.47	43%
Gobierno	2	322	15	42.93	10%
Salud	3	192	5	115.20	26%
C4	2	240	15	32.00	7%
<b>Internet</b>	0.5	1980	15	66.00	<b>15%</b>
Total				419.60	100%