

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Escuela de Ingeniería en Electrónica**



**Desarrollo de un protocolo prototipo para evaluación de equipo DWDM para  
la infraestructura de fibra óptica del ICE**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en  
Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

**Instituto Costarricense de Electricidad**

**ICE**

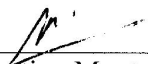
**James Salas Naranjo**

**Cartago, Junio del 2006**

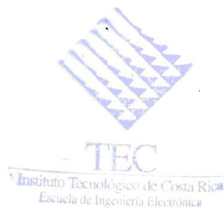
**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA**  
**PROYECTO DE GRADUACIÓN**  
**TRIBUNAL EVALUADOR**

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal

  
\_\_\_\_\_  
Ing. José Faustino Montes de Oca Murillo

Profesor lector



  
\_\_\_\_\_  
M.Sc.Ing. Julio Stradi Granados

Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

Cartago, 28 de junio 2006

Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica  
Protocolo prototipo de evaluación para equipos de tecnología DWDM

---

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, 20 junio 2006



James Salas Naranjo

Cédula: 6 0306 0828

## Resumen

El Proceso de Transmisión del ICE de San Pedro entre sus funciones tiene la evaluación de equipo para la infraestructura del sistema nacional de telecomunicaciones. Con el desarrollo del proyecto Frontera a Frontera, el ICE tiene optimizar la el ancho de banda de la red de fibra óptica mediante proyectos que cambiarán la infraestructura del red implementado la tecnología DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*).

El problema que existe es el procedimiento de evaluación de los equipos, es un procedimiento muy desordenado el cual sólo sigue estándares de los fabricantes y en ocasiones, no se siguen estándares del todo debido a factores humanos y a la falta de organización.

Las consecuencias de no tener un procedimiento o protocolo de evaluación para equipo de DWDM adecuado se reflejan en retrasos en proyectos, factores económicos, factores sociales y factores tecnológicos. El proyecto Frontera a Frontera tiene repercusiones en muchos proyectos actuales y futuros como lo son el proyecto de Internet Avanzada, así como será parte de redes internacionales como la red Malla, entre otros.

Por estas razones es importante que se desarrolle una investigación sobre estándares y parámetros para tecnología DWDM y se desarrolle un protocolo de pruebas que quede como un tangible en la empresa para poder modernizar los procedimientos y operaciones que se realizan en la institución.

## **Abstract**

The department of Transmission in the ICE of San Pedro, between its diverse functions, has the task of evaluating the equipment for the infrastructure of the national system of telecommunications. With the development of the *Frontera a Frontera* project, the ICE must optimize the bandwidth of the optical fiber network by means that the project will change to the infrastructure by implementing the network technology DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).

The problem that exists is the procedure of evaluation of the equipment, is a procedure very disordered which only follows standards of the manufacturers and sometimes, standards due to human factors and to the lack of organization is not followed absolutely. The consequences of not having a procedure or protocol of evaluation for suitable equipment of DWDM are reflected in delays in projects, economic factors, social factors and technological factors. The project has repercussions in many present and future projects; as an example, the project of Advanced Internet, also it will be part of international networks like the network Malla, among others.

For these reasons it is important that an investigation is developed on standards and parameters for DWDM technology and an operation and test certificated is developed and is a tangible one to be able to modernize the procedures that is made in the institution.

## ÍNDICE GENERAL

Resumen .....	IV
Abstract.....	V
Capítulo 1: Problema existente e importancia de su solución.....	1
1.1 Marco del proyecto Frontera a Frontera.....	1
1.2 Descripción del problema.....	4
1.3 Importancia de su solución.....	5
Capítulo 2: Solución proyectada.....	6
2.1 Requerimientos.....	6
2.2 Antecedentes prácticos.....	6
2.3 Solución proyectada.....	7
Capítulo 3: Meta y Objetivos.....	10
3.1 Meta.....	10
3.2 Objetivo general.....	10
3.2 Objetivos específicos.....	10
Capítulo 4: Marco teórico.....	11
4.1 Investigación sobre los sistemas DWDM y sistemas de fibra óptica.....	11
4.1.1 Transmisión por fibra óptica.....	11
4.1.2 Multiplexación por división de longitud de onda.....	15
4.1.4 Polarización óptica.....	25
Capítulo 5: Procedimiento metodológico.....	27
5.1 Reconocimiento y definición del problema.....	27
5.2 Obtención y análisis de información.....	27
5.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de la solución.....	29
5.4 Implementación de la solución.....	29
5.4.1 Etapa 1.....	30
5.4.2 Etapa 2.....	31
5.4.3 Etapa 3.....	31
5.4.4 Etapa 4.....	31
5.4.5 Etapa 5.....	32
5.5 Reevaluación y rediseño.....	32
6.1 Análisis de la solución y selección final.....	33
6.2 Descripción del protocolo de pruebas para sistemas DWDM.....	34
6.2.1 Definición de los parámetros y criterios de elección.....	38
6.3 Descripción de la aplicación de intranet.....	55
6.3.1 Modelo MCV (Java 3capas).....	55
6.3.2 Implementación de la base de datos.....	59
Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones.....	62
7.1 Conclusiones.....	62
7.2 Recomendaciones.....	63
Bibliografía.....	65
Apéndices.....	67
A.1 Glosario, abreviaturas y simbología.....	67
A.2 Manual del usuario.....	70
A.3 Información sobre la empresa.....	75

A.3.1	Descripción de la empresa.....	75
A.3.2	Descripción del departamento en la que se realizará el proyecto.....	76
Anexo B.1	Estándar para la creación de Bases de datos y Desarrollo de aplicaciones informáticas.....	77
Anexo B.2	Recomendación UIT-T G.692.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Figura del plano de cobertura del proyecto Frontera a Frontera.....	2
Figura 1.2	Anillos DWDM proyecto Frontera a Frontera.....	3
Figura 1.3	Anillo DWDM Metro <sup>2</sup> .....	3
Figura 2.1	Diagrama de bloques de la solución proyectada.....	9
Figura 4.1	Geometría de una fibra óptica.....	11
Figura 4.2	Tipos fundamentales de fibra óptica: a) Monomodo de índice escalonado, b) multimodo de índice escalonado, y c) multimodo de índice gradual.....	12
Figura 4.3	Refracción y reflexión de un haz de luz en la frontera núcleo-revestimiento..	14
Figura 4.4	Diagrama conceptual de TDM.....	16
Figura 4.5	Diagrama conceptual de TDM.....	17
Figura 4.6	Esquemático de un sistema de DWDM de 4 canales.....	17
Figura 4.7	Esquemático de un sistema de DWDM de 4 canales.....	19
Figura 4.8	Concepto de Bragg grating.....	20
Figura 4.9	Funcionamiento de un filtro dicróico <sup>5</sup> .....	20
Figura 4.10	Diagrama de bloques de un amplificador EDFA.....	21
Figura 4.11	Simulated Brillouin Scattering.....	22
Figura 4.12	Diagrama de bloques de un amplificador EDFA.....	23
Figura 5.1	Diagrama de bloques de la implementación de la solución.....	30
Figura 6.1	Diagrama de parámetros que necesitan ser medidos.....	35
Figura 6.2	Simulación de 2 modelos de láser: <i>CW</i> y <i>Rate equation</i> .....	39
Figura 6.3	Plantilla del diagrama en ojo.....	41
Figura 6.4	Secuencias para generación de patrón ojo.....	42
Figura 6.5	Esquema del sistema de medición.....	43
Figura 6.5	Espectro de longitudes de onda ubicados con espaciado de 100 GHz.....	48
Figura 6.5	Esquema básico de la aplicación.....	56
Figura 6.6	Esquema de aplicación en 3 capas.....	56
Figura 6.7	Esquema del modelo de 3 capas aplicado a la utilidad.....	57
Figura 6.8	Esquema Entidad-Relación para pruebas de equipo.....	60
Figura 6.9	Diagrama entidad-relación para pruebas de equipo DWDM.....	61
Figura A.2.1	Pantalla de inicio de la aplicación.....	70
Figura A.2.2	Página principal de la aplicación.....	71
Figura A.2.3	Historial de pruebas.....	72
Figura A.2.4	Página donde se muestran los acceso a la pruebas.....	73
Figura A.2.5	Página donde se registra la prueba realizada.....	74

## INDICE DE TABLAS

Tabla 6.2	Valores nominales de atenuación y distorsión en el receptor óptico de referencia .....	44
Tabla 6.3	Valores de frecuencias centrales para separación de canales <sup>14</sup> .....	44
Tabla 6.5	Gama de valores de atenuación sin amplificadores ópticos de línea.....	50
Tabla 6.6	Gama de valores de atenuación con amplificadores de línea <sup>15</sup> .....	50
Tabla 6.7	Dispersión máxima sobre la fibra G.652 .....	51



## **Capítulo 1: Problema existente e importancia de su solución**

### **1.1 Marco del proyecto Frontera a Frontera**

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) desarrolla varios proyectos en el sector de telecomunicaciones. Estos proyectos se pueden subdividir en 4 programas:

- Programa de red fija
- Programa de red IP
- Programa de red móvil
- Programa de comunicaciones globales

El programa de comunicaciones globales consiste en satisfacer las demandas de ancho de banda de grandes empresas trasnacionales, que requieran transferencia de datos tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

Dentro del programa de comunicaciones globales se encuentra el proyecto Frontera a Frontera, su objetivo de disponer de una red de transporte de datos sobre fibra óptica con tecnología Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) y Synchronous Digital Hierarchy (SDH). Su importancia radica será la vía de transporte de todo el sistema nacional de telecomunicaciones (datos, voz, etc.) y servirá de plataforma para la futura red Regional Centroamericana. Cubre por completo el territorio nacional de frontera a frontera (Peñas Blancas-Paso Canoas) y de costa a costa (Limón-Quepos) con 5 anillos: Anillo Norte, Anillo Central Norte, Anillo Metropolitano, Anillo Central Sur y Anillo Sur. Por esta red cursará tráfico nacional, internacional, tráfico empresarial, tráfico móvil y se mantendrán reservas para conexiones futuras.



**Figura 1.1** Figura del plano de cobertura del proyecto Frontera a Frontera

El proyecto Frontera a Frontera, en síntesis, consiste en tomar la red de fibra óptica existente y optimizar su ancho de banda mediante la implementación de tecnología WDM<sup>1</sup> (multiplexación por división de longitud de onda).

En la figura 1.2, se puede observar la configuración de la red DWDM para el proyecto Frontera a Frontera. Existen 4 anillos principales:

- Anillo DWDM Norte
- Anillo DWDM Metro
- Anillo DWDM Central Sur
- Anillo DWDM Sur

En la figura 1.2, el anillo DWDM Metro se encuentra incompleto, en la figura 1.3 se observa el anillo DWDM Metro ya con todos sus multiplexores ópticos repartidos por zonas y sus amplificadores de señal.

---

<sup>1</sup> WDM=acrónimo en inglés para *Wavelength Division Multiplexing* (Multiplexación por división de longitud de onda).

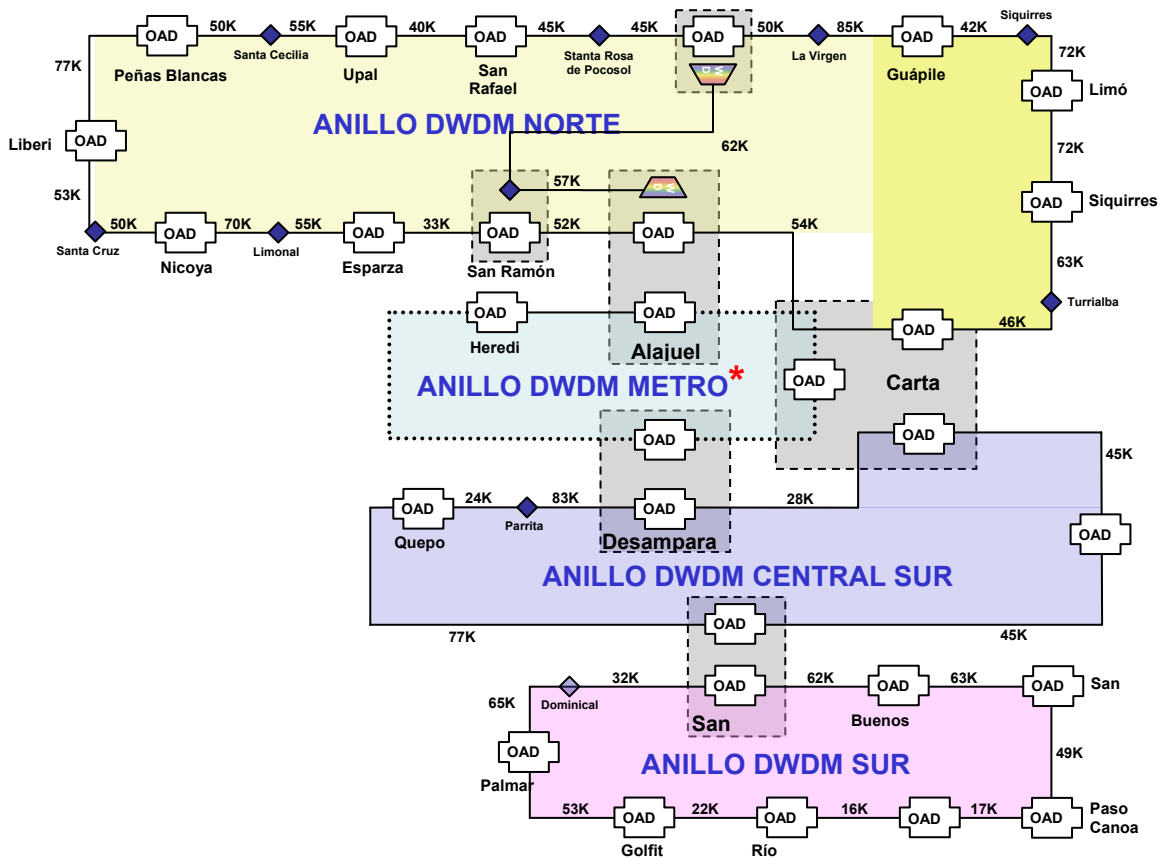


Figura 1.2 Anillos DWDM proyecto Frontera a Frontera<sup>2</sup>

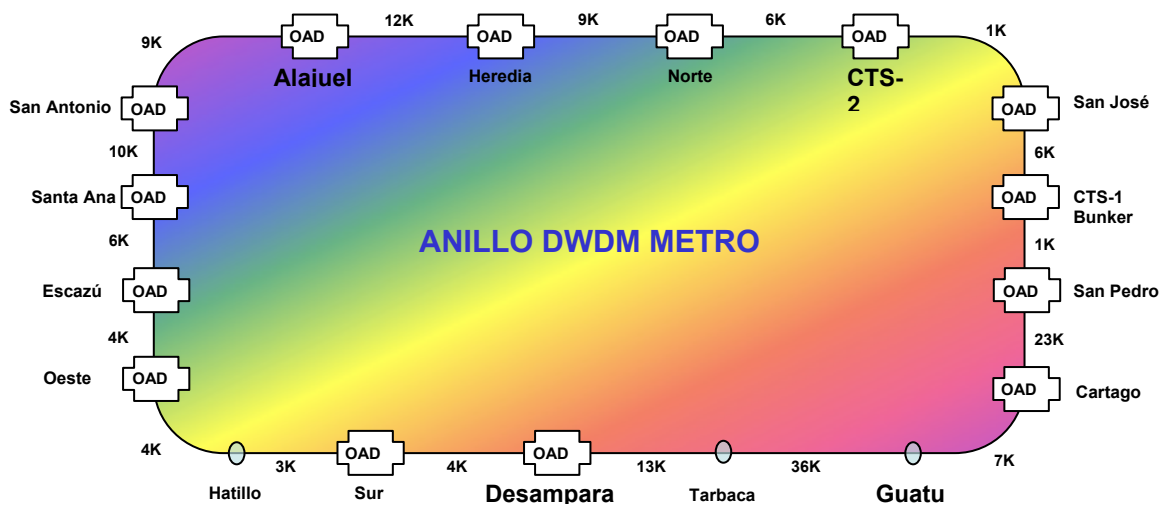


Figura 1.3 Anillo DWDM Metro<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Figuras tomadas del documento Reconf Jun-05 F-F (ANEXO1).ppt, documentación del proyecto del ICE

## 1.2 Descripción del problema

El problema radica en el momento de evaluar los equipos para las instalaciones de los sistemas de comunicación, en el caso particular, en los sistemas de DWDM del proyecto Frontera a Frontera.

Actualmente el ICE trabaja en áreas operativas que ejecutan sus labores de acuerdo a los servicios específicos para atender el mercado, estas áreas se llaman unidades estratégicas de negocios (UEN). Una de estas unidades es la unidad de gestión de red y mantenimiento, la cual esta encargada de mantener en óptimas condiciones de funcionamiento la sistema nacional de telecomunicaciones. Cuando se entrega un equipo al área de proceso de transmisión (parte de la unidad de gestión y mantenimiento que tiene entre sus funciones evaluar los equipos), se llevan a cabo pruebas donde el encargado de realizarlas toma notas, apunta mediciones y genera conclusiones sobre un equipo o elemento de infraestructura de red. Después de realizar las pruebas, la persona que evaluó el equipo archiva un documento con las observaciones respectivas de la evaluación.

En el momento, que otra persona en el proceso de transmisión necesita conocer las evaluaciones que se realizaron al equipo para una instalación u otra tarea, no tiene conocimiento de cuales estándares cumple o si los cumple, esto debido a que las evaluaciones se encuentran archivadas y únicamente la persona realizó las pruebas y archivó el documento sabe donde esta. Además de eso, existen muchos otros factores como que no siempre la persona que realiza las pruebas siguen los estándares, o no realizan las pruebas como debe ser debido a que a veces los encargados de las pruebas no conocen los estándares o no les recuerdan precisamente. Otro problema es la ilegibilidad de algunos documentos debido a diversas causas de factor humano.

Todos estos elementos le cuestan al ICE pérdidas de índole económico, pérdidas de tiempo en el desarrollo de proyectos que se tienen consecuencias de

índole económico, social y tecnológico; lo que le hace más difícil a la institución cumplir sus objetivos primordiales.

### **1.3 Importancia de su solución**

Es importante solventar la situación para ir provocando un cambio en la cultura dentro del ICE sobre la ejecución de procedimientos que por sus características son considerados desordenados y producen consecuencias negativas en el funcionamiento de las diferentes unidades del ICE.

