



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

# **PLAN ANCHO DE BANDA**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniero en Telecomunicaciones**

**P R E S E N T A**

Cynthia Martínez Gutiérrez

**ASESOR DE INFORME**

M.I. Juventino Cuellar González



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

# ÍNDICE

<b>1. PRÓLOGO</b> .....	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVO</b> .....	<b>5</b>
<b>3. ANTECEDENTES DEL TEMA</b> .....	<b>6</b>
3.1. REDES JERÁRQUICAS.....	6
3.1.1. Nivel de Acceso .....	7
3.1.2. Nivel de Distribución .....	8
3.1.3. Nivel de Núcleo .....	9
3.2. TOPOLOGÍA DE LA RED .....	9
3.2.1. Backbone .....	10
3.2.2. Backbone USA .....	11
3.2.3. Dorsal.....	11
3.2.3.1. Regional .....	11
3.2.3.1. Sectorial .....	12
3.2.4. Acceso .....	12
3.2.4.1. Acceso a Servicio Corporativo .....	12
3.2.4.2. Acceso de Alta Capacidad .....	12
<b>4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>13</b>
<b>5. PLANEACIÓN</b> .....	<b>16</b>
5.1. CREACIÓN DE GRUPO DE TRABAJO .....	17
5.2. DEFINICIÓN DE PRIORIDADES .....	18
5.3. IMPACTO.....	19
5.4. ALCANCE.....	19
<b>6. DISEÑO</b> .....	<b>21</b>
6.1. REUNIONES DE TRABAJO.....	21
6.2. TABLERO DE CONTROL. SEGUIMIENTO Y REVISIÓN DE PRIORIDADES.....	23
6.3. CÁLCULO DE CLIENTES CANDIDATOS A INCREMENTO DE ANCHO DE BANDA .....	24
6.4. INTEROPERABILIDAD ENLACES ETHERNET CON TRANSPORTE DWDM (LAN PHY).....	24
6.4.1. LANPHY.....	24
6.4.2. Caso de falla LANPHY.....	25
<b>7. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN</b> .....	<b>27</b>
7.1. MIGRACIÓN DE NODOS DORSALES .....	27
7.2. MIGRACIÓN DE EQUIPOS BACKBONE.....	28
7.2.1. Backbone Nacional .....	29
7.2.2. Backbone USA .....	30
7.3. CONEXIÓN DE EQUIPOS DE ACCESO .....	32
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>34</b>
<b>9. GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....	<b>36</b>
<b>10. REFERENCIAS</b> .....	<b>37</b>
<b>11. LISTA DE FIGURAS Y TABLAS</b> .....	<b>38</b>

# **PLAN ANCHO DE BANDA**

## **1. PRÓLOGO**

Mi nombre es Cynthia Martínez Gutiérrez soy egresada de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) culminando mis estudios en el año 2003. Desde los últimos semestres de la carrera tuve la oportunidad de ingresar a realizar prácticas profesionales a una importante empresa de presencia a nivel mundial, que para fines de este trabajo la denominaremos ISPr1.

En junio del 2004, se presenta la oportunidad y firmo un contrato permanente y desde entonces a la fecha he realizado una carrera ascendente y exitosa en el ámbito profesional de las telecomunicaciones. Empecé realizando actividades de configuración de servicios dedicados de internet y redes privadas virtuales, para clientes empresariales de donde tomé valiosa experiencia que me llevaron a distintas áreas de la empresa donde realicé diversas actividades que a continuación enumero:

- Recepción de enlaces dedicados para servicios empresariales y conexión de Infraestructura de la red
- Recepción de infraestructura nueva para el crecimiento de la red: equipos, tarjetas, troncales digitales e interconexiones
- Participación en pruebas piloto para la integración de nuevas plataformas a la red
- Implementación de configuraciones avanzadas para la puesta en marcha de nuevas funcionalidades
- Administración y asignación de recursos para la puesta en operación de equipos de acceso para el servicio de internet masivo
- Definición de planes de migración para solucionar alta ocupación en el servicio masivo

- Un proyecto que se lleva año con año con la finalidad de implementar la feria del internet que se instala en la plancha del zócalo capitalino con el fin de acercar a todo la población a la innovación de las telecomunicaciones.
- Tengo a mi cargo la implementación de diversos proyectos para el crecimiento y mejora de la red, así como de servicios nuevos que se desean implementar.

Uno de los retos más importantes de mi puesto actual es poner en marcha un proyecto que cubra las actuales necesidades de gran cantidad de ancho de banda que demandan los usuarios finales, debido a los requerimientos actuales por gran cantidad de dispositivos móviles y aplicaciones de la vida cotidiana.

Los avances tecnológicos y el vertiginoso incremento de los usuarios en las redes ha llevado a las empresas de este ramo a plantearse el reto de cubrir esta necesidad, e ISPr1 no ha sido la excepción.

Dentro de las necesidades que demanda este proyecto se consideran los elementos teóricos en el diseño y operación de redes de datos poniendo a prueba los conocimientos y facultades desarrolladas durante mi formación profesional, al aprender sobre el área en cuestión. Así como analizar propuestas para la resolución de problemas y la implementación de las soluciones debidas.

## **2. OBJETIVO**

Incrementar el ancho de banda en la empresa ISPr1 como consecuencia de la natural demanda de los clientes y al mismo tiempo captar nuevas cuentas y retener las que ya existentes.

De ahí nace el proyecto que a partir de aquí denominaremos “Plan Ancho de Banda”, que busca llevar a una oferta comercial de 10 Mps, 20 Mps, 40 Mps y hasta 100Mps a 5.4 millones de usuarios que se encuentran distribuidos a lo largo de todo el territorio nacional.

### **3. ANTECEDENTES DEL TEMA**

Para poder ofertar los anchos de banda antes mencionados, es indispensable crecer toda la infraestructura de la red en todos y cada uno de sus niveles jerárquicos. Esto implica realizar una serie de actividades en el horario diurno y nocturno para poder ir adecuando la red de forma gradual y transparente, sin que esto implique una afectación considerable a los usuarios que actualmente operan en la red.

En los siguientes capítulos se detallará la forma de realizar esta integración, comenzando por describir algunos conceptos teóricos que nos permita el buen entendimiento del diseño del programa de implementación.

De igual forma, el planteamiento de estos conceptos nos abrirá un panorama más amplio y claro que, sin duda, nos permitirán entender más adelante el cómo y por qué se tomaron decisiones importantes.

#### **3.1. Redes Jerárquicas**

Dentro de las redes, el diseño jerárquico implica dividir en capas independientes. Cada capa (o nivel) en la jerarquía, proporciona características específicas que definen su función dentro de la red general; esto ayuda a un buen funcionamiento. Los modelos jerárquicos se aplican al diseño de redes Local Architecture Network (LAN) y Wide Area Network (WAN).

Un diseño típico de red WAN jerárquica en el ámbito empresarial incluye las siguientes tres capas:

- Nivel de Acceso
- Nivel de Distribución
- Nivel de Núcleo

Una red jerárquica se divide en diferentes niveles o capas con funciones específicas, esto nos permite dividir la red en secciones que facilitan su crecimiento y su mantenimiento.

En la Figura 1, podemos apreciar de manera gráfica la jerarquización de la que hemos venido hablando líneas arriba, se hace más evidente la forma en que cada nivel asume su función y como esto nos lleva a obtener óptimos resultados de sustentabilidad y operación.

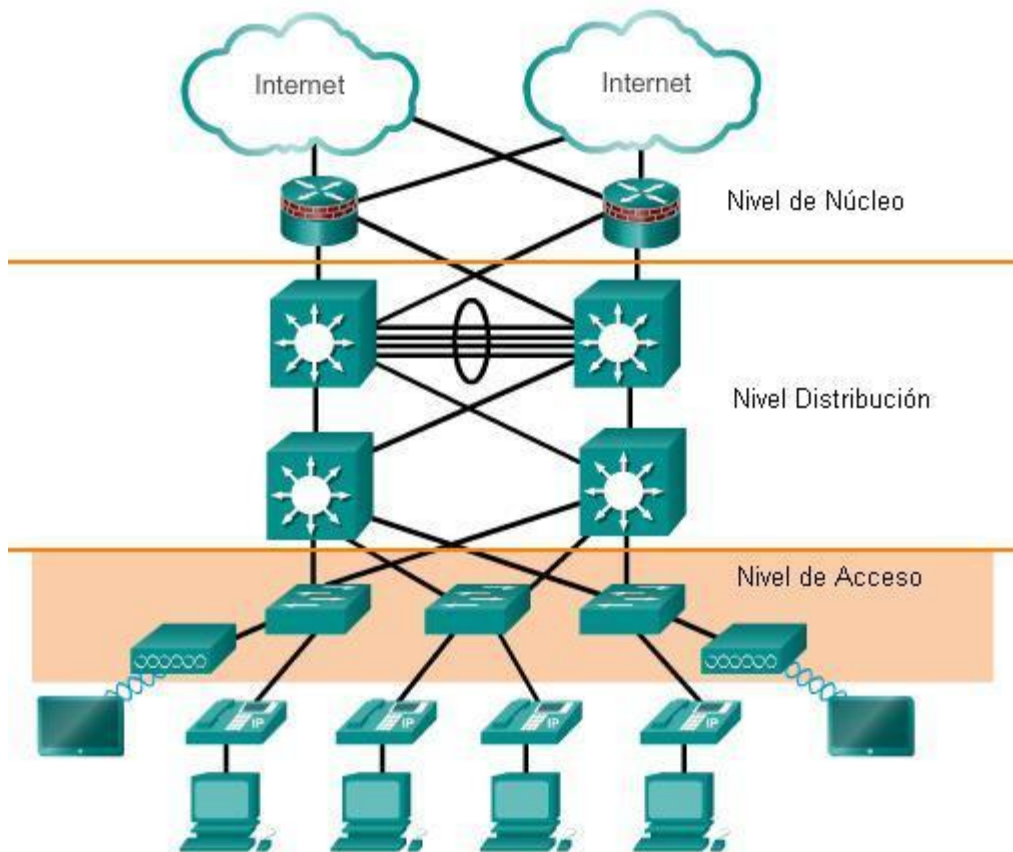


Figura 1 – Modelo de Red Jerárquica

Fuente: Propia

### 3.1.1. Nivel de Acceso

La primera capa o nivel denominada acceso, como su nombre lo indica, otorga a la red acceso para las terminales en un entorno LAN. En el entorno WAN, puede proporcionar acceso a la red empresarial para los trabajadores a distancia o a los sitios remotos, a través de conexiones WAN.

En esta capa, los equipos pertenecientes a la infraestructura de la red, tienen como función la conectividad con los equipos de los clientes hacia un servicio de la red.

### **3.1.2. Nivel de Distribución**

La capa de distribución, agrega los datos recibidos de los dispositivos digitales lógicos de interconexión de redes (switches) desde la capa de acceso, antes de que se transmitan a la capa núcleo para el enrutamiento hacia su destino final. La capa de distribución es el límite entre los dominios de capa 2 y la red enrutada de capa 3.

El dispositivo de capa de distribución, es el centro en los armarios de cableado. Para segmentar los grupos de trabajo y aislar los problemas de la red en un entorno, se utiliza un enrutador o encaminador de paquetes (router) o un switch multicapa.

La capa de distribución puede proporcionar lo siguiente:

- Agregación de enlaces LAN o WAN.
- Seguridad basada en políticas en forma de Access Control List (ACL) y filtrado.
- Servicios de routing entre redes LAN y Virtual Local Area Networks (VLAN), y entre dominios de routing. P. Ej., Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) a Open Shortest Path First (OSPF).
- Redundancia y balanceo de carga.
- Un límite para la agregación y la sumarización de rutas que se configura en las interfaces hacia la capa de núcleo.
- Control del dominio de difusión, ya que ni los routers ni los switches multicapa reenvían difusiones. El dispositivo funciona como punto de demarcación entre los dominios de difusión.



### **3.1.3. Nivel de Núcleo**

La capa de núcleo también se conoce como Backbone (BB) de red”. La capa de núcleo consta de dispositivos de red de alta velocidad. Estos están diseñados para conmutar paquetes lo más rápido posible e interconectar varios componentes de la red.

La capa de núcleo es fundamental para la interconectividad entre los dispositivos de capa de distribución, este debe tener una alta disponibilidad y debe ser redundante. El núcleo agrega el tráfico de todos los dispositivos de la capa de distribución, por lo tanto debe poder enviar grandes cantidades de datos rápidamente.

Algunas de las consideraciones en cuanto a la capa de núcleo incluyen lo siguiente:

- Proporcionar switching de alta velocidad (es decir, un transporte rápido).
- Confiabilidad y tolerancia a fallas.
- Escalabilidad mediante equipos más rápidos, no con más equipos.
- Evitar la manipulación de paquetes que implica una gran exigencia para la Central Processing Unit (CPU) a causa de la seguridad, la inspección, la clasificación de Quality of Service (QoS) u otros procesos.

## **3.2. Topología de la Red**

La estructura jerárquica que tiene la red “ISPr1”, está formada por diferentes Nodos (POP’s) en todo México, Estados Unidos y 9 países en Latinoamérica: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guatemala, Nicaragua y República Dominicana. En la Figura 2, se muestra la cobertura en distintos países.

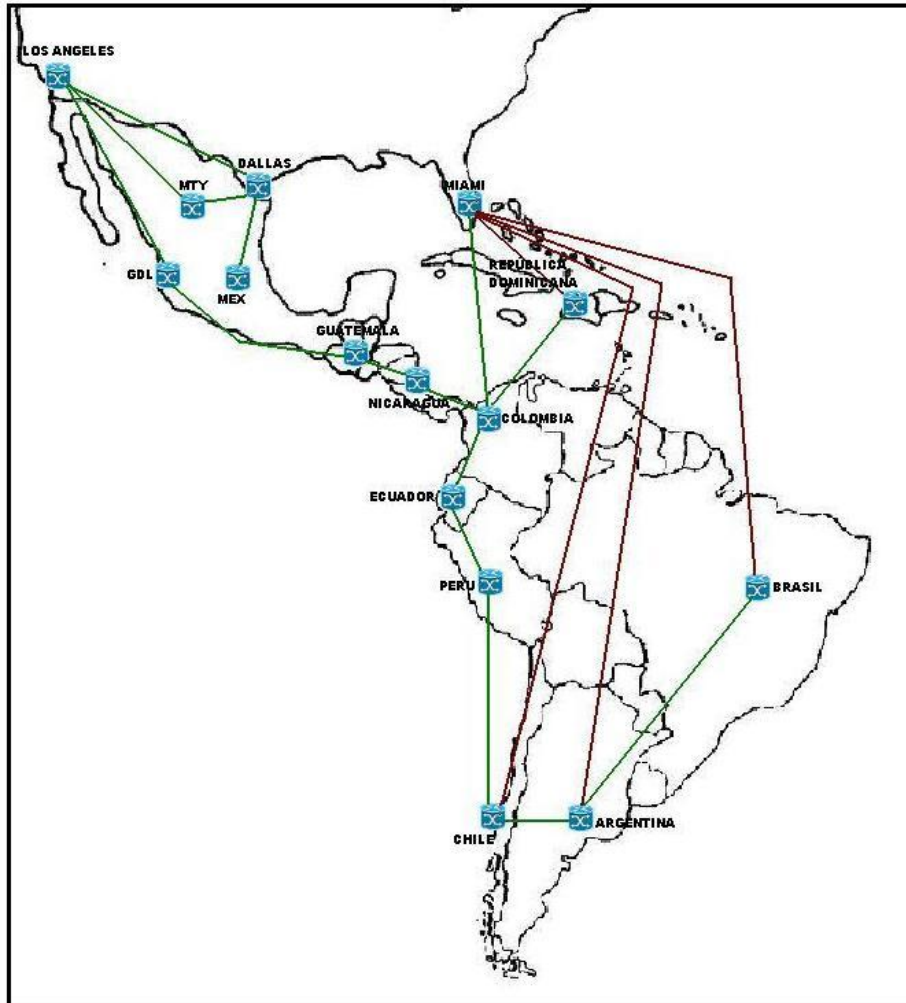


Figura 2 – Diseño de la red “ISPr1”

Fuente: Propia

La red ISPr1 está estructurada en una red jerárquica con nodos de enrutamiento de Backbone y Acceso al Servicio en donde existen 3 niveles de red IP: Backbone, Dorsal (Regional y Sectorial) y Acceso

### 3.2.1. Backbone

Los nodos llamados Backbone son aquellos que concentran los nodos de distribución (Dorsal), tienen enlaces hacia otros nodos de Backbone de la misma ciudad y hacia nodos de Backbone de otra ciudad, cuentan con un alto volumen de concentración de

nodos además de realizar funciones de tránsito. Los equipos destinados a las funciones de Backbone no reciben conexiones de clientes.

### 3.2.2. Backbone USA

Los nodos así denominados están hospedados en Centro de Procesamiento de Datos (Data Center) en Estados Unidos y concentran el intercambio de tráfico entre la red ISPr1 en México y los diferentes proveedores internacionales para el servicio de Internet, como se muestra en la Figura 3.

De igual forma estos enrutadores tienen conectividad con los equipos de América Latina, como se muestra en la Figura 2.