En este problema particular de la pruebas de equipos de DWDM, es importante solucionarlo debido a que es un proyecto que se encuentra a varios meses de ser ejecutado y el diseño de un sistema piloto de protocolo de pruebas para la implementación es importante para evaluar el impacto del mismo sobre el desarrollo del proyecto.

## **Capítulo 2: Solución proyectada**

### **2.1 Requerimientos**

El sector de telecomunicaciones del instituto costarricense de electricidad se encuentra en la necesidad de un protocolo de estándares y pruebas para el correcto análisis de la operabilidad de la red de fibra óptica con DWDM.

Este protocolo debe de constar de estándares y pruebas que permitan evaluar las características necesarias para que los equipos de la red para cumplan con estos estándares y que puedan ser implementados en la red de fibra óptica existente.

Además, este proyecto implicaría se cumpla otra necesidad de la empresa que es el cambio a una mejor cultura administrativa de los proyectos y de sus funciones.

### **2.2 Antecedentes prácticos**

Los estándares a seguir actualmente en el proyecto son aquellos impuestos por los fabricantes de los equipos de DWDM. Al seguir estos estándares, implica que el ICE se encuentra forzado a realizar cambios en la infraestructura en caso de los equipos no cumplan con los requerimientos que debieron de haber sido planteados antes de realizar la compra de los equipos. Además, la operabilidad de la red así como su tasa de errores se puede ver afectada por estos estándares impuestos por el fabricante.

Las evaluaciones de los equipos se realizan por un técnico encargado o ingeniero los cuales utilizan los estándares de los fabricantes y cualquier otro estándar que puedan recordar. Debido a eso, no siempre se aplican con certeza las pruebas además de que los parámetros a calificar y los estándares no están claramente establecidos.

### 2.3 Solución proyectada

El ICE tiene proyectado como solución el diseño de un protocolo de pruebas basados en una investigación de los efectos que causan atenuación y pérdidas en las comunicaciones por fibra óptica que utilizan DWDM. Además, se requiere que el protocolo no sólo quede como documento sino como un tangible, ya sea una aplicación *web* o un programa.

Para el desarrollo de un protocolo de pruebas y estándares se requiere una investigación sobre todo lo referente a transmisión de datos por fibra óptica. Esta investigación tiene como propósito no sólo el estudio del funcionamiento de las redes de fibra óptica, sino los estándares que la rigen así como los modelos matemáticos que contemplan sus principales parámetros así como atenuación por distancias, por diodos emisores, por conexiones de enchufe, entre otros.

Una vez que se encuentren establecidos todos los estándares y parámetros que deben tener las transmisiones por fibra óptica tradicionales. Se realiza una investigación de tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), y además se debe estudiar los tipos de WDM como *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) o *Coarse Wavelength Division Multiplexing* (CWDM). Esta investigación debe responder a la pregunta de cómo influye el uso de varias longitudes de onda en una fibra óptica en la atenuación, dispersión cromática, y efectos no lineales. También debe establecerse relaciones matemáticas que muestren cómo influyen otros factores como potencia de energía óptica aplicada, longitud del cable de fibra óptica; de ese modo se pueden obtener valores de los cuales deben ser las características de los transmisores para poder llevar a cabo el enlace.

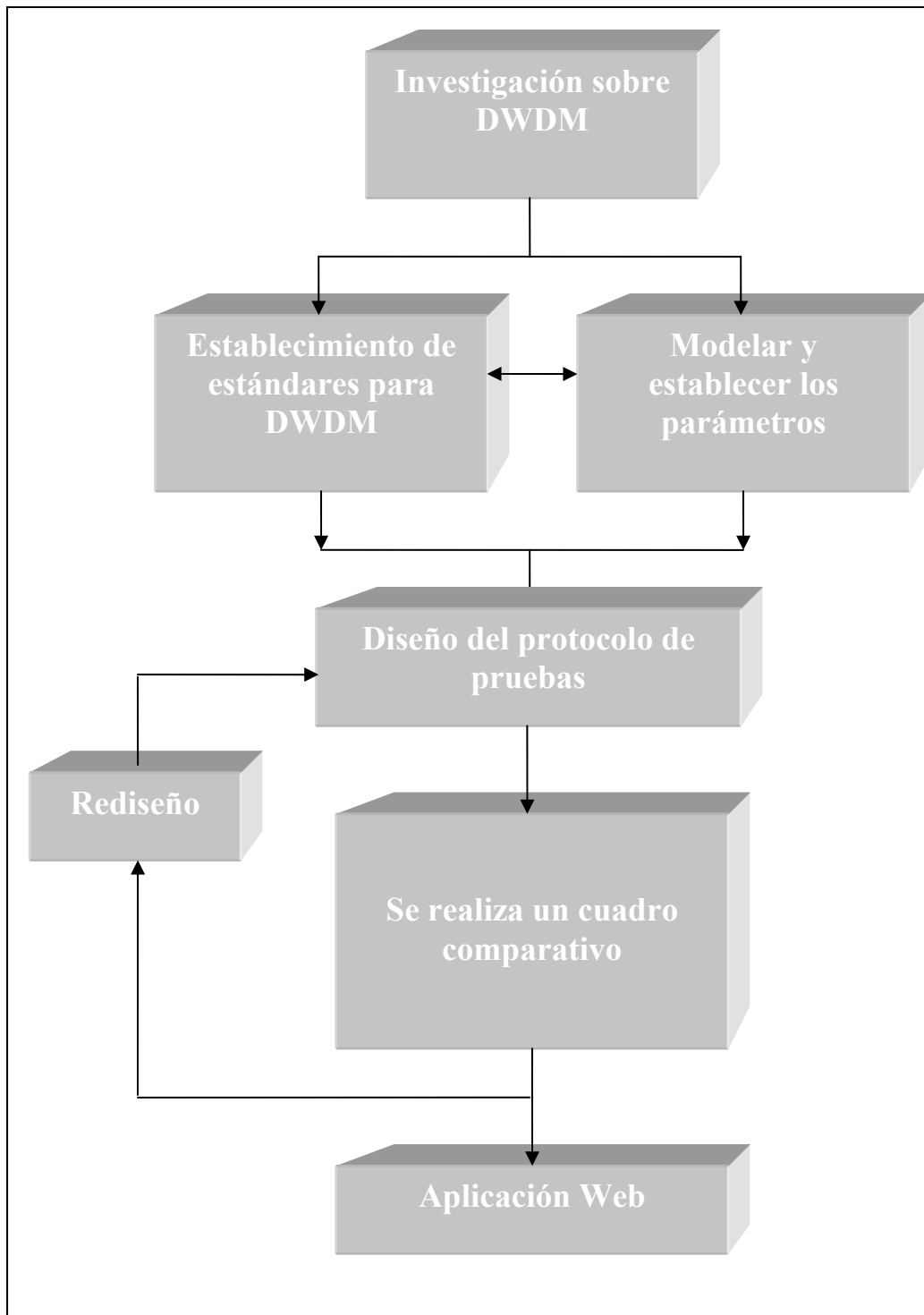
Los resultados de esta investigación deben ser plasmados en estándares y normas para la adquisición de equipos, así, como en el diseño del protocolo de pruebas para asegurar una transmisión de información según los resultados obtenidos teóricamente.

Una vez implementado el protocolo o algoritmo de pruebas, se procede a realizar mediciones para estimar los grados de error que se presentan debido a aproximaciones matemáticas, falta de precisión de datos, entre otros. Una vez analizados los datos obtenidos de mediciones experimentales, se realiza un cuadro comparativo con el cual se analizan los datos experimentales y los datos obtenidos del protocolo de pruebas y se realizan las correcciones necesarias al algoritmo.

Por último, una vez que se tenga un protocolo de pruebas funcional, se implementa en una aplicación de red, con la cual el técnico o ingeniero encargado de la instalación o compra de equipo tenga la oportunidad de acceder a la aplicación y mediante datos de mediciones y parámetros críticos, se pueda evaluar la utilización del equipo o la instalación del sistema.

Esta aplicación debe de ser dinámica y de debe encargarse de comparar los resultados obtenidos con los con respecto a las características que debe de poseer el equipo y compararlas con las que actualmente tiene para que la persona encargada pueda determinar el plan de acción a tomar.





**Figura 2.1** Diagrama de bloques de la solución proyectada

### **Capítulo 3: Meta y Objetivos**

#### **3.1 Meta**

Implementar un sistema de protocolo de pruebas de puesta en operación para los sistemas de comunicaciones DWDM del ICE existentes y en futuros proyectos, que asegure el cumplimiento de estándares y normativas tanto internos como externos para su óptima operación y desempeño.

#### **3.2 Objetivo general**

Diseño e implementación de un sistema prototipo para evaluación de equipos para la optimización de la infraestructura de fibra óptica con tecnología DWDM.

#### **3.2 Objetivos específicos**

1. Evaluar los estándares existentes sobre transmisiones por fibra óptica aplicables a este tipo de tecnología.
2. Analizar y evaluar los estándares existentes sobre redes DWDM que sean requeridos para el desarrollo del proyecto.
3. Obtener y aplicar los modelos matemáticos de los parámetros críticos para las pruebas.
4. Establecer el protocolo y procedimiento asociado a seguir para evaluar los equipos.
5. Desarrollar una aplicación *web (intranet)* para el uso del protocolo de pruebas.
6. Implementar una base de datos que almacene las condiciones históricas en que fueron aceptados los equipos y redes de esta tecnología

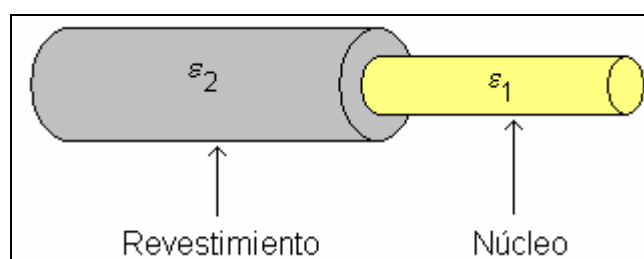
## Capítulo 4: Marco teórico

### 4.1 Investigación sobre los sistemas DWDM y sistemas de fibra óptica

#### 4.1.1 Transmisión por fibra óptica

La transmisión de información por medio de fibra óptica implica el uso de la fibra para guiar las ondas de luz de un punto a otro con la menor atenuación posible; de ahí que se le conozca como guías dieléctricas de onda de fibra óptica.

Una fibra óptica consiste en una barra dieléctrica cilíndrica muy delgada y de gran longitud conocida como núcleo o *core*, esta barra está rodeada por una capa concéntrica de otro material dieléctrico conocida como revestimiento o *cladding*. Debido al poco grosor del conjunto y por su aspecto de filamento se le conoce como “fibra”.



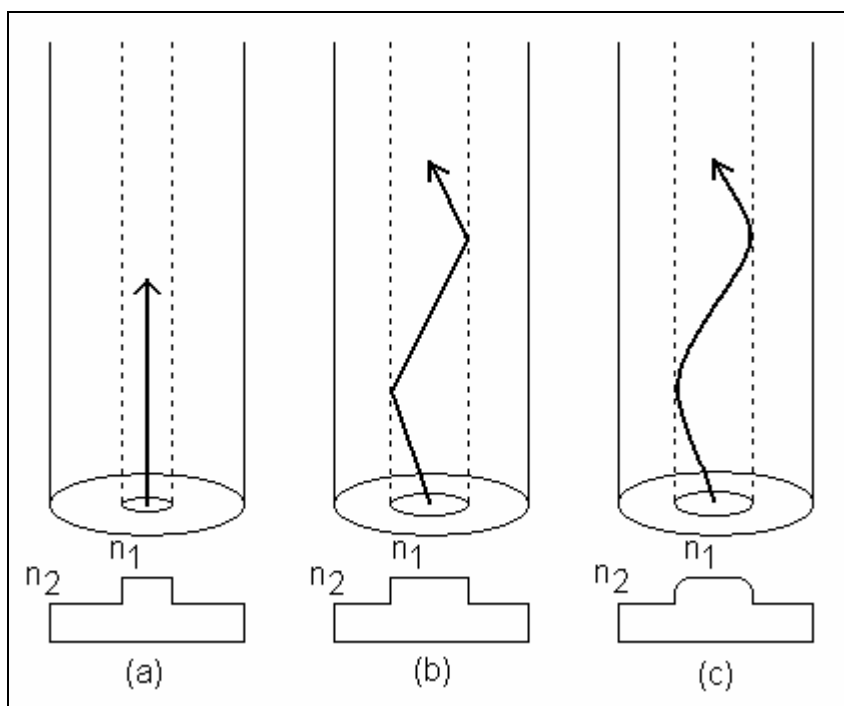
**Figura 4.1** Geometría de una fibra óptica

El material utilizado para la fabricación de las fibras ópticas es un vidrio flexible sumamente puro y translúcido, que se obtiene de un proceso de refinamiento muy sofisticado, donde la materia prima es el dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), abundante en arena de mar. El dióxido de silicio es dopado en forma radial con otros materiales tales como el germanio o pentóxido de fósforo, para aumentar el índice de refracción para el material que corresponde para el núcleo de la fibra. En caso de que se quisiera reducir este índice, se realiza un dopaje con boro, el cual se realiza para el material que se utiliza como revestimiento. La permitividad relativa del revestimiento ( $\epsilon_2$ ) es ligeramente menor (menos de un 1%) a la

permitividad relativa del núcleo ( $\epsilon_1$ ). Esta pequeña diferencia, permite que las ondas electromagnéticas se propaguen a lo largo de la fibra por medio de reflexiones internas sucesivas en la línea núcleo-revestimiento, por lo que en otras palabras, la haces de luz rebotan en la guías huecas, de una frontera a la otra, hasta llegar al final de la línea.

Existen fundamentalmente tres tipos de fibras ópticas:

- Monomodo de índice escalonado
- Multimodo de índice escalonado
- Multimodo de índice gradual



**Figura 4.2** Tipos fundamentales de fibra óptica: a) Monomodo de índice escalonado, b) multimodo de índice escalonado, y c) multimodo de índice gradual

El índice de refracción en el núcleo  $n_1$  es mayor que en el revestimiento  $n_2$  en todos los casos ( $n_1 > n_2$ ). La fibra monomodo de índice escalonado tiene un núcleo muy angosto con un índice de refracción uniforme por todo el núcleo. En el

caso de la fibra óptica multimodo con índice escalonado tiene un índice de refracción uniforme por todo el núcleo como en el caso anterior con la diferencia que el núcleo es mucho más ancho. Para el último caso, la fibra multimodo de índice gradual, aunque también tiene un núcleo ancho tiene un índice de refracción que va variando gradualmente hasta alcanzar su máximo en el centro del núcleo.

Para facilitar el análisis de la transmisión por fibras ópticas, en especial para las fibras multimodo, se utiliza la teoría óptica radial o geométrica. Las longitudes de onda que se emplean en la transmisión de luz en fibras ópticas están en los rangos de 0.8 a 1.6 micras<sup>3</sup>, mientras el radio del núcleo de la fibra puede medir de 10 micras hasta 200 micras aproximadamente. En comparación con las longitudes de onda, la estructura del núcleo es bastante grande siendo vista por una onda de luz.

Cuando un haz de luz viaja por un medio con un índice de refracción  $n_1$ , su velocidad  $v_1$  es inferior a la que tendría en el vacío ( $C$ )<sup>4</sup>. Ambas velocidades están relacionadas por la ecuación:

$$n_1 = \sqrt{\epsilon_{r1}} = \frac{c}{v_1} \quad (4.1)$$

Como se puede observar en la ecuación 4.1, existe una relación entre el índice de refracción el la velocidad de un haz de luz por la fibra óptica, que puede ser interpretado como cuantas veces es mayor la velocidad de la luz en el vacío que en el material. En el caso de que un haz de luz que viaja por un medio con un índice de refracción  $n_1$  se encuentre de repente con un medio diferente como el revestimiento de la fibra que tiene un índice de refracción  $n_2$ , se producen 2 fenómenos que son la reflexión y la refracción. En otras palabras parte del rayo de luz es reflejada y por ende, continúa en el medio de origen  $n_1$  en cambio, el resto

---

<sup>3</sup> 1 micra =  $10^{-6}$  metros

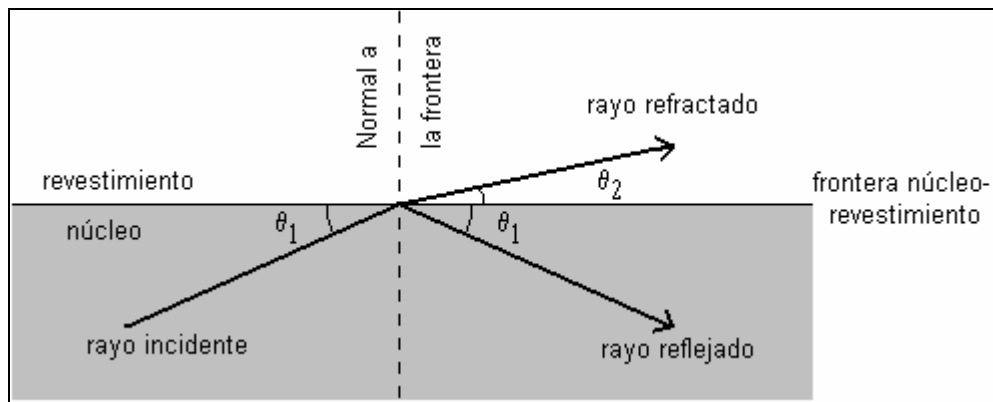
<sup>4</sup> C representa la velocidad de la luz en el vacío. C=

del haz de luz es refractado al entrar en contacto en el revestimiento  $n_2$  y viaja por el mismo. Por lo tanto, se puede inferir que se tienen 2 velocidades de propagación,  $v_1$  que es la velocidad de parte del haz de la luz por el núcleo y  $v_2$  que es la velocidad de la otra parte del haz de luz que es refractado por el revestimiento. Por lo que tenemos las siguientes ecuaciones:

$$V_1 = \frac{c}{n_1} \quad (4.2)$$

$$V_2 = \frac{c}{n_2} \quad (4.3)$$

Considerando que  $n_1 > n_2$ , entonces puede determinar por medio de las ecuaciones 4.2 y 4.3 que  $v_1 < v_2$ . El rayo reflejado es aquel que se mantiene en el medio, forma un ángulo  $\theta_1$  con la frontera entre el núcleo y el revestimiento, este ángulo es igual al del rayo incidente con la misma frontera, como se muestra en la figura 4.3. Este tipo de reflexión se conoce como reflexión interna debido a que el rayo incidente se refleja en un material menos denso para regresar a un material más denso.