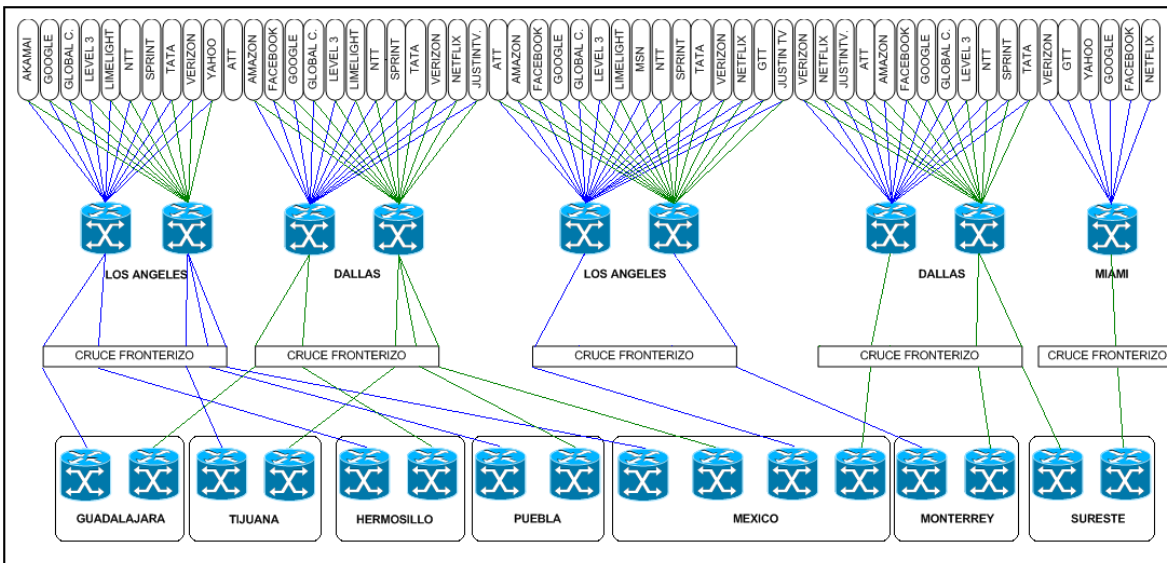


Figura 3 – Relación Backbone Nacional con Backbone USA

Fuente: Propia

### 3.2.3. Dorsal

#### 3.2.3.1. Regional

En este nivel se realizan funciones de concentración de otros pops y de tránsito hacia el Backbone. La conexión hacia el nivel de Backbone es con al menos dos enlaces diversos

independientemente del ancho de banda, también en este nivel se reciben clientes de tipo corporativo, estos POP's con servicios de internet corporativo y Virtual Private Network (VPN) deberán hacerse en los equipos que tienen enlaces hacia el Backbone, llamados equipos regionales. La redundancia en este tipo de nodos es a través de la red lógica, protección a nivel transmisión y equipos de acceso a la red.

Cualquier equipo de acceso al servicio podrá conectarse directamente a los equipos de tránsito si las necesidades operativas lo requieren.

#### **3.2.3.1. Sectorial**

Este tipo de nodos no realizan funciones de tránsito a otros POP'ss de la red. Se conectan directamente a otros equipos de tránsito Regionales o en el caso de ciudades con un solo POP a equipos de Backbone.

#### **3.2.4. Acceso**

##### **3.2.4.1. Acceso a Servicio Corporativo**

Son equipos de acceso al servicio de clientes corporativos en donde no hay nodo con equipo de tránsito, este equipo se conecta directamente a los equipos de tránsito de mayor jerarquía en la misma zona.

##### **3.2.4.2. Acceso de Alta Capacidad**

Se refiere a equipos de acceso al servicio de Internet masivo para grandes cantidades de clientes / ancho de banda, estos equipos se conectan directamente a los equipos BB con un enlace directo.

## **4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El proceso de adecuación de la red ISPr1 fue un gran reto para toda la organización ya que este trabajo implicaba afectar y migrar todos los niveles de la red en todo el territorio nacional, así como en Estados Unidos en el mismo año; algo que nunca se había realizado. Para lograr implementar este proyecto se tuvo que realizar un arduo trabajo ya que se tienen diversas políticas en la red que nos impiden realizar los trabajos en cualquier momento.

A continuación se enlistan las políticas en la red ISPr1.

- No se deben programar implementaciones trabajos en equipos dorsales y de acceso corporativos, 2 días antes de fin de mes y 1 día después de inicio de mes.
- No se deben programar intervenciones simultáneas de 2 o más nodos de BB nacional en donde uno sea respaldo del otro.
- Cualquier intervención con afectación en equipos de Latinoamérica y Data Centers debe de programarse con 2 semanas de anticipación.
- Todo cambio aplicable a los nodos de alta seguridad, deberán ser programado en ventana de mantenimiento.
- Cualquier modificación de enrutamiento o cambio de configuración global sobre equipos en operación deberá ser programada a partir de las 00:01 h.
- Bajo ninguna circunstancia se deberán solicitar pruebas de configuración en ambiente de producción.
- Toda solicitud de cambio deberá ser sustentada por algún documento de normatividad emitido por el área responsable. En caso de que dicha norma no haya sido liberada y requiera ser programada, esta deberá ser autorizada por el dueño del proceso

- Todos los servicios de Intercambio de Tráfico de Común Acuerdo (Peering), Almacenamiento de contenido (Caching) e interconexiones deberán ser notificados con al menos 24 horas de anticipación.

Adicional a las políticas antes mencionadas nos enfrentamos a una serie de restricciones debido a la estrategia e impacto del negocio, en todo momento se tuvieron que cuidar los siguientes criterios:

- **Niveles de Ocupación en la red** – Garantizar el buen desempeño del servicio hacia el cliente final, para lo cual se tienen definidos ciertos criterios como se muestra en la Tabla 1.

<b>RANGOS DEFINIDOS POR SEMÁFOROS</b>				
<b>Semáforo</b>	<b>Seguridad de la red ISPr1</b>			<b>Observaciones</b>
	<b>Acceso al cliente</b>	<b>Dorsal</b>	<b>Backbone</b>	
<b>Saturado</b>	≥ 90%	≥ 90%	≥ 90%	Con afectación al servicio, es decir bajo desempeño en el servicio del cliente final.
<b>Rojo</b>	≥ 80% < 90%	≥ 80% < 90%	≥ 80% < 90%	Con riesgo de afectación; máximo permitido para ejecutar crecimiento.
<b>Amarillo</b>	≥ 63% < 80%	≥ 70% < 80%	≥ 70% < 80%	Dispara acciones de crecimiento, no hay afectación al servicio
<b>Verde</b>	< 63%	> 70%	< 70%	Sin afectación y ninguna acción

Tabla 1 – Niveles de Ocupación en la red ISPr1

Fuente: Propia

- **Estrategia Comercial de Venta** – Tener mayor capacidad de ancho de banda en las zonas en donde mayor demanda del servicio se tiene; es decir, mayor venta a un mayor costo.

Al ser imposible realizar todas las acciones necesarias al mismo tiempo, se tuvieron que definir diferentes fases del proyecto que nos permitiera conseguir la implementación de forma gradual e impactando lo menos posible la operación de la red, así como afectando lo menos posible al cliente final. Dichas fases fueron la planeación, el diseño y la implementación y validación.

## 5. PLANEACIÓN

En esta parte del proyecto se buscó alinear a todas las áreas internas a la organización, así como a las entidades externas con las cuales se tiene relación, con la finalidad de establecer los roles y responsabilidades de cada uno de los involucrados teniendo como objetivo común el dar los incrementos de velocidad a 10, 20, 40 y 100 Megabits por segundo (Mbps) a los clientes finales. Del mismo modo se definieron las fechas compromiso así como prioridades

Está de más el hacer hincapié en que todos los esfuerzos y recursos que se asignaron en esta fase, apegándose a una planeación estratégica, estuvieron encaminados a maximizar tiempo, utilizando la misma cantidad de recursos y a minimizar futuros problemas en las fases posteriores.

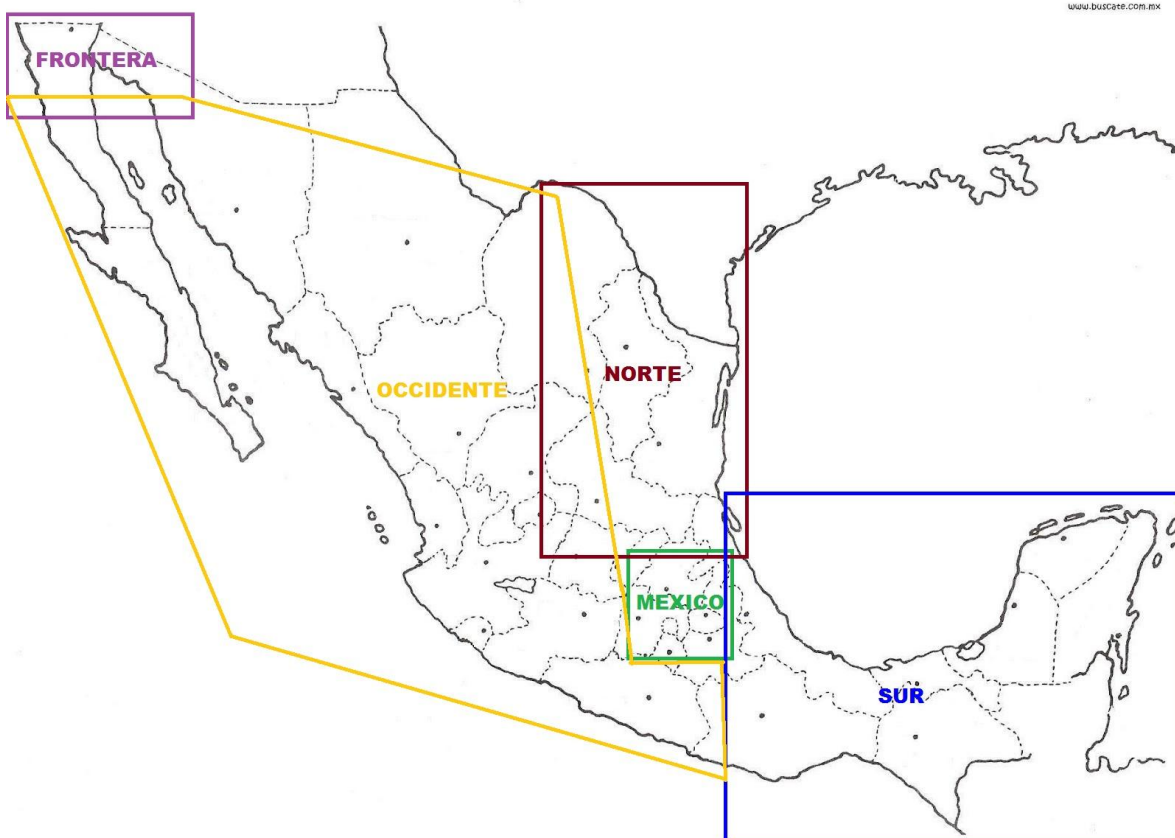


Figura 4 – Zonas en las que se divide la red ISPr1

Fuente: Propia



En la red ISPr1 se tienen 5 Divisionales; como se observa en la Figura 4, que atienden todo el territorio nacional, en la Tabla 2 se enlistan las poblaciones que cada una de ellas atiende.

DIVISIÓN	MÉXICO	NORTE	OCCIDENTE	SUR	FRONTERA
ÁREA DE COBERTURA	ACAPULCO	AGUASCALIENTES	CHIHUAHUA	CAMPECHE	MEXICALI
	BALBUENA	CELAYA	CIUDAD JUÁREZ	CANCÚN	TIJUANA
	CHILPANCINGO	CIUDAD VICTORIA	CIUDAD OBREGÓN	COATZACOALCOS	
	CUAUTITLAN	IRAPUATO	COLIMA	CÓRDOBA	
	CUERNAVACA	LEÓN	CULIACÁN	JALAPA	
	ERMITA	MATAMOROS	DURANGO	MÉRIDA	
	TLÁHUAC	MONTERREY	GUADALAJARA	OAXACA	
	LINDAVISTA	MONTERREY	HERMOSILLO	PACHUCA	
	LOMAS	NUEVO LAREDO	JALISCO	POZA RICA	
	MIXCOAC	QUERÉTARO	LA PAZ	PUEBLA	
	MORELOS	REYNOSA	LOS MOCHIS	TLAXCALA	
	TEXCOCO	SABINAS	MAZATLÁN	TUXTLA GUTIÉRREZ	
	ZARAGOZA	SALTILLO	MORELIA	VERACRUZ	
	TOLUCA	SAN LUIS POTOSI	NOGALES	VILLAHERMOSA	
	UNIVERSIDAD	TAMPICO	PUERTO VALLARTA		
	VALLE	TORREÓN	TEPIC		
	PACHUCA	ZACATECAS	ZAMORA		
	SAN JUAN				

Tabla 2 – Áreas que gestiona cada una de las divisionales

Fuente: Propia

## 5.1. Creación de grupo de trabajo

Como punto de partida para todo proyecto, fue necesario definir el grupo de trabajo conformado por ingenieros de todas las áreas involucradas en la organización, para conseguir el objetivo planteado. De inicio se llevaron a cabo reuniones para diseñar un plan de trabajo, es decir, se definieron todas las ciudades que se tendrían que involucrar, así como la actividad a realizarse en cada uno de estos sitios.

Durante las reuniones subsecuentes, como líder del proyecto informaba a todos del avance alcanzado hasta ese momento, así como causas de reprogramaciones realizadas. Otra parte muy importante de mi participación en este proyecto era el solicitar a todos participantes redefinir en conjunto las acciones a tomar, para evitar en lo subsecuente repetir errores. Las prioridades y fechas compromisos fueron establecidas por la Alta Dirección, siendo estas alineadas al negocio.

Las áreas participantes en el grupo de trabajo fueron:

- Dirección General
- Desarrollo de nuevas tecnologías
- Planeación
- Ingeniería Dorsal, Masivo y Corporativo
- Explotación
- Configuraciones
- Fallas

## **5.2. Definición de prioridades**

Una de las prioridades principales fue marcada por la dirección general, con base en las necesidades del negocio, la cual estaba enfocada en mejorar los segmentos existentes, así como mejorar los pronósticos de venta.

Una segunda prioridad fue siempre atacar los nodos “Saturados” de acuerdo al rango de ocupación que se especifica en la “Tabla 1 – Niveles de Ocupación en la red ISPr1”.

En tercer lugar se encuentran las necesidades de la red, es decir; para poder implementar un nodo (región geográfica), tenemos que modificar otro u otros, ya que en muchas ocasiones tienen dependencia entre sí, los cuales pueden ser de distinto nivel jerárquico; acceso, dorsal, BB o BB Internacional.

Como fase inicial, y para poder definir un plan de trabajo adecuado, se tomaron como ejes principales los siguientes:

- Incrementar el ancho de banda en todo la zona metropolitana y conurbada
- Eliminar Enlaces Saturados

Adicionalmente se estableció como objetivo el implementar todo esto en 1 año como máximo, algo nunca antes realizado, ya que no existía un precedente de tal magnitud, en el que se hubieran cambiado todos los niveles de la red al mismo tiempo y en tan corto plazo.

### **5.3. Impacto**

El impacto principal lo tuvieron los usuarios finales, ya que con el crecimiento de la red ISPr1 tendrán una mejor experiencia con su servicio de internet. Como primera fase, se definió un universo de 3.4 millones de clientes, a quienes se les incrementaría su perfil de ancho de banda a 10, 20 y 40 Mbps. Mientras realizábamos la implementación del proyecto, surgió un segundo grupo, al que denominaremos “Sin Esfuerzo”. Cabe destacar, que debido a la precisa y eficaz organización de los trabajos, se obtuvo el plus de poder migrar a un par de millones de clientes más de los calculados inicialmente, obteniendo, obviamente una mayor rentabilidad.

El grupo “Sin esfuerzo”, se benefició con los nuevos anchos de banda a un bajo costo, económicamente hablando, pero sobretodo, en cuanto a esfuerzo se refiere, es decir, solo requirieron un cambio de equipo en el domicilio del cliente, la última fibra, conectores, etc. Alcanzando así a un universo de 5.4 millones de clientes, quienes fueron llevados en esta primera fase a su nuevo ancho de banda,

En la parte de la red de datos “ISPr1” se tuvieron que considerar los riesgos, ya que el dar los beneficios antes descritos a los usuarios finales, se tuvo que realizar migraciones de alto riesgo minimizando el impacto en la red.

Lo anterior implicó redefinir procesos y procedimientos para poder implementar un mayor número de actividades en un menor tiempo.

### **5.4. Alcance**

Al ser yo, líder del proyecto más ambicioso en lo que a la parte de la red de acceso a Internet se refiere, el alcance mínimo necesario, fue el crecimiento de toda la red de datos

en todos sus niveles jerárquicos, como ya se ha venido comentando a lo largo de este trabajo, el cual implicaba migrar todos niveles de la red como a continuación se mencionan:

- 4 Nodos Backbone Internacionales
- 8 Bi-Nodos Backbone Nacionales
- 72 Nodos Dorsales

Con las migraciones antes mencionadas se tuvieron que instalar el hardware necesario para dar el crecimiento de lo siguiente:

- 2,412 Puertos 10 Gigabit Ethernet
- 14,893 Puertos 1 Gigabit Ethernet
- 348 Enlaces Internacionales con distintos Internet Service Provider (ISP)
- 732 Enlaces Nacionales

## **6. DISEÑO**

Partiendo de las necesidades de la red, que en este momento ya teníamos plenamente identificadas, y teniendo como escenario una situación altamente crítica, comenzamos el diseño del proyecto que nos llevaría a obtener la solución deseada. A continuación detallaremos cada paso, para así dejar claro, el cómo y el porqué tomamos este camino.

### **6.1. Reuniones de trabajo**

Como punto de partida, se convocó a una serie de reuniones de trabajo con todas y cada una de las áreas participantes involucradas para definir prioridades y líneas de trabajo, tomando como directriz, la que había definido la Alta Dirección.

La principal preocupación era, además de resolver la problemática a nivel global, seguir adelante con el servicio en todas y cada una de las regiones a las que prestamos servicio. Bajo esta premisa, se decidió que se comenzara a trabajar en la Zona Metropolitana, ya que esta representa el porcentaje relativo y absoluto más alto de clientes.

Durante el desarrollo de las reuniones de trabajo, se habló con los encargados de cada área y se les explicó la importancia de su disposición y participación en el proyecto. Se les asignaron actividades específicas, y se indicó que había que dar prioridad a los resultados, aun cuando estos estuvieran en desacuerdo con las normas, ya que la prioridad marcada por dirección a este proyecto debido a la necesidad del negocio por retener y captar nuevos clientes, así como solucionar la saturación que en ese momento se tenía en la red.

Otro aspecto de suma importancia que se hizo notar, fue la imperante necesidad de reorganizar los procesos y procedimientos de cada área, ya que se tenía que hacer y obtener más, en el mismo tiempo y con los mismos recursos, es decir, continuar dando un servicio eficaz y de calidad, y de forma paralela trabajar sobre las mejoras que se necesitaban de manera urgente.

- Dirección General - Se encarga de impulsar y asegurar las estrategias de la empresa para cumplir objetivos específicos y claros, mediante la planificación y control.

Específicamente en este proyecto, la dirección general fue quien marcó las prioridades del proyecto.

- Desarrollo de Nuevas Tecnologías - Responsable de liberar la documentación sobre el diseño, uso y configuración de servicios válidos en la red ISPr1.

En este proyecto, se implementó una nueva plataforma, así como escenarios atípicos en la red. Por lo cual el área de Desarrollo de Nuevas Tecnologías realizó la evaluación de dicha plataforma y liberó la documentación de diseño correspondiente para poder realizar las migraciones.