**Figura 4.3** Refracción y reflexión de un haz de luz en la frontera núcleo-revestimiento

En el caso del rayo refractado, el ángulo  $\theta_2$  que forma con la frontera se deduce a partir de la ley de Snell:

$$n_2 \cdot \cos \theta_1 = n_1 \cdot \cos \theta_2 \quad (4.4)$$

De la ecuación 4.4 entonces se encuentra para expresión para el ángulo  $\theta_2$ :

$$\theta_2 = \arccos \left( \frac{n_1}{n_2} \cdot \cos \theta_1 \right) \quad (4.5)$$

Debido a que  $n_1/n_2 > 1$ , conforme  $\theta_1$  disminuye, el ángulo  $\theta_2$  se aproxima a cero grados. Cuando esta última condición es alcanzada, ya no hay refracción y se dice que el rayo tiene reflexión interna total; por lo que  $\theta_1$  que elimina la posibilidad de refracción se le conoce con el nombre de ángulo crítico de incidencia y se le denomina como  $\theta_c$ . En otras palabras, para todo ángulo de incidencia  $\theta_1$  menor que el ángulo crítico  $\theta_c$  se alcanza la reflexión interna total. Tomando en cuenta que  $\theta_1$  es igual que  $\theta_c$  se sabe que  $\theta_2$  es igual a cero, sustituyendo estas variables en la ecuación 4.5 se obtiene:

$$\theta_c = \arccos \left( \frac{n_1}{n_2} \right) \quad (4.6)$$

Al tener un ángulo  $\theta_1$  en el rayo de incidencia, esto quiere decir que el rayo es reflejado contra la frontera de la fibra y este rayo reflejada, se reflejará nuevamente contra la frontera opuesta de la fibra y así sucesivamente hasta llegar al otro lado de la fibra.

#### 4.1.2 Multiplexación por división de longitud de onda

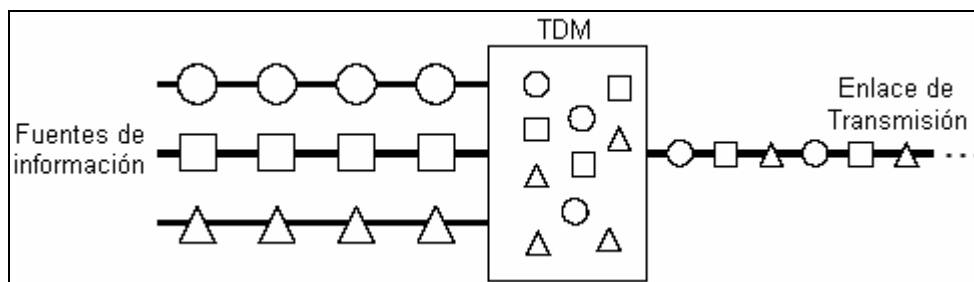
Esta en la naturaleza de los sistemas de comunicaciones modernos encontrarse en una evolución constante. Las redes metropolitanas hoy en día se encuentran en una necesidad de gran ancho de banda debido a los cambios en los esquemas de redes y sistemas de comunicaciones.

Debido a que la tendencia en las comunicaciones es establecer redes de datos y hacer que viaje la voz por las redes de datos (voz ip). Las demandas de ancho de banda no solo crecen sino que se espera un crecimiento exponencial en la demanda de ancho de banda.

Las redes metropolitanas tradicionalmente son redes de fibra óptica que utilizan protocolos de red SONET/SDH y por lo general se diseñan en topologías punto a punto o en anillos mediante el uso de ADMs (*Add/Drop Multiplexers*).

Existen varias soluciones para responder a estas necesidades de ancho de banda como lo son: incrementar la velocidad de transmisión de bits o incrementar el uso de longitudes de onda.

Para incrementar la velocidad de transmisión de bits se necesita implementar TDM (*Time Division Multiplexing*) o multiplexación por división de tiempo. TDM incrementa la capacidad de transmisión de un enlace administrando los bits de transmisión de las diferentes fuentes de transmisión en intervalos de tiempo para utilizar un solo medio físico.



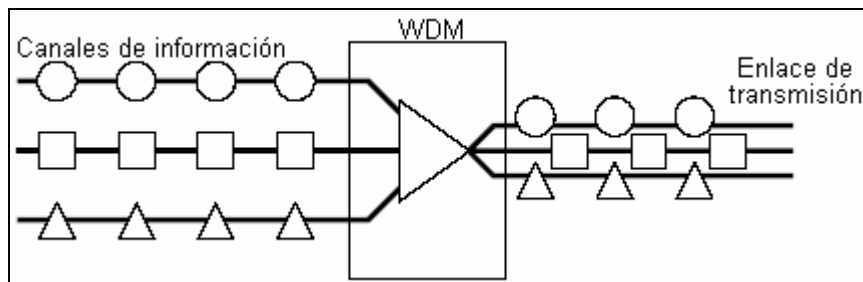
**Figura 4.4** Diagrama conceptual de TDM

El problema con la utilización de TDM es que es ineficiente debido a que cuando uno de los canales no está transmitiendo, siempre se reserva el intervalo de tiempo por el cual el canal no va a transmitir.

Incrementando el número de longitudes de onda se puede lograr integrando más líneas de fibra óptica sin embargo, esto resulta bastante costoso y provoca que los equipos se saturen con mayor facilidad. Sin embargo, al utilizar WDM o multiplexación por división de longitud de onda el cual le asigna a cada canal de información una frecuencia de luz (longitud de onda o  $\lambda$ ) y se multiplexan las



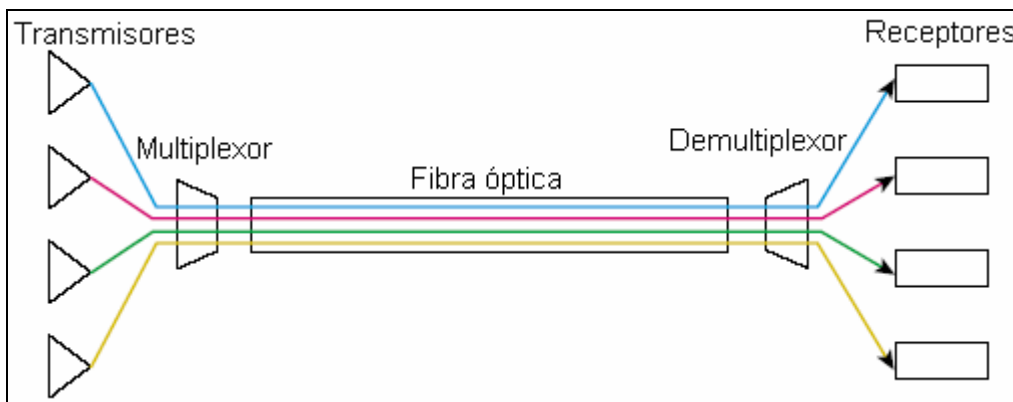
señales en una sola que contiene la información de todos los canales, es análogo a la transmisión de las señales de radio.



**Figura 4.5** Diagrama conceptual de TDM

DWDM es una tecnología muy importante y de base fundamental para redes ópticas hoy en día. Los componentes principales para el uso de tecnología DWDM se clasifican dependiendo de su ubicación en el sistema:

- Transmisores: láseres precisos con longitudes de onda estables
- Enlace: fibra óptica de gran rendimiento para el espectro de longitudes de onda y pocas pérdidas.
- Receptor: fotodetectores y demultiplexores ópticos
- Multiplexores ópticos y componentes ópticos en general.



**Figura 4.6** Esquemático de un sistema de DWDM de 4 canales

Como se puede observar en la figura 4.4, el sistema de DWDM realiza las siguientes funciones principales:

- Generador de señales: un láser de estado sólido es la fuente que provee un haz de luz estable en un específico y angosto ancho de banda, que es el encargado de portar la información digital modulada en una señal análoga.
- Combinando las señales: los multiplexores ópticos son los encargados de combinar las señales en los sistemas DWDM modernos. Los multiplexores también presentan pérdidas que son inherentes, las pérdidas son directamente proporcionales a la cantidad de canales utilizados, sin embargo, pueden ser mitigadas con el uso de amplificadores ópticos.
- Transmisión de señales: en la transmisión de señales por fibra óptica se deben de tomar en cuenta efectos como *crosstalk* (diafonía), degradación de la señal óptica y pérdidas, estos efectos pueden ser minimizados controlando ciertas variables como espaciamiento de canales, tolerancia en longitudes de onda y la potencia de los láseres.
- Separando las señales recibidas: así como la multiplexación, tiene los mismos efectos que tomar en cuenta, además, técnicamente la separación de señales es un procedimiento bastante complejo.
- Recepción de señales: el uso de fotodetectores se utiliza para convertir el haz de luz en una señal eléctrica codificada.

Componentes importantes para sistemas DWDM:

- Transmisores
- Receptores
- Amplificadores ópticos
- Multiplexores DWDM
- Demultiplexores DWDM

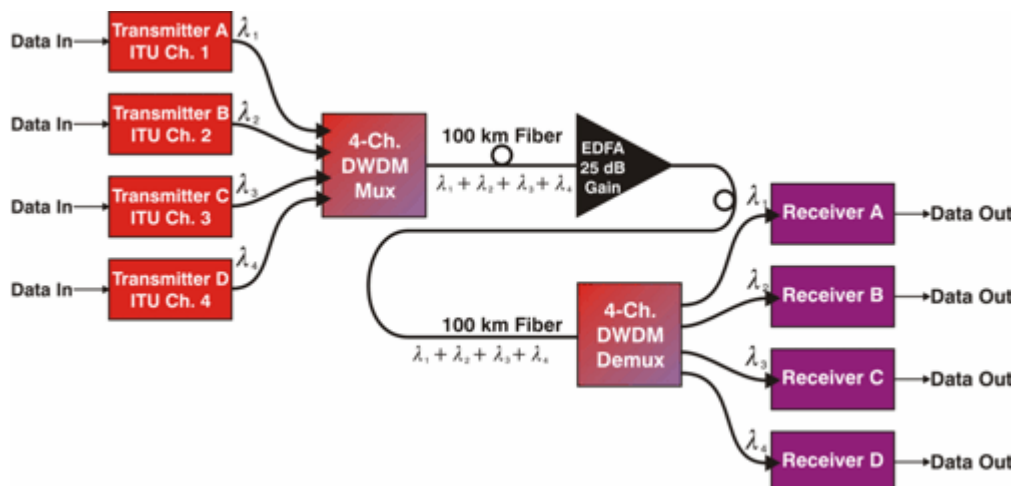


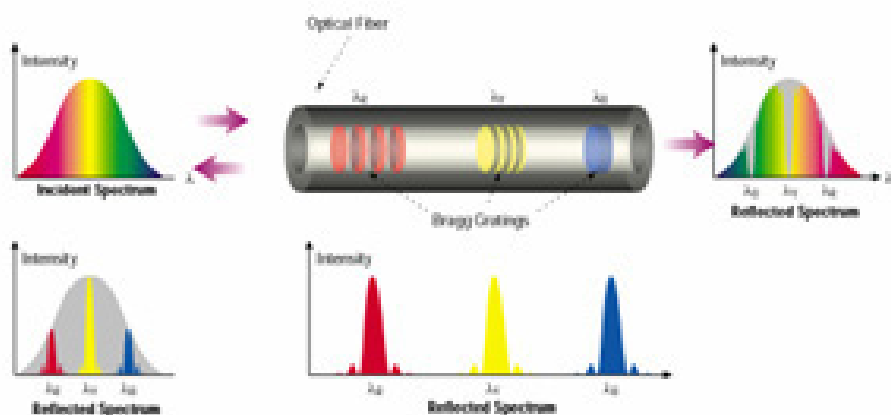
Figura 4.7 Esquemático de un sistema de DWDM de 4 canales<sup>5</sup>

**Demultiplexores:** los demultiplexores tiene que eliminar la interferencia en los canales y la diafonía. Los acopladores (*couplers*) y los filtros dicroicos (*dichroic filter*), ambos dispositivos pasivos son los mas favorables.

**Bragg grating:** es un concepto de una perturbación periódica o aperiódica del coeficiente efectivo de absorción o/y índice de refracción efectivo de una guía de onda de fibra óptica. En otras palabras, la rejilla de Braga (*Bragg grating*) refleja un rango determinado de longitudes de onda del haz de luz incidente con la rejilla dejando pasar el resto de longitudes de onda de la luz.

---

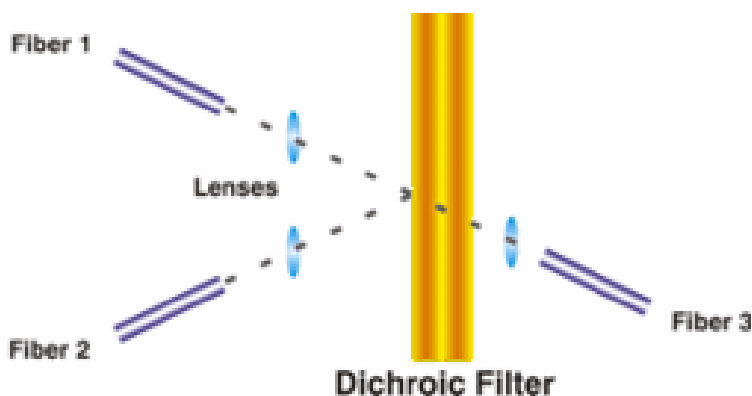
<sup>5</sup> Figura tomada de [www.fiber-optics.info](http://www.fiber-optics.info)



**Figura 4.8** Concepto de Bragg grating<sup>6</sup>

### Filtro Dicroico:

Tipo de fibra óptica que transmite haces de luz con respecto a su longitud de onda, reflejando las demás longitudes de onda.



**Figura 4.9** Funcionamiento de un filtro dicroico<sup>5</sup>

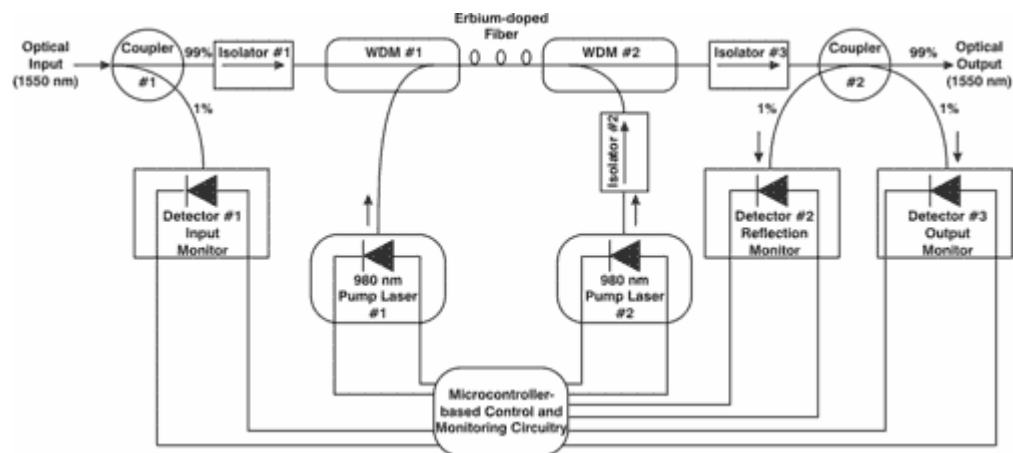
### Amplificadores ópticos:

Amplificadores ópticos EDFA (*Erbium-Doped fiber amplifiers*), son fibras ópticas dopadas con un metal raro como el erbio (tiene los niveles de energía apropiados en su estructura atómica para amplificar luz) para lograr amplificar la señal óptica sin de los repetidores convencionales.

Se utiliza un láser de bomba (*pump laser*) de 980nm o de 1480nm para inyectar energía a la fibra dopada.

---

<sup>6</sup> Figura tomada de [www.fiber-optics.info](http://www.fiber-optics.info)



**Figura 4.10** Diagrama de bloques de un amplificador EDFA<sup>7</sup>

### Simulated Brillouin Scattering (SBS):

Cuando se tiene un haz de luz de bastante potencia viajando por una guía de onda de fibra óptica, este haz interactúa con los modos de vibraciones acústicas en el cristal de la fibra. Esto produce un efecto de dispersión que lo que ocasiona es que gran parte del haz de luz sea reflejado hacia la fuente.

---

<sup>7</sup> Figura fue tomada de [www.fiber-optics.info](http://www.fiber-optics.info)

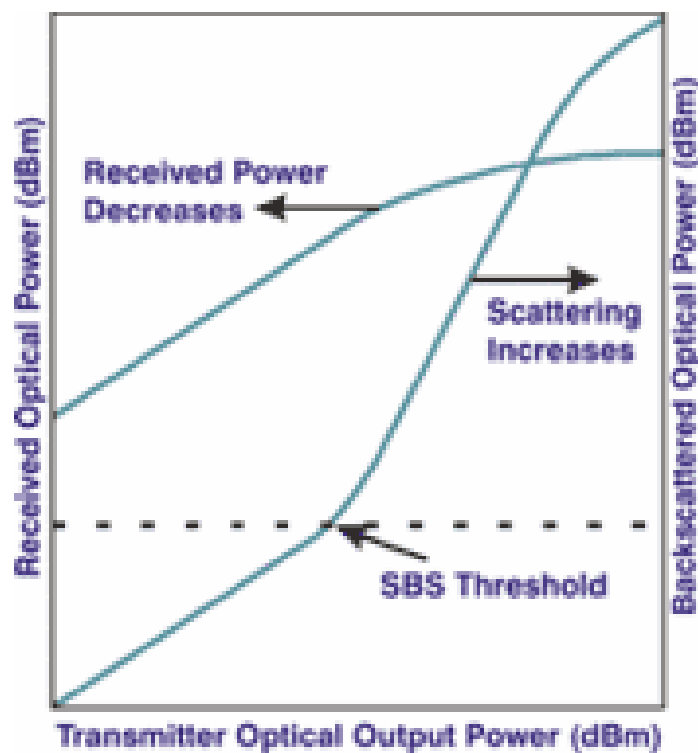


Figura 4.11 Simulated Brillouin Scattering<sup>8</sup>

#### Simulated Raman Scattering (SRS):

Efecto no lineal semejante al SBS, pero con un umbral más alto. Este mecanismo le disminuye potencia a las señales ópticas de longitudes de onda menores, y aumenta la potencia a las señales ópticas de longitudes de onda mayores.