- Planeación - Área responsable de monitorear la ocupación de la red y en caso solicitar nuevos enlaces para soportar el crecimiento de tráfico en la red, de forma trimestral.

Debido a la creciente demanda de capacidad en la red, el área de Planeación tuvo como tarea el realizar la solicitud de enlaces adelantados al siguiente trimestre, para cubrir la demanda de tráfico que se presentó por el crecimiento de la red.

- Ingeniería - Administra los recursos de la red y emite proyectos para la instalación y /o migraciones de equipos.
  - Dorsal - Nivel Dorsal y Backbone de la red.
  - Acceso - Nivel de Acceso al servicio de internet masivo.
  - Corporativa - Nivel de Acceso para servicios de clientes corporativos (internet y VPN's)

La labor del área de ingeniería fue el emitir proyectos según demandara la migración planeada; ya fuese por prioridad y/o alta ocupación que en ese momento se tuviese en algún nodo.

- Explotación- Administra los recursos en las salas (fuerza, clima, voltaje, espacio, entre otros), y es el área responsable de los movimientos físicos en las centrales de la red.

Además de realizar sus tareas de asignación de insumos y trabajos físicos en las salas de la red ISPr1, el área de Explotación tuvo la tarea de realizar la asignación de hardware de forma atípica ya que dicho hardware ya se tiene asignado a un nodo desde que se emite su compra. Debido a la necesidad de la red, la asignación del hardware existente se iba realizando hacia el nodo que en ese momento se tuviera la necesidad.

- Configuraciones - Gestiona los servicios e infraestructura de la red y es el área responsable de aplicar las configuraciones vía remota en los equipos de la red.

Configuraciones tuvo como mayor reto el realizar un mayor número de intervenciones críticas, en menos tiempo y con el mismo número de recursos. Es decir, optimizó sus procesos para poder cumplir con la demanda de actividades que se tuvieron que realizar.

- Fallas - Gestiona y monitorea la operación de la red ISPr1 en tiempo real y es el responsable de la restauración del servicio.

Debido a la creciente demanda de tráfico en la red, el área de Fallas atendió un mayor número de incidentes sobre reportes de quejas en el servicio de los usuarios finales, por lo que el área de Fallas al ser el responsable de restablecer la buena operación de la red, implementó "Soluciones Temporales" las cuales formaron parte del "Tablero de Control" para el reporte de avance y seguimiento.

## **6.2. Tablero de Control. Seguimiento y revisión de prioridades**

Ya iniciado el proyecto, se sabía irían surgiendo nuevas problemáticas y necesidades que habría que solucionar en el camino. Por tal motivo se agendaron reuniones de seguimiento que se denominaron "Tablero de Control", en las cuales se plantearían dichas problemáticas y sus soluciones. A dichas reuniones asistían encargados de cada área, Gerentes y el Director General.

Mi labor en este proyecto, tuvo su mayor realce durante estas reuniones, ya que yo estaba encargada directamente de estar al pendiente de que todo funcionara como un perfecto engranaje. Verificar que el servicio corriente se diera sin alteraciones. Pero que

esto no mermara la eficiencia del proyecto paralelo de mejora. En caso de surgir algún problema identificarlo, analizarlo y trazar el plan idóneo para erradicarlo a la brevedad posible, y así llegar al Tablero de control con las soluciones y las fechas en que estas estarían listas. Evidentemente también era de suma importancia revisar que lo que se había acordado en la reunión inmediata anterior se hubieran cumplido en tiempo y forma.

### **6.3. Cálculo de clientes candidatos a incremento de ancho de banda**

Conforme se avanzaba en la implementación de las mejoras, es evidente que la saturación del servicio iba en decremento, por lo tanto se tomó la decisión de poner en marcha el uso de una herramienta que fuera capaz de medir la capacidad que se iba liberando y al mismo tiempo elegir a los clientes que fueran candidatos idóneos para incrementar su ancho de banda.

Esta decisión se tomó debido a que no era posible esperar a que estuviera listo el proyecto en su totalidad, ya que se estaría poniendo en riesgo la rentabilidad y estabilidad de la empresa. No podemos olvidar que en la actualidad los tiempos están regidos por la competencia, y nosotros no hemos sido la excepción. Los clientes están bombardeados por un sin número de prestadores de servicio, que en todo momento presentan ante ellos una mejor oferta. Encontramos en esta herramienta la solución a la posible migración de clientes, y porque no decirlo, captamos algunos nuevos.

### **6.4. Interoperabilidad enlaces Ethernet con transporte DWDM (LAN PHY)**

#### **6.4.1. LANPHY**

10-gigabit Ethernet (XGbE o 10GbE es uno de los más rápidos de los IEEE 802.3ae define una versión de Ethernet con una velocidad nominal de 10 Gbit/s; sin embargo, hay diferentes estándares para el Physical Level (PHY). WAN PHY (marcada con una "W")



encapsula las tramas Ethernet para la transmisión sobre un canal Synchronous Digital Hierarchy / Synchronous Optical Network (SDH/SONET) STS-192c.

Conectar enlaces SONET en un puerto Ethernet en los nuevos equipos, ya que con el aumento de equipos Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) en la red dorsal se inició la actividad normativa para definir un método común para la gestión de múltiples sistemas de longitud de onda, de ahí que se llegó a la conexión 10GE WAN-PHY con redes DWDM (LANPHY). En la Figura 5 se muestra una red LANPHY conectada con transporte DWDM.

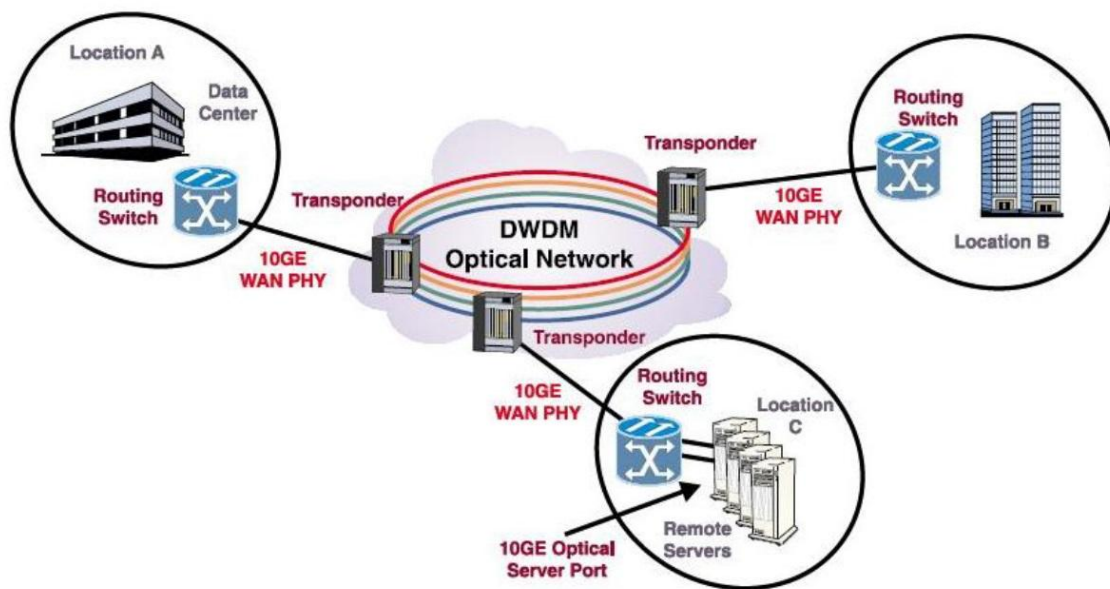


Figura 5 - LANPHY interconectado redes con transporte DWDM

Fuente: Propia

#### 6.4.2. Caso de falla LANPHY

Cuando los trabajos que se fueron definiendo, se identificó que se tenían dos medios de transmisión para los enlaces que nos entrega la empresa dueña del transporte a nivel físico (TMX): Ethernet y DWDM, los cuales en forma natural no conviven, por lo cual, hubo que implementar una estrategia para alcanzar dicha convivencia.

Previo a la implementación de cualquier migración se tenía que solicitar a TMX se aplicara la solución LANPHY, la cual permitía que los enlaces convivieran y sus capacidades se sumaran para la solución.

Aún y a pesar de haber conseguido la ayuda de TMX, se tuvieron casos en los que dicha solución no funcionó. Ante tal contingencia se tuvo que regresar escenario a condiciones iniciales (ROLL BACK) y programar nuevamente la actividad hasta que se consiguiera llegar a la suma de capacidades.

Pero nos tropezamos con casos más complicados todavía. Existieron casos en los que después de pedir la solución Lanphy y de aplicar el ya mencionado Roll Back, no se obtuvo una respuesta satisfactoria, así que se tuvo que esperar a que llegara el siguiente crecimiento de 100 Gigabits Ethernet (GE), como se muestra en la Figura 6, para poder migrar de forma completa el sitio y obtener así, la sumatoria deseada, tal situación se nos presentó en el nodo Las Fuentes, Jalisco.

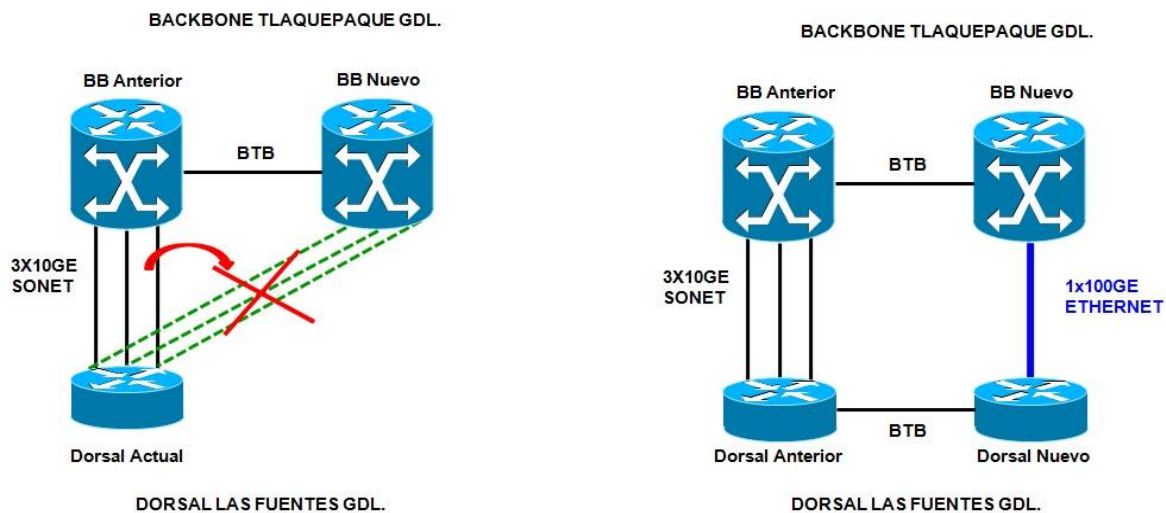


Figura 6 – Migración NO exitosa en Las Fuentes, Jalisco

Fuente: Propia

## **7. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN**

Después de todo el proceso de preparación antes descrito, llegamos al punto más importante del proyecto, poner en marcha todos y cada uno de los puntos para llegar de manera pronta y eficaz al resultado esperado

Se hizo un análisis de cuáles eran las regiones prioritarias, y cuáles las rutas a seguir para lograr la trayectoria marcada. Es de suma importancia remarcar, que de manera paralela se tenía que realizar un constante monitoreo que nos permitiera identificar los puntos con más saturación y resolverlos de inmediato, ya que, la constante competencia y rudeza del mercado no nos permitió, ni lo hace ahora, descuidar la calidad en nuestro servicio.

A continuación detallaremos cada paso que dimos para alcanzar nuestra meta.

### **7.1. Migración de nodos dorsales**

Para comenzar los trabajos, y ya definidas nuestras zonas prioritarias, comenzamos a identificar los equipos con los que iniciaríamos la migración de nodos dorsales.

Para poder alcanzar la meta deseada es indispensable iniciar por las bases, es decir, comenzar a migrar los equipos de la base en las pirámides, para después, en orden ascendente, llegar a los equipos más grandes.

Hablemos de una de las regiones específicas para poder ejemplificar lo que anteriormente describimos: Región Metro.

Esta región es identificada como la más importante, por diversas razones que ya hemos mencionado con anterioridad y fue el inicio de nuestro proyecto. Se acordó entonces que los trabajos comenzarían en los nodos dorsales denominados como, Cuautitlán, Acapulco, Toluca, y Pachuca, ver Figura 7. Estos nodos se encuentra ubicados como en la parte más baja de la pirámide, por tanto es absolutamente indispensable lograr establecer los cambios necesarios en ellos , para que, estos a su vez, nos permitan crear el caminito que nos llevaría a poder migrar el siguiente escalón: México I y Vallejo.

En el siguiente esquema podemos observar gráficamente y de manera sencilla este proceso.

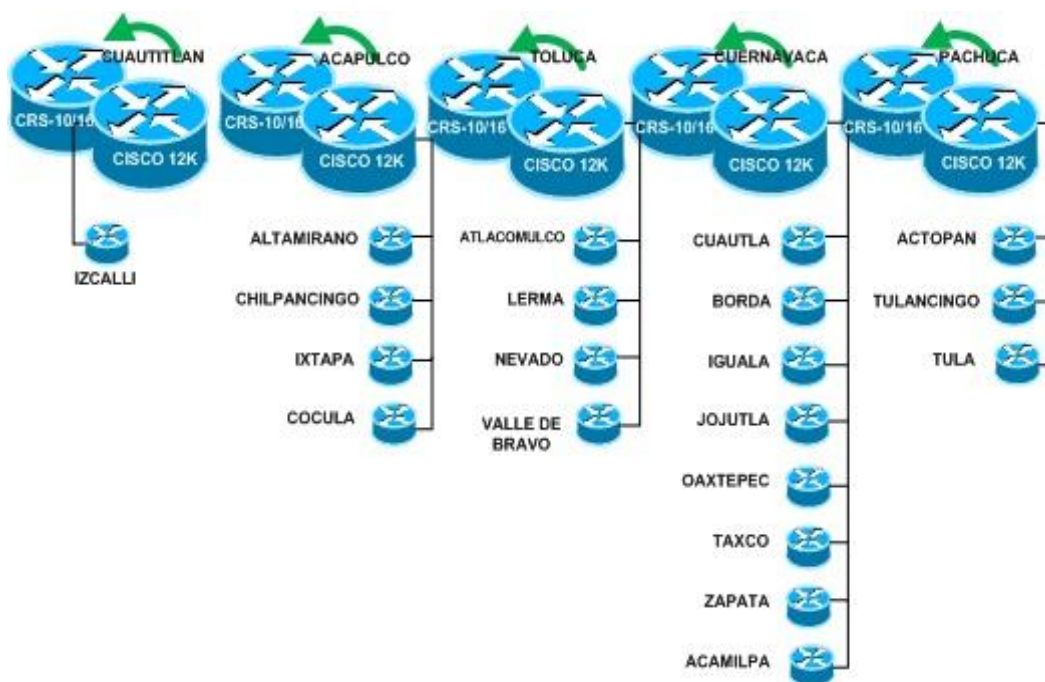


Figura 7 – Migración de equipos Dorsal

Fuente: Propia

## 7.2. Migración de equipos Backbone

En orden ascendente, hacen su aparición los equipos Backbone, estos equipos son, por varias razones, más importantes dentro de nuestro proceso. Un equipo Backbone, no solo es más grande en tamaño, sino también en su volumen de capacidad de conmutación de tráfico de clientes, es decir, la complejidad de trabajo iba en aumento.

Después de haber asegurado la correcta migración de los nodos dorsales, la de los Backbone se realizó con mayor facilidad y garantía que daba el hecho de haber preparado a los inmediatos anteriores.

Aunque sin poder dejar de lado el hecho de que conforme avanzamos en el camino, este se hace más sinuoso y complicado a cada paso. Entre más cerca estaba la meta, el grado de complejidad aumentó.

### **7.2.1. Backbone Nacional**

Estos equipos son aquellos que se encuentran físicamente dentro del territorio nacional, y que representan una gran capacidad de tráfico de clientes. Debido a la relevancia de estos equipos, se tomó como la mejor opción la que nos presentó uno de nuestros más importantes proveedores. Un equipo router con la más alta tecnología, que nos daría mayor rentabilidad, ya que nos garantizaba que uno solo de ellos operaría la misma cantidad de tráfico que cuatro de los anteriores, además de hacerlo en un tiempo mucho menor.

Con esta referencia se comenzó la migración del primer Backbone Nacional. Me parece que es de suma importancia resaltar que nuestra empresa fue la primera que puso en funcionamiento estos equipos de alta tecnología en una red real en todo el mundo, así que la expectativa al comenzar los trabajos era grande.

Con la migración del primer equipo finalizada, se detectaron pequeños problemas en el funcionamiento del nuevo router, situación que de manera inmediata se comentó con el proveedor, quien inmediatamente se ofreció a dar la solución a estos inconvenientes, sin embargo, esto se daría en un plazo no menor a un mes. Este nuevo panorama nos colocó bajo una nueva encrucijada, detener el proyecto y esperar la solución por parte del proveedor o continuar migrando el resto de los equipos mientras la respuesta se daba.

Una vez más, reuní el equipo de trabajo y analizamos cuál era el impacto real de estas fallas en la prestación de nuestros servicios, y considerar la opción más adecuada. Afortunadamente para el proceso, después de un análisis detallado, se concluyó que la afectación era mínima y que se podría continuar con el resto de la migración, mientras el proveedor nos proporcionan la solución, que además entraba en los tiempos determinados desde un principio para la conclusión del trabajo.

Afortunadamente los tiempos y trabajos se complementaron, y la migración se concluyó de forma adecuada, con la solución sobre la mesa y los equipos trabajando al 100%, como se observa en la Figura 8.