---

<sup>8</sup> Figura tomada de [www.fiber-optics.info](http://www.fiber-optics.info)

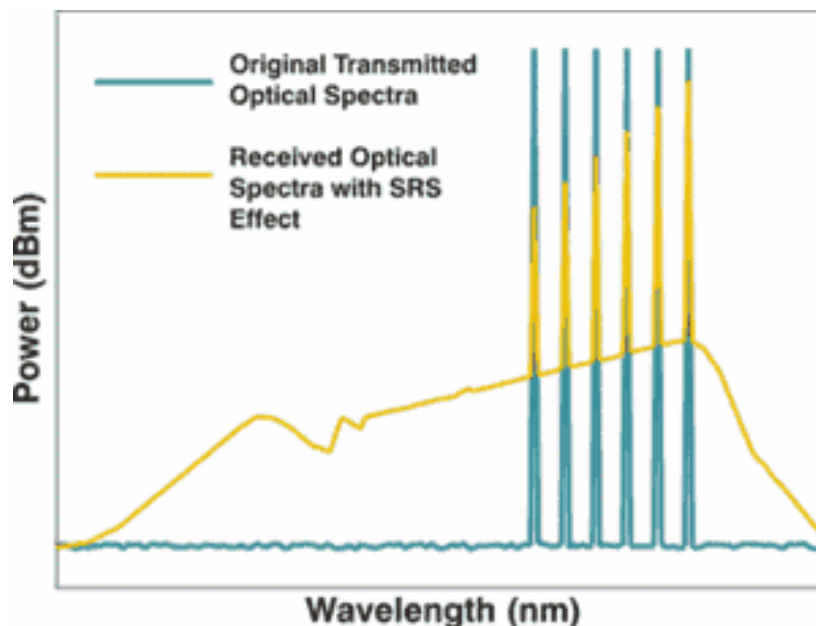


Figura 4.12 Diagrama de bloques de un amplificador EDFA<sup>9</sup>

### 4.1.3 Amplificadores ópticos

Los amplificadores ópticos operan bajo el mismo principio que operan los láseres, una luz incidente es amplificada sosteniendo la emisión estimulada. La amplificación se alcanza por un proceso de bomba que puede ser eléctrico u óptico, el cual le da mas potencia a la señal incidente. Para efectos de este informe, una bomba óptica es una fuente de poder local que se acopla a la señal óptica que entra por ella e incidentemente amplifica la señal.

El perfil de la ganancia de factores como la potencia de bomba óptica, ganancia heurística del medio y emisión espontánea del medio. Un amplificador óptico debe de cumplir las siguientes características:

- Igual ganancia para todos los canales ópticos
- Por cada miliWatt de potencia incidente el amplificador debe entregar la mayor amplificación posible
- Ruido causado debido un bajo ASE (*amplified spontaneous emission*)

---

<sup>9</sup> Figurada tomada de [www.fiber-optics.info](http://www.fiber-optics.info)

- Dependencia a longitud de onda y pérdidas por polarización.
- La diferencia entre los niveles de potencia de la mínima amplificación y la máxima amplificación debe de ser mínima.

#### 4.1.3.1 Amplificadores heurísticas

La ganancia obtenida en un amplificador óptica es dependiente de la frecuencia. El coeficiente de ganancia de un amplificador  $g(\omega)$  es el siguiente:

$$g(\omega) = \frac{g_0}{1 + (\omega - \omega_0)^2 \cdot T_2^2 + \frac{P}{P_s}} \quad (4.7)$$

Especificación de las variables de la ganancia óptica:

- $\omega$  es la frecuencia óptica incidente
- $\omega_0$  es la frecuencia atómica de transición
- $T_1$  es el tiempo de fluorescencia con el cual  $T_2$  es calculado, el cual es el tiempo de relajación bipolar.
- $P$  es la potencia de entrada
- $P_s$  es la potencia de saturación para un amplificador dado

El ancho de banda de amplificación es un valor importante porque muestra la máxima dispersión espectral de la señal WDM acumulada que puede ser amplificada.

#### 4.1.3.2 Ruido

El ruido es inherente en los amplificadores ópticos debido a que es un producto de la amplificación. El ruido degrada la calidad de la señal y afecta la relación señal a ruido (SNR). Por lo tanto, se puede definir una figura de ruido (NF) para los amplificadores ópticos que es determinada por la relación señal a ruido a la entrada de un amplificador óptico como la relación señal a ruido a la salida del mismo.



$$NF = \frac{SNR_{Entrada}}{SNR_{Salida}} \quad (4.8)$$

El ruido en los amplificadores se debe al efecto de ASE (amplified spontaneous emission) o emisión espontánea; esta se da, como producto de la ganancia. Esto es debido a que cuando un amplificador óptico emite electrones que abruptamente desde varios niveles atómicos de energía, emite por ende, una fase descontrolada y aleatoria de luz y distribución de frecuencia. Estas perturbaciones ópticas es a lo que se le conoce como ASE. Este efecto en los amplificadores ópticos ocasiona severos fallos en el rendimiento de las redes ópticas.

$$n_{sp} = \frac{N_2}{N_2 - N_1} \quad (4.9)$$

Donde  $N_2$  es el volumen de electrones en estado de excitación, y  $N_1$  es el volumen de electrones aterrizados. Como el efecto de ASE no se puede reducir, se va acumulando en amplificadores en cascada. Lo que genera que no solo el amplificador va a inducir ruido a la señal sino que también el amplificador va a amplificar la señal ruidosa de otro amplificador.

#### 4.1.4 Polarización óptica

La luz como forma de radiación electromagnética, tiene un campo eléctrico (E) tanto como un campo magnético (H) los cuales son ortogonales entre ambos. Se dice que estos campos variantes con el tiempo son linealmente polarizados si la dirección de sus componentes y magnitudes son constantes a través del tiempo. Esta condición de constante proliferación de las componentes axiales se conoce como polarización circular. Cuando la luz se propaga por una fibra, la onda constantemente interactúa con el medio; y esta interacción, ocasiona que los componentes individuales de la luz no sean iguales en magnitud ni dirección lo que genera el modo de dispersión de polarización (PMD). La interacción de la luz con el medio provoca cambios en la polarización que produce campos no circulares o elípticos.

La polarización puede ser el resultado de la reflexión, refracción o dispersión. Un rayo de luz incidente que sea posible que se refleje, refracte o polarice y esta sujeto a la interacción con el medio o consigo mismo, se va a polarizar. El grado de polarización es dependiente del ángulo de incidencia, el índice de refracción y el perfil de dispersión del medio.

#### **4.1.4.1 Birrefringencia**

La birrefringencia se conoce como “doble refracción”, es cuando un rayo de luz no polarizada incide sobre material birrefringente, este refracta al rayo no polarizado en 2 rayos polarizados ortogonales el uno con el otro. Estos rayos son polarizados verticalmente y horizontalmente. De estos 2 rayos, a uno se le conoce como el rayo ordinario o rayo “O” el cual obedece a la ley de Snell y al otro se le conoce como rayo extraordinario o como rayo “E”, que no obedece a la ley de Snell.

El fenómeno de la birrefringencia en la fibra óptica genera el ensanchamiento del pulso. En un caso ideal, la fibra óptica sería un medio de transmisión perfectamente cilíndrico sin deformidades y libre de fatiga mecánica. En ese caso, un simple rayo de luz se propagaría por la fibra sin cambios en su polarización. Sin embargo, la fibra no es perfectamente cilíndrica, tiene cierto grado de fatiga mecánica no uniforme y tiene deformaciones. Estos defectos producen birrefringencia en la fibra y esto a su vez genera que la polarización vertical y la polarización horizontal que sufre el haz de luz, ensanche el pulso transmitido.

## **Capítulo 5: Procedimiento metodológico**

### **5.1 Reconocimiento y definición del problema**

Para el reconocimiento del problema se realizaron visitas programadas al departamento de transmisiones del ICE ubicado en San Pedro de Montes de Oca. En las visitas se recolectó información mediante entrevistas con el jefe de operaciones y mantenimiento, el ingeniero Julio Stradi Granados.

En estas entrevistas se destacó el hecho de que el sector de telecomunicaciones del ICE se siguen estándares impuestos por los fabricantes de los equipos, en prácticamente la mayoría de los proyectos que se realizan. Por ende, el diseño de un protocolo piloto de pruebas llevaría en si mismo repercusiones en el desarrollo de futuros proyectos, además de ser implementado en proyectos ya existentes.

### **5.2 Obtención y análisis de información**

La información recolectada hasta el momento, ha sido adquirida por medio la entrevista con el ingeniero Julio Stradi Granados. Además, se proporcionó por parte del ingeniero dos documentos, uno contiene información acerca de los sistemas de red de DWDM y otro contiene información sobre dispersión cromática.

Además se utilizó el sitio de Internet del ICE para encontrar información sobre las generalidades del proyecto Frontera a Frontera además de recopilar información sobre generalidades de la empresa así como su estructura organizacional, visión, misión, entre otros.

También se realizó un estudio de transmisión por fibra óptica utilizando el libro "*Líneas de transmisión*" del autor Rodolfo Neri Vela así como una investigación en Internet sobre el tema de WDM.

Se utilizó el libro “*DWDM Network Designs and Engineering Solutions*” como lectura base para el desarrollo del protocolo así como para la investigación en la cual se encuentran documentada en la sección de marco teórico del presente informe.

Además, se leyeron y utilizaron como referencia las siguientes recomendaciones de la ITU-T:

- a) Recomendación UIT-T G.650.1
- b) Recomendación UIT-T G.650.2
- c) Recomendación UIT-T G.651
- d) Recomendación UIT-T G.652
- e) Recomendación UIT-T G.653
- f) Recomendación UIT-T G.654
- g) Recomendación UIT-T G.655
- h) Recomendación UIT-T G.656
- i) Recomendación UIT-T G.661
- j) Recomendación UIT-T G.662
- k) Recomendación UIT-T G.663
- l) Recomendación UIT-T G.664
- m) Recomendación UIT-T G.665
- n) Recomendación UIT-T G.692
- o) Recomendación UIT-T G.694
- p) Recomendación UIT-T G.697
- q) Recomendación UIT-T G.698
- r) Recomendación UIT-T G.957
- s) Recomendación UIT-T G.957.1

### 5.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de la solución

Se toma la iniciativa del ICE del desarrollo del sistema piloto de protocolo de pruebas para definir una cultura dentro de la institución de cumplimiento de estándares y además, de utilizar bases de datos para archivar evaluaciones para permitir la revisión de estas por otras entidades en el momento que sea necesario.

Para la realización de la investigación es importante el uso de manuales técnicos de los equipos, así tanto como artículos, estándares y documentos de la IEEE<sup>10</sup>, estándares y documentación de la ITU-T<sup>11</sup>. Estas investigaciones se realizarán mediante el uso de Internet, manuales, artículos de revistas, libros y otro tipo de literaturas con relación al tema.

Para la realización de modelados matemáticos que describan parámetros de relevancia, se utilizará libros de texto sobre las ecuaciones aplicadas y se hace uso de la aplicación de *VPITransmissionMaker*.<sup>12</sup>

Para la etapa de implementación de protocolo de pruebas, se realizará un análisis de los lenguajes de programación de aplicaciones *web*, con la cual se realizará una capacitación para el desarrollo de esa aplicación dentro de la *intranet* del ICE.

### 5.4 Implementación de la solución

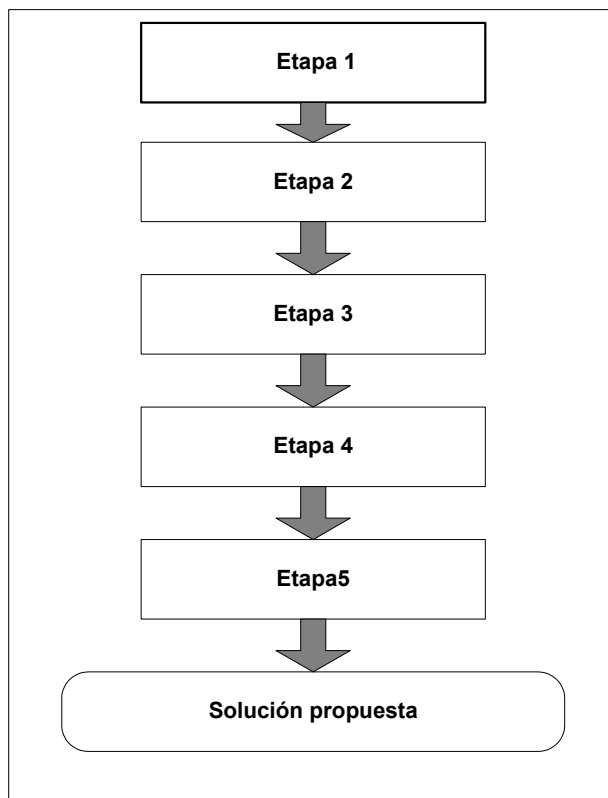
Para realizar la implementación de la solución se subdivide este apartado en etapas, cada etapa describe las actividades para llevar a cabo cada uno de los objetivos específicos planteados.

---

<sup>10</sup> IEEE= *Institute of Electrical and Electronic Engineers*

<sup>11</sup> ITU-T= *International Telecommunication Union*

<sup>12</sup> VPITransmissionMaker= Software de simulación de sistemas de red de fibra óptica desarrollado por la empresa VPIphotonics.



**Figura 5.1** Diagrama de bloques de la implementación de la solución

### 5.4.1 Etapa 1

Esta etapa se propone encontrar los estándares existentes para las transmisiones por fibra óptica. Para esta fase de la solución se realizan las siguientes actividades:

1. Estudiar la propagación de luz por guías de onda de fibra óptica.
2. Estudiar los componentes y sistemas en fibras ópticas.
3. Definir las causas y consecuencias de las perturbaciones en las comunicaciones por fibra óptica.
4. Investigar en las distintas fuentes de información las generalidades a seguir acorde con los entes de estandarización internacionales.
5. Definir cuales son las pruebas necesarias para realizar para determinar los estándares a seguir.

### **5.4.2 Etapa 2**

En esta etapa corresponde encontrar los estándares a seguir para implementar DWDM, para lograr esta fase se deben cumplir las siguientes actividades:

1. Estudiar sobre el funcionamiento de DWDM.
2. Estudiar sobre los componentes y sistemas de DWDM.
3. Establecer los efectos que causan pérdidas de señal y errores de transmisión.
4. Investigar en las distintas fuentes de información las generalidades a seguir acorde con los entes de estandarización internacionales.
5. Definir cuales son las pruebas necesarias para realizar para determinar los estándares a seguir.

### **5.4.3 Etapa 3**

Esta etapa consiste en obtener las relaciones matemáticas que describen las atenuaciones y pérdidas en los sistemas DWDM. Las actividades para llevar a cabo esta fase consisten en:

1. Estudiar las leyes físicas que rigen en la tecnología DWDM.
2. Estudiar las leyes matemáticas que se necesitan para modelar las transmisiones.
3. Aplicar las leyes estudiadas para establecer las relaciones matemáticas.

### **5.4.4 Etapa 4**

Se desarrolla el protocolo de pruebas a seguir para lo cual se necesitan cumplir las siguientes actividades:

1. Establecer las prioridades principales que deben evaluarse.
2. Desarrollar un algoritmo para evaluar los parámetros con respecto.
3. Desarrollar los procedimientos a seguir para evaluación de estándares.
4. Desarrollar el algoritmo para generar las conclusiones de la prueba.
5. Se realizan las correcciones necesarias al protocolo.

### **5.4.5 Etapa 5**

Esta etapa consiste en la implementación del prototipo de prueba del sistema. Para llevarla a cabo se realizan las siguientes actividades:

1. Estudiar los conceptos necesarios para desarrollo de aplicaciones *web*.
2. Estudiar los conceptos para el desarrollo de bases de datos.
3. Programar el algoritmo de pruebas en una aplicación.
4. Desarrollar una ventana de ayuda para repaso de normativas y estándares.
5. Desarrollo de una base de datos.
6. Implementar la aplicación en la *intranet* del ICE.

### **5.5 Reevaluación y rediseño**

Como el sistema a desarrollar llega a un nivel o etapa de prototipo se pretende evaluar el proyecto a este nivel, adquiriendo datos de su rendimiento para una analizar la posibilidad de su implementación con respecto a los resultados obtenidos.

El propósito es que el mismo proyecto sirva de realimentación para la empresa y que con cambios en los equipos y con la adquisición de nuevos equipos el protocolo vaya evolucionando y variando. Además, este proyecto tiene la ventaja de ser de final abierto, lo que permite que se le vaya haciendo mejoras e implementaciones lo que abre la oportunidad a nuevos proyecto para mejora de las operaciones.



## **Capítulo 6: Explicación detallada de la solución**

### **6.1 Análisis de la solución y selección final**

Debido a la inexistencia de un protocolo o banco de pruebas para equipo de red DWDM en el Instituto Costarricense de Electricidad, la solución es investigar e empezar a desarrollar uno con el cual se identifican cuales son los datos que deben de medirse y determinar las pruebas a realizarse así como las condiciones en las cuales se debe realizar la prueba.

Es importante recalcar el hecho de que el desarrollo del protocolo de este informe no es protocolo completo, ya que, aunque en los estándares del UIT-T y la IEC se encuentran establecidos cuales son los parámetros necesarios a evaluar, muchos de estos parámetros todavía se encuentran en estudio.

Otro punto importante, es que el protocolo de pruebas actual que se desarrolló en el presente proyecto, esta completamente basando en los estándares de la UIT, en especial en las recomendaciones G.692 y G.957. Debido a que se encuentra en proceso de adquisición de los estándares de la IEC, el protocolo de pruebas queda abierto a la actualización de varios de los parámetros y procedimientos de prueba hasta tener este tipo de información disponible.

## **6.2 Descripción del protocolo de pruebas para sistemas DWDM**

Las redes de fibra óptica comúnmente se encuentran conformadas tanto por componentes pasivos así como de componentes activos que en conjunto forman un sistema de comunicación. Como en cualquier sistema de red, el rendimiento de cada uno de los componentes afecta el rendimiento de la red como un solo sistema. Para diseñar e implementar efectivamente una red de fibra óptica DWDM, es necesario conocer las características exactas de los enlaces de fibra óptica. Los valores de atenuación y dispersión de la fibra óptica tienden a variar después de la etapa de instalación del sistema limitando así la distancia de transmisión de datos y ancho de banda en la fibra.

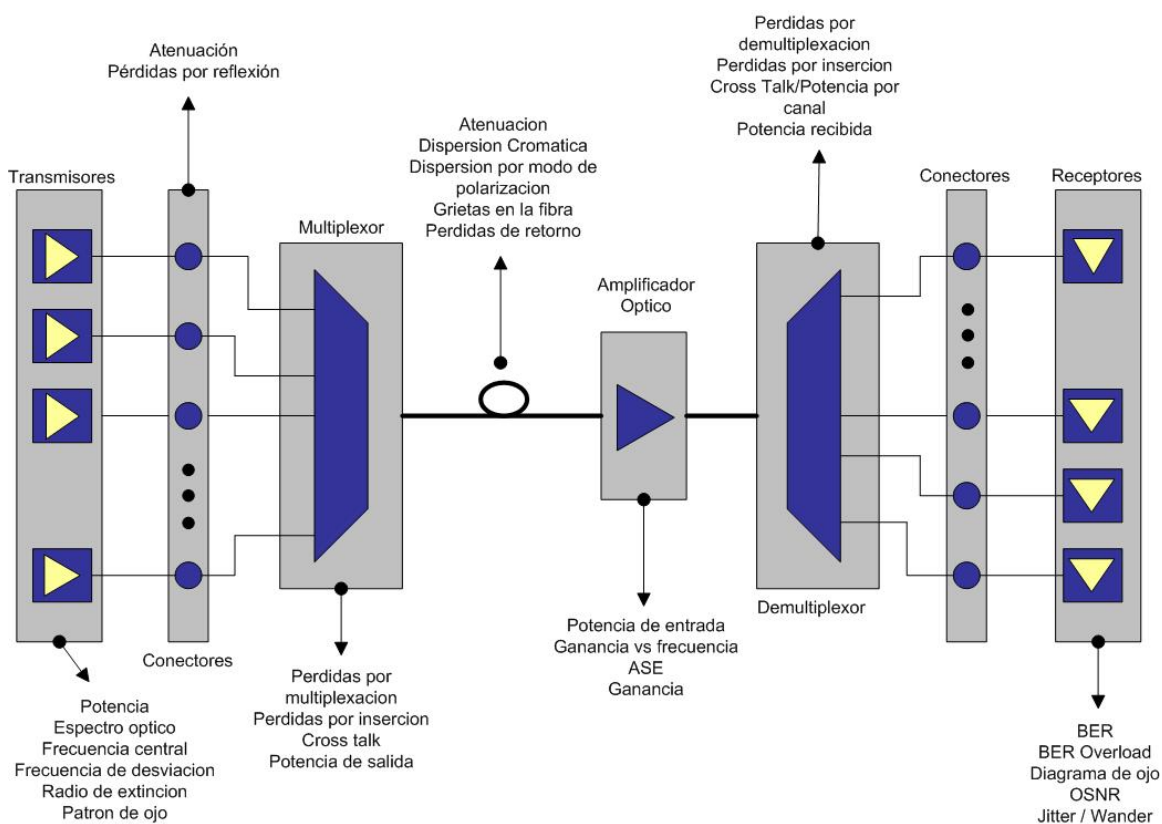
El poder medir y probar estos parámetros es crucial para las etapas de instalación y mantenimiento de las redes DWDM. Por ejemplo, el tener grietas en una de las fibras del cable produce distorsión en todo el canal de comunicación, degradando así el rendimiento global del sistema de comunicación. Este ejemplo ilustra la importancia de un protocolo de pruebas siendo aplicado a las labores de mantenimiento.

Los ingenieros a cargo de la instalación, implementación y mantenimiento de los sistemas DWDM necesitan conocer la dispersión, la atenuación, potencia de entrada de los sistemas (launch power), la sensibilidad de los receptores, entre otros parámetros críticos que van a determinar el rendimiento óptimo del sistema.

Como se había mencionado al principio, las redes ópticas están compuestas de elementos pasivos como conectores, acopladores y divisores de señal; además, están compuestos de elementos activos como transmisores, receptores y amplificadores ópticos. Estos elementos, tanto pasivos como activos necesitan operar dentro del espectro óptico apropiado para no degradar su rendimiento. De ahí la importancia no solo de ajustar el punto de operación al

rango de espectro óptico adecuado sino también de tener una metodología para poder medirlo.

Los vendedores de equipo de telecomunicaciones, usualmente, conducen pruebas de rendimiento antes de lanzar sus productos al mercado. Sin embargo, el rendimiento de los equipos se degrada con el tiempo aun cuando las redes son diseñadas tomando estos efectos adversos en cuenta. Este protocolo contiene las pruebas necesarias para probar y medir los requerimientos y parámetros para diseñar, implementar y mantener redes ópticas DWDM.



**Figura 6.1** Diagrama de parámetros que necesitan ser medidos

Como se puede observar en la figura 1, esta un diagrama de un sistema punto a punto DWDM, donde se pueden identificar los distintos puntos de un sistema DWDM con sus parámetros a determinar. Todo el sistema de red se divide en múltiples elementos y cada uno de estos elementos tiene características que

cumplir individualmente para dar soporte a un sistema punto a punto. Después de que el rendimiento y la conformidad de los elementos de red se hayan cumplido, el paso final es realizar pruebas a nivel de sistema o a nivel de capa de red. Estas pruebas generalmente contemplan mediciones de tasa de error de bits (BER), sensibilidad de receptores, OSNR, análisis espectral, y análisis de la plantilla del patrón en ojo.

La UIT-T, Unión Internacional de Telecomunicaciones, define la mayoría de los estándares de sistemas que involucran componentes ópticos de red. La UIT-T junto con la Alianza de Industrias Electrónicas (EIA) definen los estándares para pruebas de de fibras ópticas, también conocidos FOTP (*fiber-optics test procedures*). La recomendación de la UIT-T G.692 es el mejor banco de pruebas para evaluar transmisores y receptores multicanales. Por el momento, no existen estándares específicos en la industria para pruebas ni mediciones de multiplexores, demultiplexores ni amplificadores ópticos; sin embargo, se encuentran en desarrollo.

Las especificaciones que pueden ser medidas para componentes pasivos son las siguientes:

- Pérdidas por inserción
- PDL (pérdidas dependientes de la polarización)
- Frecuencia central
- Ancho de banda
- Pérdida de retorno
- Diafonía óptica
- Temperatura de operación

Las especificaciones que necesitan ser medidas para amplificadores son las siguientes:

- Ganancia

- Figura de ruido espontánea de la señal
- OSNR
- ASE
- Desviación de ganancia
- Control automático de la ganancia de potencia

**Tabla 6.1** Parámetros definidos en la recomendación UIT-T G.692

Transmisor	Multiplexor	Amplificador	Trayecto óptico	Demultiplexor	Receptor
Características espectrales	Cross Talk en el lado de transmisión	Variación de ganancia multicanal	Atenuación	Potencia de entrada media del canal	Sensibilidad del receptor
Potencia inyectada promedio	Potencia de salida por canal	Desviación de ganancia multicanal	Reflectancia discreta máxima	Potencia total de entrada media.	Sobrecarga del receptor
Frecuencia central	Potencia inyectada total máxima	Potencia máxima recibida total	Perdida mínima de retorno	Diafonía óptica (Cross talk)	Penalización del trayecto óptico
Separación de canales	OSNR	OSNR/ NF	Dispersión	OSNR	OSNR
Plantilla de diagrama en ojo	Diferencia máxima de la potencia entre canal	Potencia inyectada total máxima		Diferencia máxima de potencia entre canal	Reflectancia del receptor
Relación de extinción		Diferencia de ganancia			$\lambda$ mínima del receptor
Desviación de frecuencia central					$\lambda$ máxima del receptor

## **6.2.1 Definición de los parámetros y criterios de elección**

### **6.2.1.1 Salidas de los transmisores**

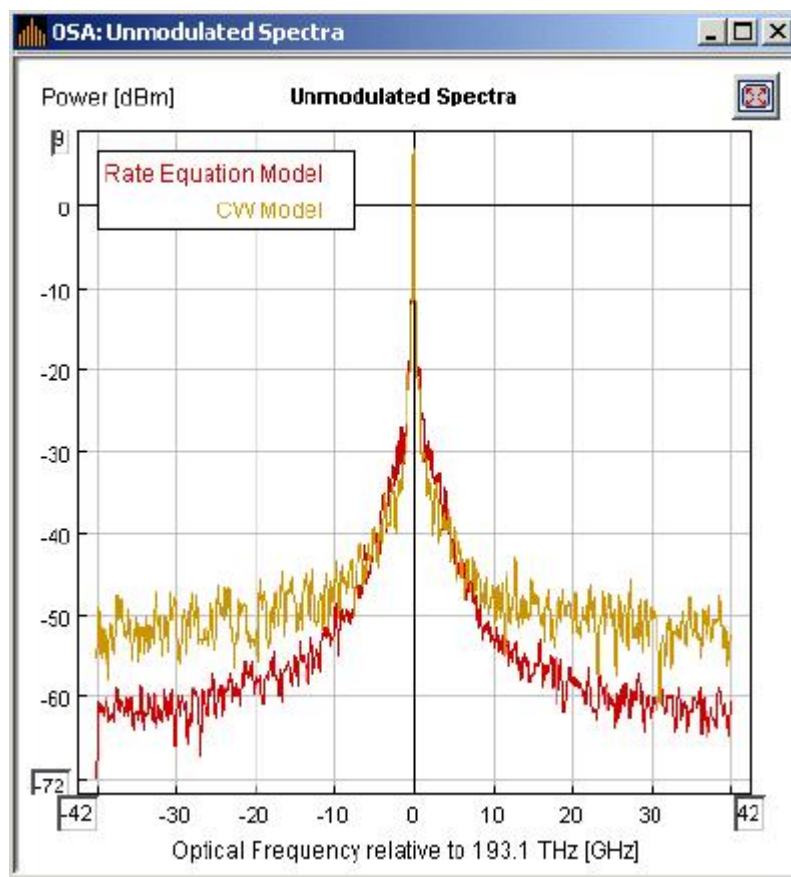
#### **Características espectrales:**

Incluyen una anchura máxima de -20 dB en condiciones normalizadas, la anchura espectral viene especificada por el valor RMS máximo de la anchura en condiciones normalizadas; entendiéndose por anchura RMS a la desviación típica ( $\sigma$ ) de la distribución espectral. En los casos de los láseres SLM, se especifica un valor mínimo para la relación de supresión de modo lateral. Sin embargo, este tema se encuentra en estudio.

#### **Criterio de selección**

El criterio de selección aplicado para incluir este parámetro en el protocolo de pruebas se basa en el estudio de la recomendación de la UIT-T G.694.1, este establece el plan espectral para las redes DWDM. Se decidió tomar en cuenta este parámetro debido a que la asignación de frecuencias centrales afecta el uso de las longitudes de onda a utilizar sin mencionar el espaciamiento entre los canales de transmisión. El medir la anchura espectral no solo va a permitir estar acorde con el estándar por cada longitud de onda cuando se termine el estudio sino a correlacionar la anchura espectral con la posibilidad de utilizar la separación de canales estandarizada. Otro punto importante para tener una anchura espectral definida y lo mas angosta posible para la optima utilización de canales ópticos e evitar invadir algún otro canal.

Esto es ejemplificado con las siguientes simulaciones realizadas con el software VPITransmissionMaker 6.5:



**Figura 6.2** Simulación de 2 modelos de láser: *CW* y *Rate equation*

En esta simulación se observa que los láseres antes de ser modulados presentan una anchura espectral con una diferencia de 10 dB en el modelo *CW* y el modelo de *Rate equation*, hasta el momento cumplen los dos cumple con tener una anchura máxima que no sobrepase los -20 dB. Es importante observar que la simulación fue realizada utilizando una frecuencia central estándar definida tanto en la recomendación G.692 como en la recomendación G.694.1

### **Potencia inyectada media:**

Es la potencia media de una secuencia de pulsos pseudo aleatorios acoplada a la fibra óptica por medio de un transmisor. Se permite expresarse como una gama para poder tener una optimización de costos de implementación

así, como para establecer los márgenes de explotación en condiciones de funcionamiento normalizadas.

### **Criterio de selección**

Se selecciono este parámetro porque permite proyectar las degradaciones en los conectores de los transmisores, tolerancias en las mediciones y efectos de envejecimiento. Otro punto extremadamente importante para la selección de este parámetro es que con este parámetro se obtienen los valores de sensibilidad y sobrecarga de los receptores ópticos.

Además otro aspecto importante de considerar es la seguridad, a la hora de trabaja con láseres, es importante seguir las reglas de seguridad. En un caso más específico se debe seguir la recomendación de seguridad de la IEC: CEI 80625.

### **Relación de extinción:**

Es el convenio acordado para definir el nivel lógico óptico.

1. La emisión de luz se considera un “1” lógico.
2. La ausencia de luz se considera un “0” lógico.

La relación de extinción se define como:

$$EX = 10 \cdot \log_{10}(A/B) \quad (6.2)$$

Donde A es el valor de la potencia media del un “1” lógico óptico, y B es el valor de la potencia media de un “0” lógico óptico.

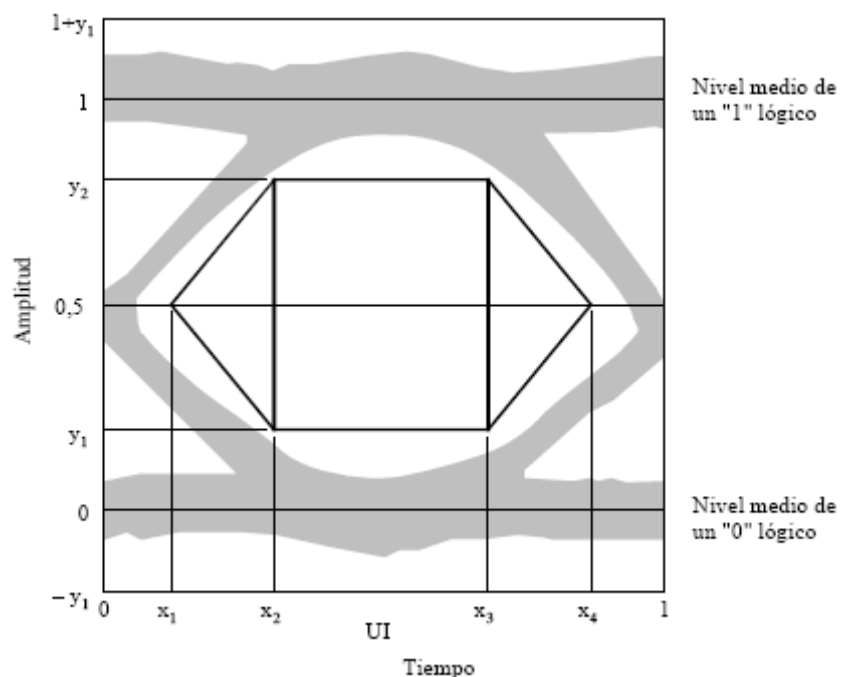
### **Criterio de selección**

Este parámetro es importante porque establece los niveles lógicos de transmisión de bits en un enlace de fibra óptica. Conociendo los niveles ópticos estandarizados que se tiene en los transmisores se permite analizar como influye la atenuación en los enlaces de fibra.

### **Plantilla del diagrama en ojo:**



Las características principales de la forma del impulso del transmisor, incluido el tiempo de establecimiento, tiempo de caída, el sobreimpulso, la suboscilación y la sobreoscilación. Todas esas características deben controlarse para evitar la degradación excesiva de la sensibilidad del receptor.



**Figura 6.3** Plantilla del diagrama en ojo<sup>13</sup>

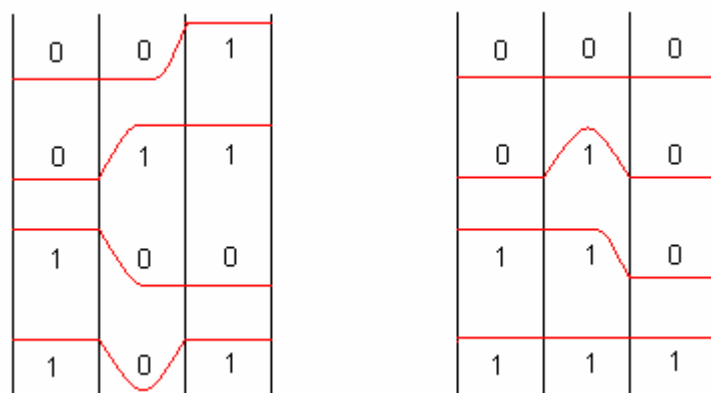
Las mediciones en plantilla de patrón de ojo se realizan en el dominio del tiempo y se despliegan en un osciloscopio. El patrón de ojo se genera superponiendo una serie de códigos de bits uno sobre otro. Se consideran todas las posibles combinaciones de secuencias de 3 bits: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 y 111.

Si se sobreponen todas las secuencias y se despliegan en un osciloscopio, se obtiene el patrón de ojo el cual se puede observar en la figura 6.2. El diagrama

---

<sup>13</sup> Figura tomada de la Recomendación de la UIT-T G.957

en ojo da información sobre la distorsión de la señal, pulso, tiempo de subida, y *jitter*.



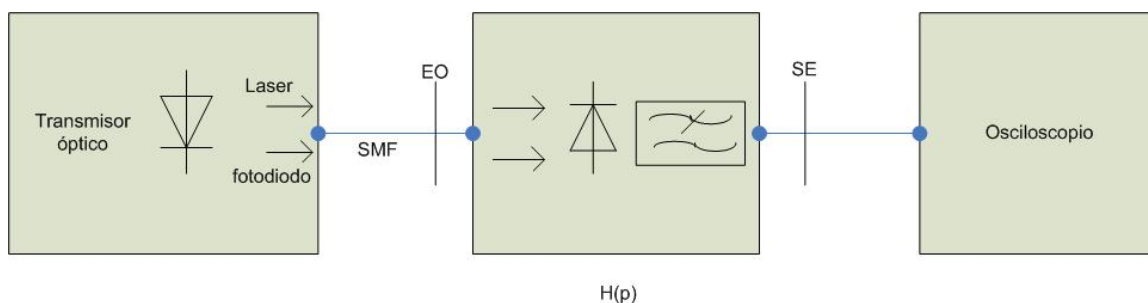
**Figura 6.4** Secuencias para generación de patrón ojo

El diagrama de patrón de ojo muestra información sobre la capacidad del receptor para detectar un *bit* 0 y un *bit* 1 correctamente; la abertura horizontal indica y vertical del “ojo” determina la calidad de la detención de ceros y unos: la apertura horizontal determina el periodo sobre el cual la señal puede ser muestreada sin ningún error, mientras que la apertura vertical muestra los niveles de voltaje que distinguen entre un 1 lógico y un 0 lógico.