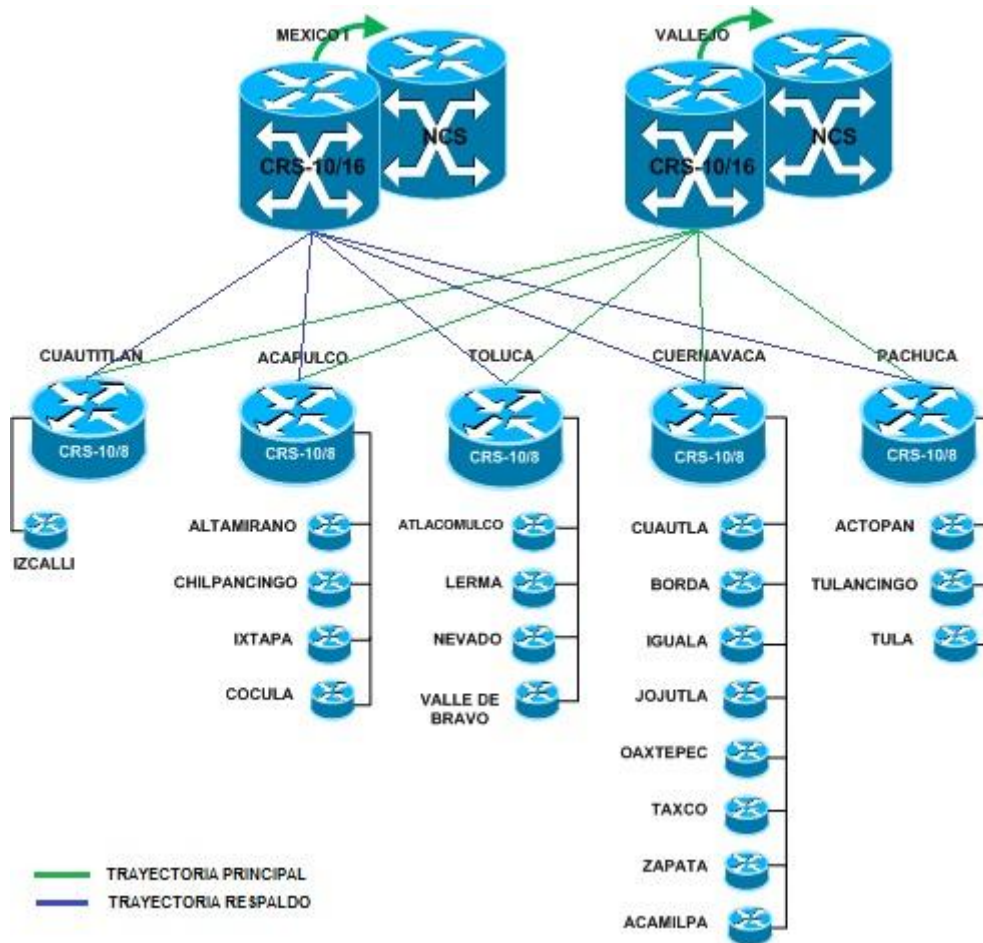


Figura 8 – Migración equipos Backbone Nacional

Fuente: Propia

### 7.2.2. Backbone USA

Nos encontrábamos ya en la parte final del proyecto. Teníamos ante nosotros el gran reto de coordinar la migración de nuestros equipos BB USA, y a su vez lograr empalmarlo con otros proveedores de servicio.

Pero vayamos por partes. Como su nombre lo indica, estos equipos están ubicados fuera del Territorio Nacional, específicamente en los Estados Unidos de Norteamérica, y son el último eslabón a migrar para completar nuestra titánica tarea. Pero precisamente es aquí donde encontramos uno de los retos más importantes a solucionar, lograr coordinar nuestros equipos con los tiempos y formas de otros proveedores.

El BB USA es el penúltimo eslabón de nuestra cadena, y es el que cumple la función más importante, ya que es quien une a todos y cada uno de nuestros clientes finales con su objetivo, que es ese gran universo que se denomina Internet. Pero el Internet como tal, no es un ente único, muy por el contrario, es un grupo muy amplio de proveedores de servicios, que al poner a disposición del mundo su información forman la gran red de Internet, y con quienes nosotros teníamos la consigna de negociar, para lograr que todos y cada uno de ellos nos brindaran nuevos enlaces que unieran a nuestros nuevos equipos ya migrados a la red de Internet, y así, brindar a nuestros clientes la rentabilidad deseada.

Afortunadamente este fue otra meta más alcanzada. Finalmente se habían logrado todos y cada uno de nuestros objetivos y teníamos ya, todo el camino andado. En la Figura 9 se observa la migración del BB USA.

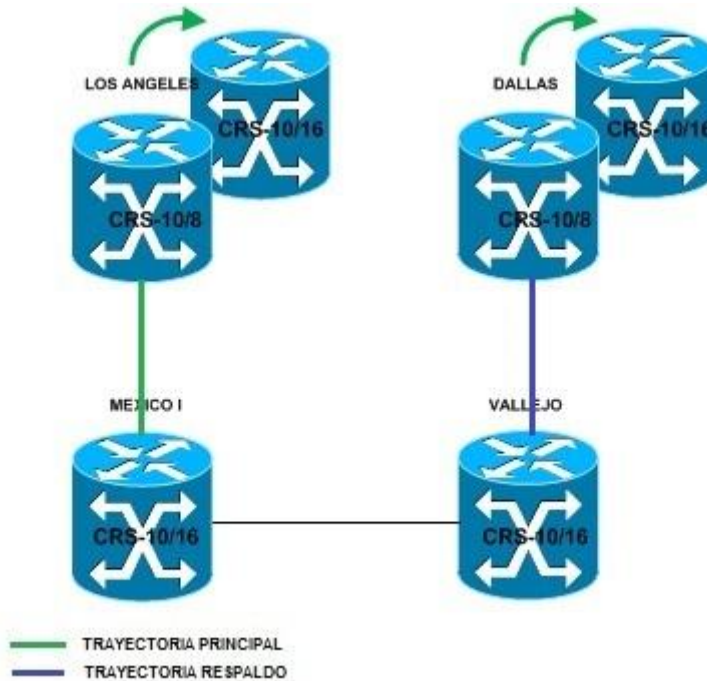


Figura 9 – Migración USA

Fuente: Propia

### 7.3. Conexión de equipos de acceso

Después de meses enteros de labores podíamos por fin comenzar la conexión de nuestros clientes a la nueva Red. Esto lo realizamos a través de lo que denominamos “equipos de acceso”. Los equipos de acceso, son equipos que se conectan directamente a los nodos dorsales y que contienen a los clientes, así que, al “conectarlos” a los nodos, en automático el ancho de banda de cada uno de ellos quedó disponible, como se muestra en la Figura 10.

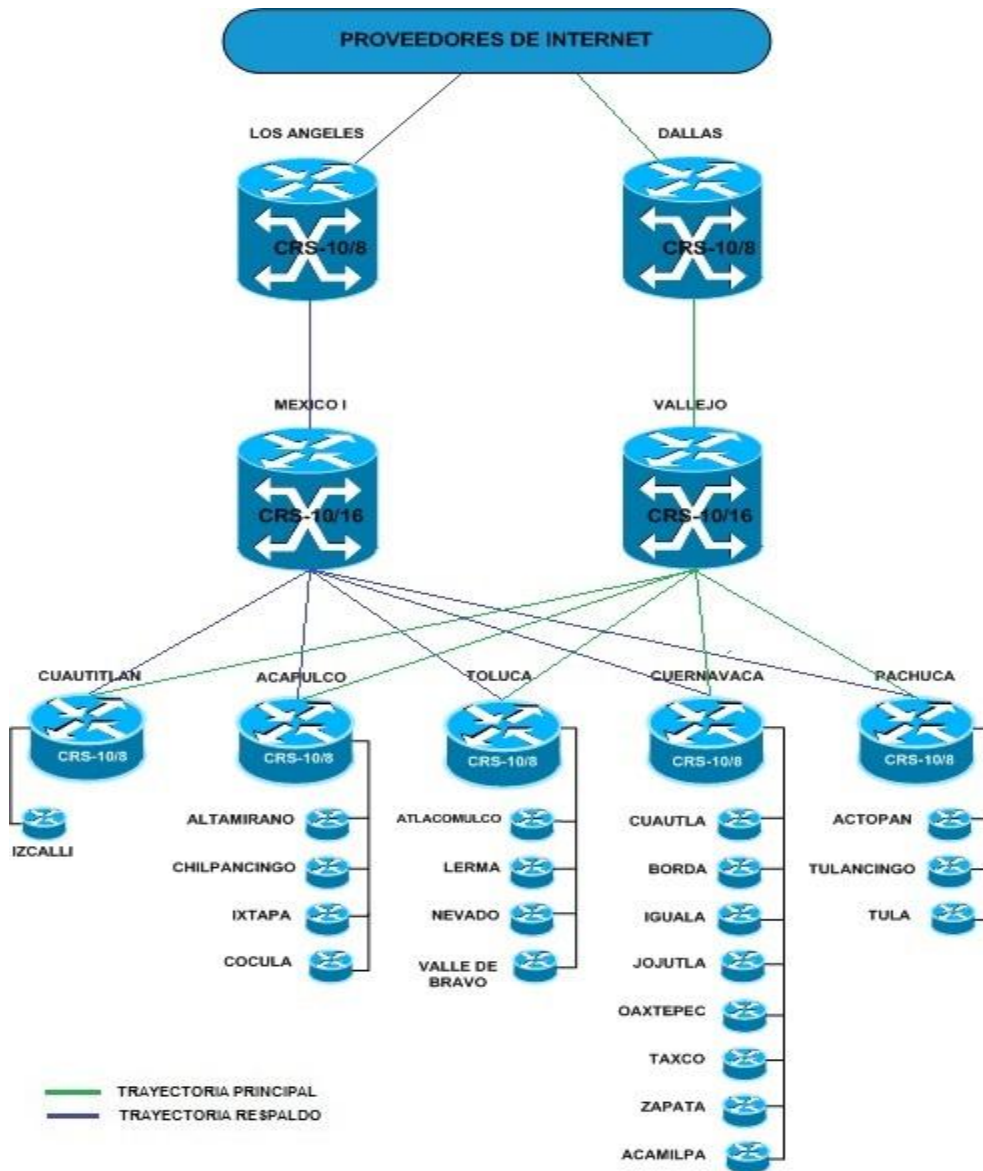


Figura 10 – Conexión de equipos de acceso

Fuente: Propia



A nuestros clientes se les brindó un mejor servicio que de inmediato vieron reflejado en su diario navegar por la red, razón por la cual, logramos retenerlos a pesar de la amplia gama de oferta en cuanto a proveedores de servicio de Internet que hay en la actualidad. Mientras que al mismo tiempo logramos atraer a nuevos clientes, que encontraron que nuestros mejorados servicios, cubrían sus necesidades.