La relación de extinción y el factor Q (relación entre la fuerza de la señal pico a pico al total de ruido en el dominio eléctrico) puede ser calculados también con el diagrama de patrón en ojo. Para determinar si el transmisor se encuentra conforme a los estándares y es capaz de transmisiones libres de errores, el patrón de ojo se pone a prueba para la forma correcta (*Eye Mask Test*) y la propia relación de extinción. El *Eye Mask Test* es una prueba que consta de un diagrama en forma de polígono de seis lados con una forma similar a la de un diamante, este polígono define la forma y el tamaño mínimos aceptables de la plantilla en patrón de ojo. En otras palabras, es una colección de polígonos que representa la apertura que debe de tener la plantilla en patrón de ojo.

## Método de medición de la plantilla de diagrama de ojo en señales ópticas

### Montaje del sistema de medición



**Figura 6.5** Esquema del sistema de medición

Donde:

- $H(p)$  representa la función de transferencia del receptor óptico, incluyendo las funciones de transferencia del fotodiodo y del filtro paso-bajo.
- Menos de 10 m de fibra óptica monomodo (UIT-T G.652, UIT-T G.653 y UIT-T G.654)
- EO, SE: acrónimos para entrada óptica y salida eléctrica

Con respecto a la función de transferencia del receptor óptico de referencia, esta se refleja con la respuesta de Bessel-Thompson de cuarto orden:

$$H(p) = \frac{1}{150} (150 + 150y + 45y^2 + 10y^3 + y^4) \quad (6.1)$$

Donde:

$$p = j \cdot \frac{\omega}{\omega_r}$$
$$y = 2,1140 \cdot p$$
$$\omega_r = 1,5 \cdot \pi \cdot f_0 \quad f_0 = \text{velocidad binaria}$$

Entiéndanse las siguientes condiciones:

- La frecuencia de referencia  $f_r = 0.75 f_0$ .
- Atenuación nominal a dicha frecuencia es de 3dB.

**Tabla 6.2** Valores nominales de atenuación y distorsión en el receptor óptico de referencia<sup>14</sup>

$f/f_r$	$f/f_0$	Atenuación (dB)	Distorsión por retardo de grupo (UI)
0,15	0,2	0,1	0
0,3	0,4	0,4	0
0,45	0,6	1,0	0
0,6	0,8	1,9	0,002
0,75	1,0	3,0	0,008
0,9	1,2	4,5	0,025
1,0	1,33	5,7	0,044
1,05	1,4	6,4	0,055
1,2	1,6	8,5	0,10
1,35	1,8	10,9	0,14
1,5	2,0	13,4	0,19
2,0	2,67	21,5	0,30

### Frecuencia Central:

Para separación de canales de 50 GHz en un enlace de fibra, se tiene una frecuencia de referencia de 193.10 THz. Así, como para separación de canales de 100 GHz, la frecuencia de referencia es de 193.10 THz.

**Tabla 6.3** Valores de frecuencias centrales para separación de canales<sup>14</sup>

Frecuencias nominales para separaciones de 100 GHz (THz)	frecuencias centrales para separaciones de 50 GHz (THz)	Longitud de onda central nominal (nm)
196.10	196.10	1528.77
196.05	-	1529.16
196.00	196.00	1529.55
195.95	-	1529.94

<sup>14</sup> Tabla obtenida de la Recomendación de la UIT-T G.692

Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica  
 Protocolo prototipo de evaluación para equipos de tecnología DWDM

195.90	195.90	1530.33
195.85	-	1530.72
195.80	195.80	1531.12
195.75	-	1531.51
195.70	195.70	1531.90
195.65	-	1532.29
195.60	195.60	1532.68
195.55	-	1533.07
195.50	195.50	1533.47
195.45	-	1533.87
195.40	195.40	1534.25
195.35	-	1534.64
195.30	195.30	1535.04
195.25	-	1535.43
195.20	195.20	1535.82
195.15	-	1536.22
195.10	195.10	1536.61
195.05	-	1537.00
195.00	195.00	1537.40
194.95	-	1537.79
194.90	194.00	1538.19
194.85	-	1538.58
194.80	194.00	1538.98
194.75	-	1539.37
194.70	194.00	1539.77
194.65	-	1540.16
194.60	194.00	1540.56
194.55	-	1540.95
194.50	194.00	1541.35
194.45	-	1541.75
194.40	194.00	1542.14
194.35	-	1542.54
194.30	194.00	1542.94
194.25	-	1543.33
194.20	194.00	1543.73
194.15	-	1544.13

Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica  
 Protocolo prototipo de evaluación para equipos de tecnología DWDM

194.10	194.00	1544.53
194.05	-	1544.92
194.00	194.00	1545.32
193.95	-	1545.72
193.90	193.90	1546.12
193.85	-	1546.52
193.80	193.80	1546.92
193.75	-	1547.32
193.70	193.70	1547.72
193.65	-	1548.11
193.60	193.60	1548.51
193.55	-	1548.91
193.50	193.50	1549.32
193.45	-	1549.72
193.40	193.40	1550.12
193.35	-	1550.52
193.30	193.30	1550.92
193.25	-	1551.32
193.20	193.20	1551.72
193.15	-	1552.12
193.10	193.10	1552.52
193.05	-	1552.93
193.00	193.00	1553.33
192.95	-	1553.73
192.90	192.90	1554.13
192.85	-	1554.54
192.80	192.80	1554.94
192.75	-	1555.34
192.70	192.70	1555.75
192.65	-	1556.15
192.60	192.60	1556.55
192.55	-	1556.96
192.50	192.50	1557.36
192.45	-	1557.77
192.40	192.40	1558.17
192.35	-	1558.58

192.30	192.30	1558.98
192.25	-	1559.39
192.20	192.20	1559.79
192.15	-	1560.20
192.10	192.10	1560.61

#### **Criterio de seleccion:**

Este si es un estándar definido para el establecimiento de frecuencias centrales para la separación de canales entre frecuencias de 100 GHz y 50 GHz, donde se especifica la frecuencia central de cada canal de información y su longitud de onda especifica.

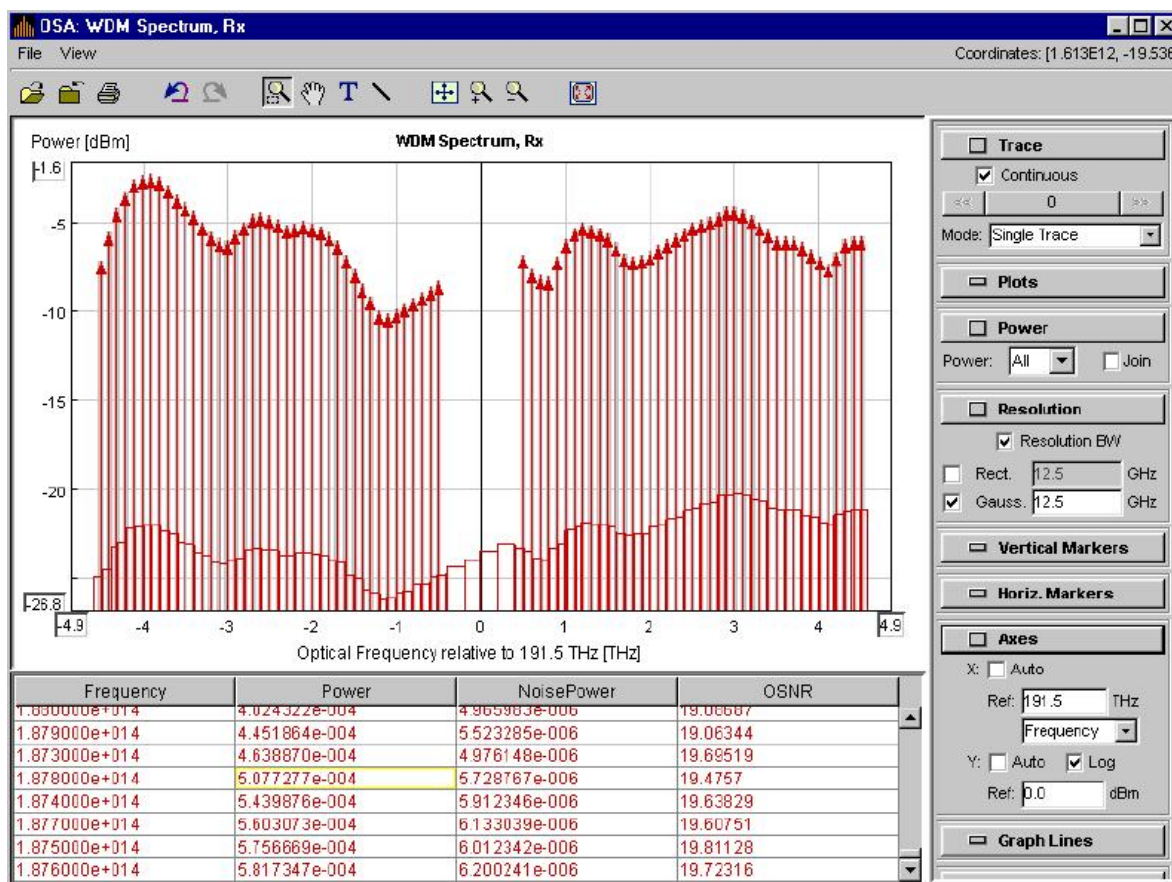
#### **Separacion de canales:**

La separación entre canales es la diferencia de frecuencias adyacentes, la separación entre canales puede ser regular o irregular. La separación de canales irregular se utiliza para disminuir los efectos de FWM (*four-wave mixing*) en fibras monomodo con dispersión desplazada. Las frecuencias de canal de separación irregular deben escogerse de tal manera que no exista posibilidad de potencia generada por FWM dentro de ningún canal.

#### **Criterio de selección**

La separación de canales es un parámetro que se encuentra ligado a las frecuencias centrales así como a las características espectrales de los transmisores. Es un estándar que establece el número de longitudes de onda a utilizar con respecto a nivel de separación del canal en términos de la diferencia de frecuencia.

En la siguiente simulación se muestra un grafico que contiene el espectro óptico ubicado en un rango determinado de frecuencias centrales con una separación de canales de 100 GHz, lo que es un estándar. Esta figura fue copiada del software VPITransmissionMaker 6.5.



**Figura 6.5** Espectro de longitudes de onda ubicados con espaciamento de 100 GHz

### Desviación de la frecuencia:

La desviación de la frecuencia es la diferencia entre la frecuencia central nominal y la frecuencia central real. En la desviación de frecuencia se encuentran todos los procesos que inducen variabilidad al valor instantáneo de la frecuencia central en el intervalo de prueba correspondiente a la velocidad binaria del canal. Dentro de los procesos que inducen variabilidad se pueden citar los siguientes: velocidad de la fuente, ancho de banda de la información, envejecimiento, y ensanchamiento del pulso efecto de la modulación autofase.

### Criterio de selección

Este parámetro está ligado tanto a la separación de canales como a las frecuencias centrales debido a que indica el rango de variabilidad o



permisividad de error a la hora de establecer la frecuencia central real, es importante tener en cuenta este parámetro para localizar problemas que se puedan dar de interferencia de canales por tener una desviación de frecuencia alta. Además, es un parámetro que puede modelarse a base de métodos estadísticos como la distribución de frecuencias con un valor medio o una mediana de valor de la frecuencia central, lo que permite encontrar a cuantas desviaciones estándar se encuentra las frecuencias permisibles estableciendo un muy pequeño rango de frecuencias reales centrales.

#### **6.2.1.2 Multiplexor**

##### **Diafonía óptica en la transmisión:**

Queda en estudio.

##### **Potencia de salida del canal:**

Es la potencia media inyectada del canal incluyendo el ruido de la emisión instantánea amplificada en la banda del canal.

##### **Potencia inyectada total:**

Es la potencia óptica media inyectada máxima que es medida en la salida del multiplexor.

##### **Criterio de selección**

El tener estos dos parámetros dentro del protocolo permite establecer relaciones de potencia importantes para determinar el alcance máximo de la señal que sale del multiplexor proveyendo datos importantes para el diseño y mantenimiento de la infraestructura de la red. Es que la potencia de salida del canal incluya el ruido de emisión para poder proyectar el ruido que se acumula en las transmisiones ópticas al pasar por otros dispositivos como los amplificadores. Se debe de recordar que el ASE es un factor que no se elimina de las

comunicaciones ópticas y es aditivo. Para el cálculo de la ubicación de los amplificadores ópticos, estos dos valores son de suma importancia.

### Relación señal a ruido óptica del canal (OSNR):

Queda en estudio.

### 6.2.1.3 Trayecto óptico

#### Atenuación:

Las gamas de atenuación obtenidas para las distancias las cuales son objeto de referencia se basan en el supuesto de una pérdida de fibra instalada de 0.28 dB/Km (incluyendo empalmes y margen de cable) en la zonas de longitudes de onda de 1530-1565nm. En la práctica, estos valores puede que no sean aplicables a todos los tipos de fibra, teniendo la misma atenuación pero para distancias mas cortas de las esperadas.

**Tabla 6.5** Gama de valores de atenuación sin amplificadores ópticos de línea<sup>15</sup>

Código de aplicación	nL-y.z	nV-y.z	un-y.z
Gama de atenuación:			
-máxima	22 dB	33 dB	44 dB
-mínima	En estudio	En estudio	En estudio

**Tabla 6.6** Gama de valores de atenuación con amplificadores de línea<sup>15</sup>

Código de aplicación	nL-y.z	nV-y.z
Gama de atenuación (entre los AO):		
-máxima	22 dB	33 dB

---

<sup>15</sup> Tabla obtenida de la Recomendación UIT-T G.692, el código de aplicación viene en la recomendación.

-mínima	En estudio	En estudio
---------	------------	------------

### Dispersión:

La dispersión incluye los efectos de la dispersión cromática y la dispersión de modo de polarización. Los límites de dispersión requeridos en la recomendación G.692 para las distancias de referencia se basan en la hipótesis de 20 ps/(nm\*Km) para las fibras y cables ópticos monomodo. Los límites de dispersión para los cables y fibras ópticas monomodo con desplazamiento no nulo quedan en estudio.

**Tabla 6.7** Dispersión máxima sobre la fibra G.652<sup>16</sup>

Código de aplicación	L	V	U	nV3-y.2	nL5-y.2	nV5-y.2	nL8-y.2
Dispersión máxima (ps/nm)	1600	2400	3200	7200	8000	12000	12800

### Reflectancia discreta máxima:

Se entiende como el número máximo de conectores o de punto de reflexión discreta que existen en un enlace de fibra que permita obtener el valor especificado de pérdidas de retorno global. Para evitar degradaciones por reflexiones se aconseja utilizar el menor número de conectores posibles, usar conectores con óptimas características de reflexión o conectores de reflexión discreta máxima.

### Criterios de selección

El enlace óptico es de los elementos de la red que se encuentra con mayor número de estándares en lo que respecta comunicaciones por fibra óptica.

---

<sup>16</sup> Tabla obtenida de la Recomendación UIT-T G.692, código de aplicación viene en la recomendación.

#### **6.2.1.4 Parámetros de los amplificadores ópticos de línea**

##### **Variación de ganancia multicanal:**

Este parámetro se encuentra definido en la publicación CEI 61291-4<sup>17</sup>

##### **Desviación de ganancia multicanal:**

Este parámetro se encuentra definido en la publicación CEI 61291-4

##### **Diferencia de cambio de ganancia multicanal:**

Este parámetro se encuentra definido en la publicación CEI 61291-4

##### **Criterio de selección**

##### **Potencia recibida total:**

Es la potencia de entrada media total máxima a la entrada de un amplificador óptico.

##### **Potencia inyectada total:**

Es la potencia de entrada media total máxima a la entrada del elemento conectado al amplificador óptico.

##### **Criterio de selección**

El tener estos dos parámetros dentro del protocolo permite establecer relaciones de potencia importantes para determinar el alcance máximo de la señal que sale del amplificador, sin mencionar, que es posible aproximar el nivel de distorsión de la señal debido al ruido inherente en los elementos de comunicación con filtros no lineales. El poder determinar el grado de degradación de la señal permite conocer cuales son los criterios de diseño para que el ingeniero de red pueda tomar las acciones correctivas o decisiones certeras para que el

---

<sup>17</sup> La Publicación CEI 61291-4 no fue adquirida a tiempo por el ICE en el lapso de tiempo de desarrollo del proyecto, por lo que únicamente se menciona su referencia. Sin embargo, estos estándares comprenden muchas de las pruebas a realizarse así como una descripción detallada del parámetro a evaluar.

rendimiento del enlace sea óptimo y además, se consideren las degradaciones por envejecimiento o degradación de la fibra.

#### **6.2.1.5 Receptor**

##### **Sensibilidad de receptor:**

Es el valor mínimo de la potencia de entrada recibida para que el receptor tenga un BER igual o menor a  $1 \times 10^{-12}$ , teniendo en cuenta los casos más desfavorables para la relación de extinción, tiempo de establecimiento y caída del impulso, pérdidas por retorno óptico en los conectores, diafonía óptica, ruido en el amplificador óptico y tolerancias de las medidas.

##### **Sobrecarga del receptor:**

Es el valor máximo de la potencia de entrada recibida para que el receptor tenga un BER igual o menor a  $1 \times 10^{-12}$ .

##### **Criterio de selección**

Ambos parámetros, tanto la sensibilidad como la sobrecarga, son variables importantes para el desarrollo de la red, debido a que estos dos parámetros indican el rango de potencia que debe tener la señal de información para no generar error y encontrarse dentro del estándar de BER de  $1 \times 10^{-12}$ . Los valores de sobrecarga y sensibilidad permiten establecer también los niveles de alcance de la red en términos de ubicación de multiplexores OAD (*Optical Add Drop*).

##### **Penalización del trayecto óptico:**

Queda en estudio.

##### **Reflectancia del receptor:**

Las reflexiones que proceden del receptor y son dirigidas a la planta del cable se especifican mediante la máxima reflectancia permitida que es medida en la entrada del receptor.

### **Criterio de selección**

Las reflexiones que se deben a los conectores de entre los receptores y los demultiplexores son importantes considerarlas porque son el último elemento de atenuación y polarización de la señal que degrada el pulso de la señal no solo llevando a un nivel donde no está especificados es un 1 lógico o un 0 lógico, sino que genera ensanchamiento del pulso, lo que también genera interferencia entre símbolos.

### **Valor mínimo del OSNR:**

Es el valor mínimo de la relación señal/ruido para obtener un BER de  $1 \times 10^{-12}$ .

### **Criterio de selección**

La relación señal a ruido es uno de los parámetros que son importantes medir no importa cual sea el tipo de tecnología de comunicación eléctrica. Este parámetro es uno de los más utilizados para el cálculo de ruido térmico generado por circuitos, sin mencionar, que tiene todas las variables que causan ruido en el sistema lo que permite despejar cuáles son los elementos que provocan ruido y que magnitud afecta a las comunicaciones.

### **Gama de longitudes de onda del receptor:**

Es una gama aceptable de longitudes de onda que pueda cumplir con el valor de frecuencias centrales en la banda de paso del amplificador óptico.

### **Criterio de selección**

Este parámetro es importante porque permite aproximar la variabilidad del proceso de transmisión, se puede saber cual es el foco de aceptación de longitudes de onda por frecuencia central. Esto es importante para poder determinar cual debe ser la desviación de frecuencia central.

### 6.3 Descripción de la aplicación de *intranet*

#### 6.3.1 Modelo MCV (Java 3capas)

El desarrollo de la aplicación de intranet debe de cumplir los estándares del departamento de informática del ICE, por lo tanto, la aplicación se desarrolló utilizando el modelo MCV o el modelo de 3 capas utilizando Java.

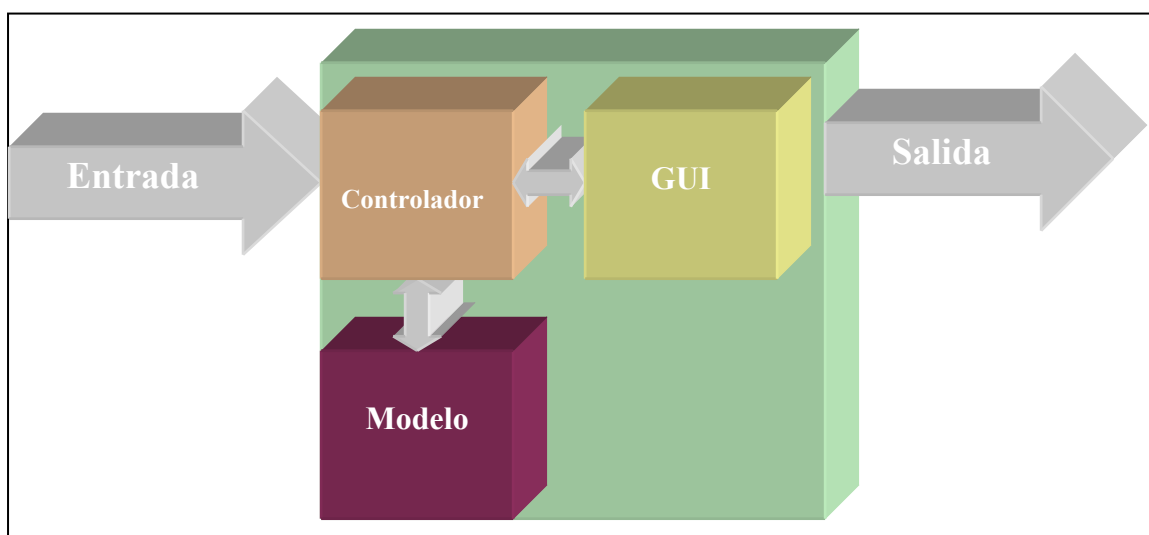
El modelo MCV o *Model Controller View* es un patrón de diseño que consiste en dividir las aplicaciones en 3 capas:

- **Capa de presentación (*view*):** esta es la capa que ve el usuario como GUI o interfaz gráfica.
- **Capa de regulación (*control*):** esta es la encargada de redirigir o asignar un modelo a cada petición, este controlador debe de poseer un mapa de correspondencias para las peticiones y respuestas.
- **Capa de datos (*model*):** es la lógica de negocios a fin de cuentas o sea, es la lógica que responde a una petición. Una vez realizada la petición, el flujo vuelve al controlador y este despliega los resultados en la capa de presentación.



**Figura 6.5** Esquema básico de la aplicación

En el caso del patrón MVC el procesamiento se lleva a cabo entre sus tres componentes. El controlador recibe una orden y decide quien la lleva a cabo en el modelo. Una vez que el modelo (la lógica de negocio) termina sus operaciones devuelve el flujo vuelve al controlador y este envía el resultado a la capa de presentación.



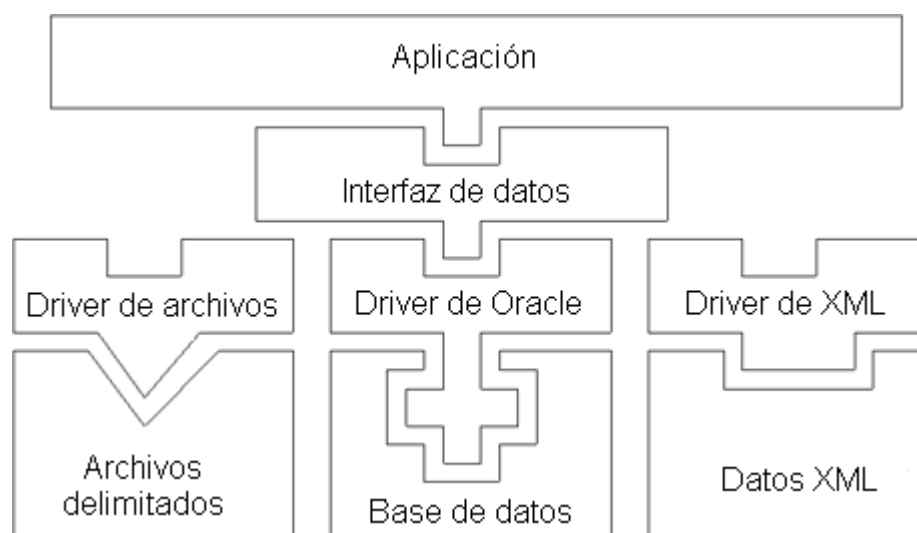
**Figura 6.6** Esquema de aplicación en 3 capas

Las ventajas que se obtiene con este modelo. La respuesta es una separación total entre lógica de negocio y presentación. A esto se le pueden aplicar opciones como el multilinguaje, distintos diseños de presentación, entre otros; sin alterar la lógica de negocio.



La separación de capas como presentación, lógica de negocio, acceso a datos es fundamental para el desarrollo de arquitecturas consistentes, reutilizables y más fácilmente mantenimiento, lo que al final resulta en un ahorro de tiempo en desarrollo en proyectos posteriores.

Para el caso que se desarrollo, se sigue el siguiente esquema del modelo de 3 capas:



**Figura 6.7** Esquema del modelo de 3 capas aplicado a la utilidad

En el caso de la aplicación de intranet que se desarrollo, se implemento el sistema de 3 capas por medio de diferentes tipos de archivos. La capa de presentación o la vista, la componen los archivos jsp (*javaserverpage*) los cuales junto con HTML, son la imagen de lo que el usuario ve. La aplicación tiene los siguientes archivos JSP:

- Bienvenido.jsp: esta es el archivo que contiene la pagina de bienvenida de la aplicación.
- Busqueda.jsp: este archivo contiene el código HTML y java para la búsqueda de equipo de acuerdo a marca, tecnología o tipo de elemento de red.

- editarPrueba.jsp: esta es la página que permite realizarse modificaciones a una prueba hecha ya por algún usuario.
- Estandares.jsp: esta página tiene los enlaces para ver tanto los estándares de la UIT-T como los estándares de la IEC.
- Index.jsp: esta pagina es la primera en desplegarse al llamar a la aplicación y contiene un cuadro de dialogo que permite al usuario identificarse.
- Investigación.jsp: esta página despliega en formato de Word o pdf el informe final del proyecto el cual contiene la investigación.
- Login.jsp: realiza la petición de autenticación de usuarios.
- Pruebas.jsp: esta página contiene la lista de los equipos y el botón para habilitar la realización de la prueba.
- registrarPrueba.jsp: esta página contiene la página principal donde se registran las pruebas.
- verHistorico.jsp: esta página permite ver el registro histórico de pruebas.
- verPruebas.jsp: esta es la página que permite ver el resultado de las pruebas según el equipo, o tecnología.

Para la parte del controlador se tiene un archivo llamado conexión.java y este archivo es código puro de java que comunica el modelo del sistema con los archivos .jsp. Cuando una petición se realiza por una de las páginas de *javaserverpage* esta llama al método de conexión el cual se encarga de realizar el enlace por medio de los métodos definidos para el modelo.

Lo que corresponde al modelo son los siguientes métodos que definen una función en particular con respecto a la base de datos. Los metodos definidos son los siguientes:

- Equipo.java: este método define la búsqueda del equipo en la base de datos para trasladar la información a la página.

- Generalidad.java: este método define el tipo de elemento de red que se está tratando a la hora de almacenar o hacer una petición de información a la base de datos.
- Parámetros.java: este método al igual que los anteriores se liga a la base de datos generando la información para los parámetros junto con la generalidad y equipo.
- Prueba.java: método que se encarga de almacenar y realizar peticiones a la base de datos sobre información de las pruebas.
- Usuario.java: método que realiza la conexión con la base de datos y realiza la autenticación de usuarios.

### **6.3.2 Implementación de la base de datos**

En el ICE utilizan como base de datos Oracle 9.4.2, sin embargo, para la realización del proyecto se elaboró la base de datos en la versión de Oracle 10g Express Edition libre para estudiantes.

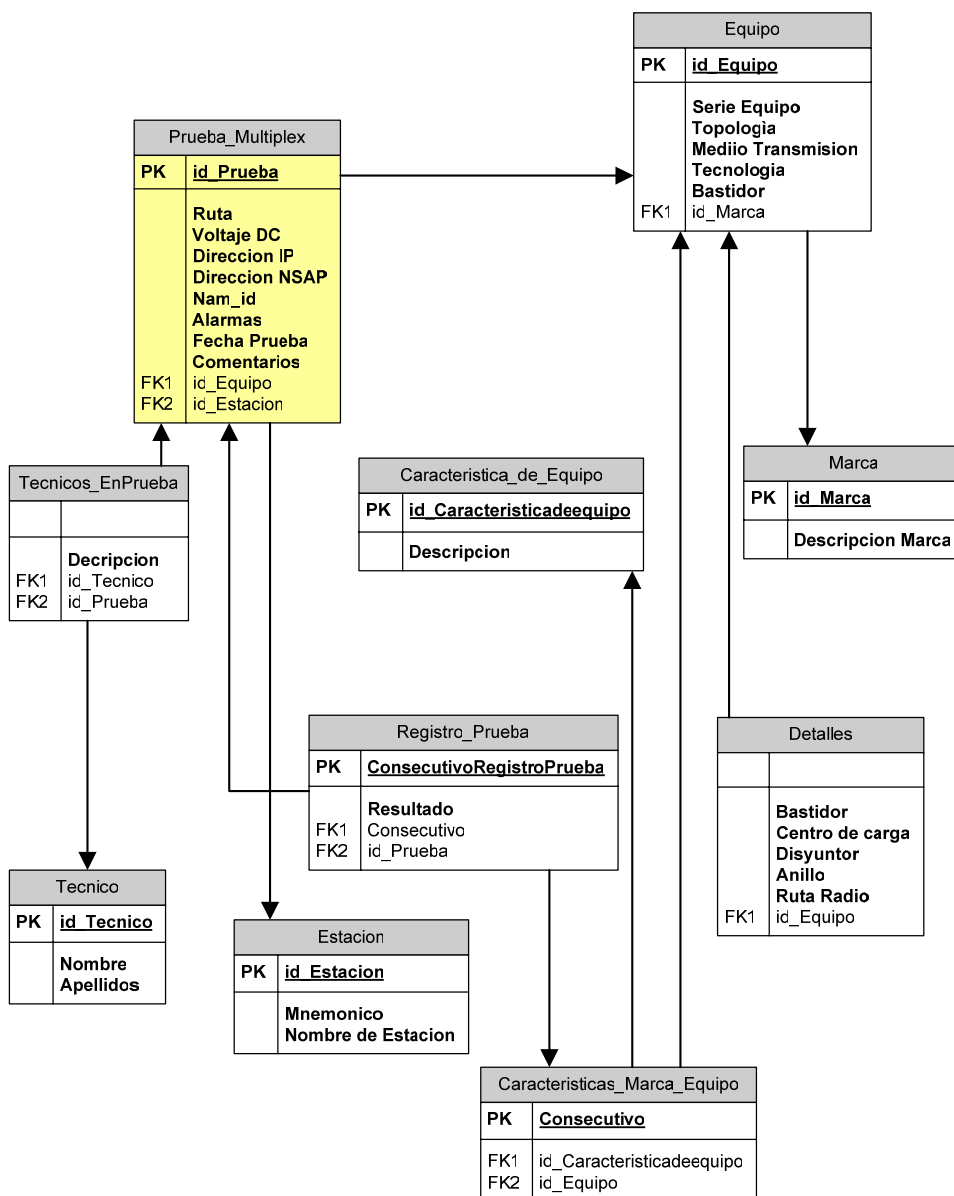
Para la elaboración de la base de datos se siguió el diagrama entidad-relación de la figura 6.7. Este diagrama se realizó para la creación de una base de datos para almacenar pruebas de equipo de fibra óptica, se tomaron ciertas entidades para la realización del prototipo como fueron las siguientes:

- Entidad de pruebas que es genérica
- Entidad de Equipo
- Entidad de Marca del Equipo
- Entidad de técnico
- Entidad de técnicos en prueba

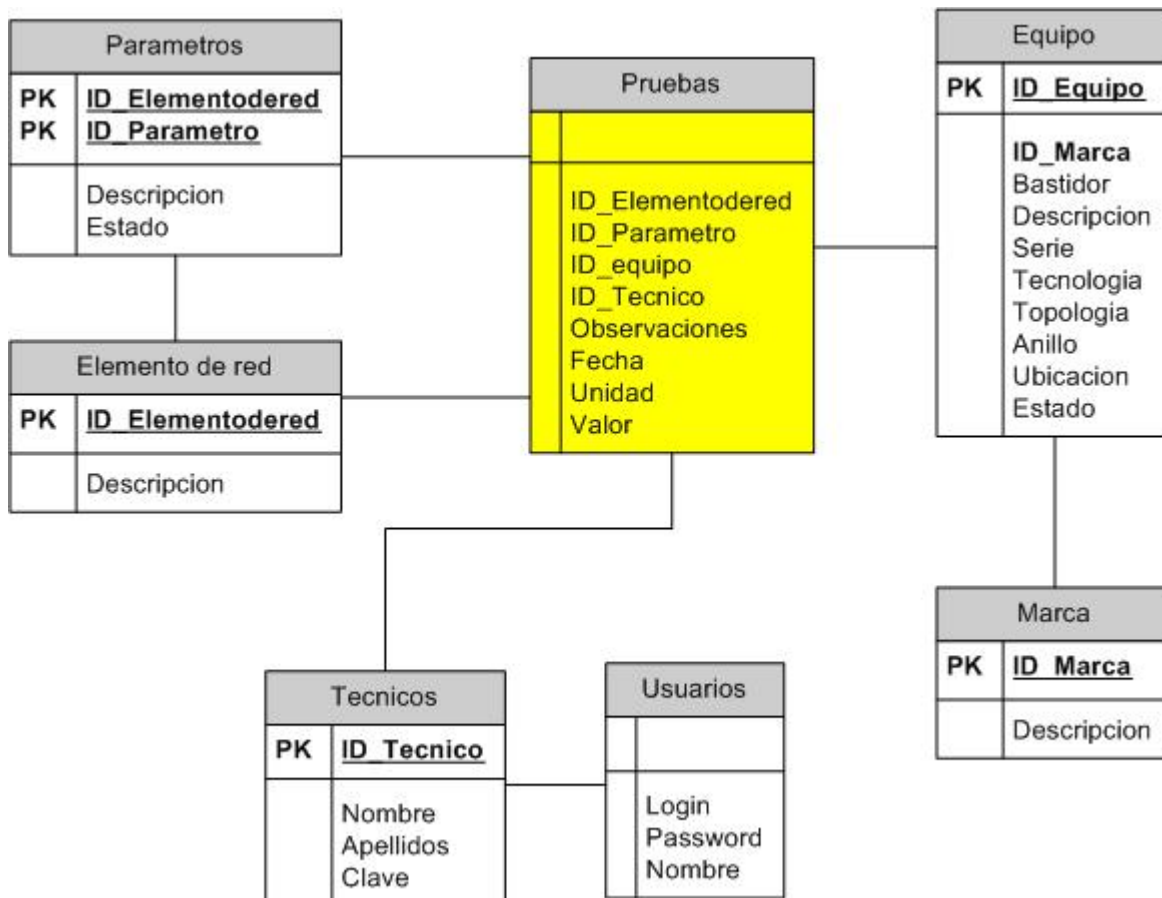
El diagrama entidad-relación de la figura 6.7 fue facilitado por el ICE y es uno de los diagramas entidad-relación utilizados en la base de datos de pruebas para equipos, por lo tanto, sigue un esquema general, pero el diagrama entidad-relación cambia con respecto al que se tiene en el aspecto de que muchos de las

tablas que se tiene en el diagrama entregado por el ICE, no competen para los requerimientos de esta aplicación como prototipo.

Sin embargo, es una buena base de partida para el estudio y generación de modelo relacional para el desarrollo de una aplicación, que no solo se encarga de hacer al protocolo de pruebas un elemento tangible sino que un elemento dinámico que permite su actualización y crecimiento como herramienta.



**Figura 6.8** Esquema Entidad-Relación para pruebas de equipo



**Figura 6.9** Diagrama entidad-relación para pruebas de equipo DWDM

El diagrama entidad-relación de la figura 6.9 muestra las relaciones existentes entre las diferentes tablas que se tienen en la base de datos. Como se puede observar, existen las siguientes tablas de datos:

- Usuarios:** esta tabla contiene el login, el password (contraseña) y el nombre del usuario que va a hacer uso de la aplicación.
- Técnicos:** esta tabla contiene los datos personales del técnico que se encuentra haciendo la prueba de los equipos, que son nombre, apellidos y clave.
- Pruebas:** consiste en la tabla de datos que contiene la información genérica del resultado de las pruebas del equipo. Esta tabla se aplica a todos los elementos de la red de fibra y a todos los parámetros.
- Parámetros:** esta tabla consiste en la lista de parámetros a probar por cada elemento de red existente en el sistema de prueba. Esta tabla permite

identificar a los diferentes parámetros de los diferentes elementos de red de manera dinámica.