Podemos finalmente decir, que se cumplieron los objetivos trazados en un inicio, respetando los tiempos y formas planteados, sorteando de manera satisfactoria todos los pequeños y grandes obstáculos que se fueron presentando. Todos obtuvieron ganancia en este proyecto, la empresa logró la rentabilidad que deseaba, los clientes vieron mejorado su servicio y nosotros, como equipo de trabajo, alcanzamos el reconocimiento laboral y la satisfacción del trabajo concluido y bien realizado.

## **8. CONCLUSIONES**

Con relación al objetivo planteado al inicio de este proyecto, se puede confirmar que este fue alcanzado de forma exitosa, tanto en tiempo como en forma, ya que se le incrementó el ancho de banda a 5.4 millones de clientes que se tienen en la red ISPr1, lo anterior gracias al buen diseño y planeación, se pudo definir una buena ruta acorde a las políticas que en ese momento se tenían vigentes, así como puntos de control, pudiendo migrar la red ISPr1 en todos sus niveles jerárquicos de una forma confiable y segura, siempre garantizando la calidad del servicio hacia el usuario final. Lo anterior gracias al gran equipo de trabajo que se logró conjuntar y que con sus aportaciones y un trabajo impecable se logró incrementar los perfiles de los 5.4 millones de clientes a lo largo y ancho de todo el territorio mexicano.

Otro aspecto de suma importancia que es imprescindible mencionar, son los riesgos tomados y la experiencia obtenida de estos. En este proyecto, nos quedó perfectamente claro que debemos ser más incluyentes con los proveedores, contratistas así como empresas externas que participen en nuestros proyectos. Evaluar posibles factores de riesgo en conjunto y de esta forma, poder minimizar la posibilidad de retrasos causados por su logística interna.

Cabe aclarar que aún quedan trabajos por realizar para que el usuario final disfrute un ancho de banda a 100Mbps ya que, la red ISPr1 solo abarca una parte de los datos (Red IP). En un corto plazo se espera concluir con los trabajos con el usuario final, es decir; cambio de módem, construcción de fibra, etc incluyendo el recurso humano imprescindible para su entrega directamente en los hogares de los clientes.

Obviamente es innegable que parte esencial de los éxitos laborales a lo largo de mi carrera profesional, fue la excelente formación académica y humanística que me fue impartida durante mis años de universitaria en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Las bases teóricas, los conocimientos técnicos y la parte social han sido decisivos en mis años laborales, porque ha sido a través de la puesta en práctica de estos conocimientos, como he adquirido otros, que la experiencia laboral me ha aportado.

No quisiera dejar de mencionar el hecho de que mi llegada a la empresa para la que ahora presto mis servicios, también fue impulsada por mi casa de estudios, ya que fue ahí

donde me contactaron para realizar mis prácticas profesionales. Ya son muchos años los que he permanecido ahí, siempre aprendiendo y aportando.

Cuento con 13 años de experiencia, en las áreas de Implementación de servicios e infraestructura, Control de Cambios, Intervenciones y Explotación de la red. He sido promocionado 4 veces, comenzando como becario, hasta ingeniero de explotación senior B, puesto que he ocupado el último año. A lo largo de mi trayectoria laboral he tenido a mi cargo proyectos importantes y trascendentes, pero sobretodo he dado excelentes resultados. Siempre entregando resultados positivos en mi diario desempeño, pero sobretodo, en los proyectos especiales que han sido puestos bajo mi cargo.

Evidentemente aún hay mucho camino por andar, el mundo de la tecnología y su avance vertiginoso es enorme. Cada día representa un nuevo reto para mí, cada día podemos y debemos aprender algo nuevo, siempre existe algo que mejorar, y alguien a quien beneficiar.

En la empresa hay muchos proyectos próximos a desarrollarse, que implican un reto de conocimiento, organización, trabajo en equipo y logística, que no me queda duda, lograremos llevar a buen puerto, al igual que aquí se presentó. Esto sin duda es un éxito para mí, a nivel profesional, pero sobretodo, representa una gran satisfacción poner el nombre de la Facultad de Ingeniería, UNAM muy en alto, ya que, al yo ser reconocida como un Ingeniero de alto nivel, de forma paralela se reconoce a mi alma mater como una institución formadora de profesionistas, interesados en la mejora continua, con buen desempeño y comprometidos con la sociedad, al tener entre sus filas a una egresada de gran éxito profesional y alto reconocimiento entre mis colegas de profesión.

## **9. GLOSARIO DE TÉRMINOS**

<b>LAN</b>	-	Local Architecture Network
<b>WAN</b>	-	Wide Area Network
<b>POP</b>	-	Post Office Protocol
<b>ACL</b>	-	Access Control List
<b>VLAN</b>	-	Virtual Local Area Networks
<b>EIGRP</b>	-	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol
<b>OSPF</b>	-	Open Shortest Path First
<b>BB</b>	-	Backbone
<b>CPU</b>	-	Central Processing Unit
<b>QoS</b>	-	Quality of Service
<b>SWITCH</b>	-	Dispositivo digital lógico de interconexión de redes
<b>ROUTER</b>	-	Enrutador o encaminador de paquetes
<b>POP</b>	-	Nodo que contiene equipos de red
<b>DATA CENTER</b>	-	Centro de Procesamiento de Datos
<b>VPN</b>	-	Virtual Private Network
<b>PEERING</b>	-	Intercambio de tráfico de común acuerdo
<b>CACHING</b>	-	Almacenamiento de contenido
<b>MBPS</b>	-	Megabits por segundo
<b>GE</b>	-	Gigabit Ethernet
<b>ISP</b>	-	Internet Service Provider
<b>SDH</b>	-	Synchronous Digital Hierarchy
<b>SONET</b>	-	Synchronous Optical Network
<b>DWDM</b>	-	Dense Wavelength Division Multiplexing
<b>PHY</b>	-	Physical Level
<b>ROLL BACK</b>	-	Regresar escenario a condiciones iniciales
<b>TMX</b>	-	Empresa dueña del transporte a nivel físico

## **10. REFERENCIAS**

### **LIBROS**

Cisco Systems. (2014). *DWDM Network Designs and Engineering Solutions*. Academic Edition.

Cisco Systems. (2015). *CISCO CNNA - Routing and Swiching. ICND1*. Academic Edition.

Guía de PMBOK. (2014). *Fundamentos para la dirección de proyectos*. PMBOK. Quinta Edición.

ISPr1. (2016). *Código de Ética. El valor de lo que se debe ser y hacer*. México, DF.

ISPr1. (2016). *Manual de Inducción*. México, DF.

*ITIL V3 - Preparación para la certificación ITIL Foundation V3*. (2011). Ediciones ENI.

### **PÁGINAS WEB**

*Multiple Projects, Roadmap*. (s.f.). Obtenido de <http://www.ppmroadmap.com>

*CISCO System. Inc.* (s.f.). Obtenido de <http://www.cisco.com>

*Comité de Normas y Estándares para redes*. (s.f.). Obtenido de <http://www.ieee802.org>

*Facultad de Ciencias Empresariales de Austral*. (s.f.). Obtenido de <http://www.fce.austral.edu.ar>

## **11. LISTA DE FIGURAS Y TABLAS**

<b>FIGURA 1 – MODELO DE RED JERÁRQUICA .....</b>	<b>7</b>
<b>FIGURA 2 – DISEÑO DE LA RED “ISPR1” .....</b>	<b>10</b>
<b>FIGURA 3 – RELACIÓN BACKBONE NACIONAL CON BACKBONE USA .....</b>	<b>11</b>
<b>FIGURA 4 – ZONAS EN LAS QUE SE DIVIDE LA RED ISPR1 .....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA 5 - LANPHY INTERCONECTADO REDES CON TRANSPORTE DWDM .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 6 – MIGRACIÓN NO EXITOSA EN LAS FUENTES, JALISCO .....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 7 – MIGRACIÓN DE EQUIPOS DORSAL.....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 8 – MIGRACIÓN EQUIPOS BACKBONE NACIONAL .....</b>	<b>30</b>
<b>FIGURA 9 – MIGRACIÓN USA.....</b>	<b>31</b>
<b>TABLA 1 – NIVELES DE OCUPACIÓN EN LA RED ISPR1 .....</b>	<b>14</b>
<b>TABLA 2 – ÁREAS QUE GESTIONA CADA UNA DE LAS DIVISIONALES.....</b>	<b>17</b>