- e) **Elemento de red:** esta tabla contiene los elementos de red a probar de la red de fibra óptica DWDM.
- f) **Equipo:** esta tabla contiene los datos pertinentes al equipo, como lo son su ubicación, anillo, bastidor, descripción, marca, numero de serie, etc. Esta tabla se relaciona con la tabla de pruebas para relacionar los valores guardados de las pruebas con los equipos correctos.
- g) **Marca:** Esta tabla contiene información y descripción sobre la marcas de los diferentes equipos.

## Capitulo 7: Conclusiones y recomendaciones

### 7.1 Conclusiones

- a) El tener un protocolo de pruebas ayuda a estandarizar los procesos de mantenimiento y operación de los equipos de red para el óptimo funcionamiento y adecuado mantenimiento del sistema de comunicación.
- b) El seguir los estándares internacionales y apegarse a ellos permite reconocer cuales equipos van a tener la mayor compatibilidad entre si.
- c) El protocolo de pruebas también es una herramienta útil para recolectar información para el diseño de la red DWDM.
- d) El tangible de utilizar una aplicación de *intranet* permite que se estandarice el proceso de recolección de datos y de pruebas permitiendo un acceso dinámico a la información a través de la red interna del ICE.
- e) El hecho de utilizar una base de datos y registro de pruebas histórico permite tener un control mas estricto de la realización de pruebas de equipo para la puesta de operación.
- f) El factor de habilitar el protocolo como una pagina *web* dentro de la aplicación permite que la manipulación del mismo sea más accesible a los usuarios del sistema en general.
- g) El protocolo presenta limitaciones con respecto a información sobre ciertos parámetros que todavía están en estudio y sobre otros estándares que no se consiguieron en el cuadro de tiempo estipulado para la realización y presentación del proyecto.
- h) La aplicación presenta ciertas limitaciones que son que el usuario necesita meter manualmente (por medio del teclado) los valores o resultados de las pruebas obtenidas, lo que da lugar a que existe error humano en el registro de las pruebas.

## 7.2 Recomendaciones

- a) Estar realizando consultas a actualizaciones de los estándares para lograr estar actualizando el protocolo con respecto al avance de los estudio de los parámetros que quedan por definir.
- b) Agregar una sección en la aplicación para el procedimiento metodológico que conlleva cada prueba de diferente parámetro y que este disponible para distintos tipos de parámetros en la aplicación.
- c) Establecer los parámetros establecidos en los estándares de la IEC para completar el protocolo con la mayor cantidad de información actualizada posible.
- d) Modificar la aplicación para automatizar la recolección de ciertos parámetros que se puede realizar por medio de una conexión al equipo por medio de una consola. Este proceso se realiza por medio de un puerto de la computadora que se comunica con la aplicación y esta a su vez, guarda los datos en su correspondiente base de datos.
- e) Implementar nuevos métodos para la generación de reportes de pruebas como realizar una generación de reportes en formato PDF o en formato de Word.
- f) Implementar este tipo de sistema de pruebas a diferentes tipos de infraestructura que tenga el ICE, para estandarizar la metodología de pruebas dentro de toda la organización centralizando los datos de las pruebas y utilizando aplicaciones dinámicas de red para acceder a los reportes y para almacenar los datos obtenidos en las pruebas.



## Bibliografía

1. Neri Vela, Rodolfo. Líneas de transmisión. Distrito Federal, México: McGraw-Hill, 1999. 371-466.
2. “Información sobre el ICE” < [www.ice.go.cr](http://www.ice.go.cr)>
3. “Información sobre DWDM y fibra óptica” <[www.fiber-optics.info](http://www.fiber-optics.info)>
4. Cisco Systems, Inc. Introduction to DWDM for Metropolitan Networks.
5. Cadenhead, Rogers. Aprendiendo Java 2 en 21 días. Mexico. Prentice-Hall. 1999. Cap1-Cap6.
6. Antony, Tony; Gumaste, Ashwin. DWDM Network Desings and Engineering Solutions. Indianapolis, USA: Cisco Press. 2003
7. Agilent Technologies. From Loss Test to Fiber Certification.
8. Recomendación UIT-T G.650.1
9. Recomendación UIT-T G.650.2
10. Recomendación UIT-T G.651
11. Recomendación UIT-T G.652
12. Recomendación UIT-T G.653
13. Recomendación UIT-T G.654
14. Recomendación UIT-T G.655
15. Recomendación UIT-T G.656
16. Recomendación UIT-T G.661
17. Recomendación UIT-T G.662
18. Recomendación UIT-T G.663
19. Recomendación UIT-T G.664
20. Recomendación UIT-T G.665
21. Recomendación UIT-T G.692

- 22. Recomendación UIT-T G.694
- 23. Recomendación UIT-T G.697
- 24. Recomendación UIT-T G.698
- 25. Recomendación UIT-T G.957
- 26. Recomendación UIT-T G.957.1

## Apéndices

### A.1 Glosario, abreviaturas y simbología

**Absorción:** corresponde a un tipo de atenuación óptica que ocurre cuando la energía óptica se disipa en forma de calor. Una de las causas de la absorción son impurezas introducidas en las fibras durante el proceso de manufactura.

**ADM:** Acrónimo para *Add/drop multiplexer*. Equipo digital utilizado como interfaz entre bajas tasas de transmisión y altas tasa de transmisión de datos.

**Atenuación:** sucede cuando se va debilitando la señal a lo largo de la guía de onda de fibra óptica. La atenuación es causada por una combinación de los efectos de absorción y dispersión cromática, es expresa en decibeles por kilómetro. (dB/km).

**Ancho de banda:** Dentro del tema de redes ópticas, se refiere al rango de frecuencias donde una determinada longitud de onda o dispositivo puede transmitir datos o información.

**Ángulo crítico de incidencia:** es el ángulo de incidencia en el cual la luz deja de ser refractada y es totalmente reflejada cuando el haz de luz incide de un material con cierta densidad a otro con menor densidad, el ángulo de incidencia.

**BER:** Acrónimo en ingles para *Bit error rate*. Es la tasa de bits recibidos incorrectamente.

**Birrefringencia:** Propagación a diferente velocidad de cada polarización ortogonal. Anisotropía.

**Centro de longitud de onda:** medida de la longitud de onda tomando como referencia el punto central de la potencia óptica efectiva del láser.

**Canal:** una trayectoria para comunicaciones o una señal enviada por una trayectoria. Utilizando multiplexación, varios canales pueden ser enviados por un solo medio (cobre o fibra). En tecnología WDM, a cada canal se le asocia una longitud de onda ( $\lambda$ ).

**Decibel (dB):** es una medida en escala logarítmica para la medir niveles de potencia, en este caso se mide la potencia en transmisiones ópticas.

**Demultiplexor:** modulo que separa una dos o más señales que han sido mezcladas en una sola por medio de un multiplexor.

**Dieléctrico:** es una sustancia aislante o no conductora por lo que tiene una gran resistencia al flujo de corriente eléctrica a través de la misma.

**Diodo láser:** Un dispositivo de semiconductor que emite la luz coherente cuando está polarizado hacia delante.

**Dispersión cromática:** esto sucede cuando en una fibra óptica viajan a diferentes velocidades diferentes longitudes de onda en un impulso óptico y estos llegan en diferentes momentos, en resultado, la señal recibida se encuentran ensanchamientos y deformaciones.

**Dispersión:** separación temporal de una señal luz causada por las velocidades que viajan las diversas señales de luz a través de una guía de onda óptica. La dispersión se puede causar por efectos modales o cromáticos.

**DSF: *Dispersion-shifted fiber.*** Es un tipo de fibra óptica monomodo diseñada para tener ninguna dispersión en el área de las longitudes de onda de 1550 nm.

DSF trabaja muy mal para aplicaciones de DWDM debido a sus no linealidades en el punto de cero dispersiones.

**DWDM:** *Dense wavelength division multiplexing*. Es la transmisión de múltiples señales a través de una sola fibra óptica utilizando diferentes longitudes de onda para determinar los distintos canales.

**Núcleo:** es el material ubicado en el centro de la fibra óptica por donde viaja la información en forma de un haz de luz. Tiene un índice de refracción mayor que en el revestimiento.

**Fibra a oscuras:** es una fibra óptica inactiva, cuando se acaba de instalar la fibra se encuentra “a oscuras”, se encuentra reservada para un uso futuro.

**Filtro dicróico:** es un filtro óptico que transmite únicamente los haces de luz de determinada longitud de onda.

**Rejilla de difracción:** *diffraction grating*. Es un rayo conformado por finas líneas de reflexión o transmisión en paralelo, igualmente espaciadas, que aumentan los efectos de la difracción de la luz en direcciones específicas que son determinadas por el espaciado entre las líneas y por la longitud de onda.

**Revestimiento:** *cladding*, material dieléctrico que rodea el núcleo de una fibra óptica. El revestimiento tiene un índice de refracción menor que el núcleo lo que causa que el haz de luz sea transmitido a través del núcleo.

## A.2 Manual del usuario

Para el uso de la aplicación de de protocolo de prueba, primero se entra una pagina donde se pide al usuario su *login* y contraseña como se puede observar en la figura A.2.1

**ICE Aplicación**

Nombre de Usuario:

Clave:

**Figura A.2.1** Pantalla de inicio de la aplicación

Como se puede observar en la figura anterior, al iniciar la aplicación se abre un cuadro de dialogo que pide el nombre del usuario o *login* y la contraseña. Una vez digitados, se aprieta el botón ingresar.

**ICE**

**Buscar**

Por favor digite el patrón que desea consultar en nuestro sistema.

[Ver Histórico](#)

**Información**

Consulte esta sección para informarse tecnológicamente.

[Ver Estándares](#)  
[Protocolo DWDM](#)  
[Informe Técnico del protocolo](#)

**Bienvenido al sistema del ICE**

Este proyecto trata de pruebas a artículos que se encuentran en la base de datos del ICE. Ha sido desarrollado en Java, 3 Capas y con software libre. Como base de datos se ha utilizado Oracle y se ha accedido por JDBC.

Nombre: Salas Naranjo James

Diagrama de Protocolo para equipo DWDM

ICE - Instituto Tecnológico Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en Electrónica.

**Figura A.2.2** Página principal de la aplicación

Una vez, que se entra a la aplicación se entra a la página principal la cual se observa en la figura A.2.2. El uso de la aplicación es muy sencillo, se tiene en la sección de menús varios links con los cuales se accedan a diferentes partes de la aplicación.

Se tiene el enlace de ver histórico, el cual pide el rango de fechas, fechas en la cuales se tomaron las mediciones que son necesarias encontrar.

**Figura A.2.3** Historial de pruebas

El historial de pruebas tiene 2 fechas para establecer la búsqueda, en los primeros campos se introduce la fecha más antigua y en el segundo la fecha más actual. Y se le da el botón de buscar. Los resultados se despliegan debajo de la barra con las distintas características del equipo.

Otro de los enlaces importantes de la aplicación es el Ver Estándares, este link permite ver todos los estándares utilizados para realizar y definir los métodos de prueba de sistemas de fibra óptica recomendados por la UIT-T y por la IEC.

Después se tiene un link que corresponde al despliegue del protocolo como una pagina *web*. En el cual el usuario puede repasar cuales son los parámetros que debe de tomar para la prueba.

El ultimo *link* en el menú se trata sobre un *link* al informe final del proyecto que se utiliza como material de referencia para aquellos usuarios que requieran un poco mas de información.





**ICE**

### Buscar

Por favor digite el patrón que desea consultar en nuestro sistema.

[Ver Histórico](#)

### Información

Consulte esta sección para informarse tecnológicamente.

[Ver Estándares](#)  
[Protocolo DWDM](#)  
[Informe Técnico del protocolo](#)

### Resultados de la búsqueda

Estimado usuario, a continuación se muestran los resultados de la búsqueda para los datos que usted digitó.  
Para realizar la búsqueda digite la información que desea consultar y posteriormente haga clic en el botón buscar.

ID	SERIE	MARCA	TECNOLOGIA	DESCRIPCION	ANILLO	UBICACION	ESTADO	HACER PRUEBA
<a href="#">0002</a>	12345678	Lucent Technologies	DWDM	Multiplexor de 50 canales de 12 Gbps. Con 3 tarjetas de enlace de datos.	DWDN METRO	Santa Ana		<input type="button" value="Hacer prueba"/>
<a href="#">0003</a>	12568900	ECI Telecom	DWDM	Demultiplexor de la empresa ICE. Adquirido el 19 de mayo del 2006	SDH NORTE 1	San Rafael de Guatuso.		Equipo Inactivo

ICE - Instituto Tecnológico Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en Electrónica

**Figura A.2.4** Pagina donde se muestran los acceso a la pruebas

Al presionar el botón de realizar la prueba, este lleva a una nueva página la cual tiene el formato para realizar la prueba. Esta nueva pagina que se observa en la figura siguiente contiene pestañas para escoger el elemento de red que esta en prueba, el parámetro a registrar, la unidad del valor, el valor en si y una sección de observaciones donde se puede colocar diversos tipos de comentarios sobre las condiciones en la prueba fue realizada como el tipo de instrumento de medición, largo del cable, frecuencia de operación, etc.

**ICE**

## Buscar

Por favor digite el patrón que desea consultar en nuestro sistema.

[Ver Histórico](#)

## Informacion

Consulte esta sección para informarse tecnológicamente.

[Ver Estandares](#)  
[Protocolo DWDM](#)  
[Informe Técnico del protocolo](#)

## Pruebas para el equipo 0002

Estimado usuario, a continuación se muestran los resultados de la búsqueda para los datos que usted digitó. Para realizar la búsqueda digite la información que desea consultar y posteriormente haga clic en el botón buscar.

### HACER PRUEBA

Elementos de red:

Parametro:

Unidad:

Valor:

Observaciones:

**Figura A.2.5** Página donde se registra la prueba realizada

### **A.3 Información sobre la empresa**

#### **A.3.1 Descripción de la empresa<sup>18</sup>**

El instituto costarricense de electricidad (ICE) nace el 8 de abril de 1949 por el decreto de ley No. 449 como una institución autónoma, con personalidad jurídica y patrimonio propio. Le corresponde por medio de sus empresas, desarrollar, ejecutar, producir y comercializar todo tipo de servicios públicos en el sector de electricidad y telecomunicaciones; así, como dirigir las actividades complementarias de estos sectores.

Entre parte de sus objetivos primarios, el ICE debe de desarrollar, de forma sostenible con el medio, las fuentes de energía del país y suministrar el servicio de electricidad. A su vez, también esta encargado de desarrollar y prestar los servicios de telecomunicaciones fortaleciendo la economía nacional y el bienestar de los costarricenses.

En 1963, por medio de la ley No. 3226, se le confirió al ICE un nuevo objetivo el cual es el establecimiento, mejoramiento, extensión y operación de los servicios de comunicaciones telefónicas, radiotelegráficas, radiotelefónicas en el territorio nacional.

Con el pasar del tiempo, ha evolucionado como un grupo de empresas estatales, integrado por el ICE (sector de electricidad y telecomunicaciones) y sus empresas: Radiográfica Costarricense S.A (RACSA) y Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A. (CNFL), las cuales se le conoce por su trayectoria en diversos proyectos de modernización.

Su misión es "...servir a los mercados de la industria eléctrica y de las telecomunicaciones e información, con niveles de competitividad internacional, a

---

<sup>18</sup> Información recopilada de [www.ice.go.cr](http://www.ice.go.cr)

través de un enfoque de multiservicios y aplicaciones, para satisfacer las crecientes y variadas necesidades de los clientes, manteniendo una posición de liderazgo en los nuevos segmentos de estas industrias y segmentos asociados, de acuerdo con el marco jurídico vigente”.

Su visión: “Empresa propiedad del Estado, competitiva, líder en el mercado de las telecomunicaciones, información e industria eléctrica con la mejor tecnología y recurso humano al servicio del cliente y la sociedad costarricense, que contribuya con el desarrollo económico, social y ambiental, promoviendo la universalidad del servicio en el ámbito nacional y el uso racional de los recursos naturales”.

### **A.3.2 Descripción del departamento en la que se realizará el proyecto**

El proceso de Transmisión del ICE pertenece a la llamada UEN (Gestión de Red y Mantenimiento) donde el mismo encaja dentro del nivel de "Gestión de Averías", "Conmutación", "Electromecánica y Civil" y "Planta Externa", entre otros. A saber el Departamento de Transmisión cuenta con dos instalaciones físicas principales: el Edificio Administrativo, localizado al costado sur del Edificio Central del ICE en San Pedro y el Proceso de Transmisión en el sexto piso del Edificio Central. En el cuarto piso del mismo edificio se le ha asignado un espacio físico para el equipo propio de radio enlaces de baja capacidad, radiotelefonía, microondas, multiplexores de fibra óptica y sincronización y el laboratorio de reparación.

Dentro del amplio margen de actividades y tareas propias del Departamento en cuanto a operaciones y mantenimiento de equipos se enumeran: pruebas de aceptación (del equipo entrante), reparación de averías, mantenimiento preventivo y trabajos especializados, así también como la operación de los equipos que suplen la telefonía fija nacional.

**Anexo B.1** Estándar para la creación de Bases de datos y Desarrollo de aplicaciones informáticas



## **Estándar para la creación de Bases de datos y Desarrollo de aplicaciones informáticas**

**Unidad Investigación y Desarrollo  
Operación y Mantenimiento – Tx  
UEN – GRM**

**Responsables:  
Ing. Jorge E. Oviedo Campos  
Ing. Carlos Rojas Soto  
Bach. Guiselle Abarca Ureña**

**Mayo, 2005**

## Contenido

Contenido.....	78
Indicaciones generales.....	79
Introducción.....	80
Estándares para la creación de bases de datos.....	81
Estándares para programación de proyectos informáticos cliente/servidor .....	82
Estándares para programación de proyectos informáticos web.....	83

## Indicaciones generales

En este apartado se explicará brevemente la sintaxis y convenciones empleadas en el documento, para facilitar la comprensión al lector.

Todos los nombres de variables o campos que estén compuestos por dos o más palabras, deben separarse por el símbolo anderscord “\_”. Ej. id\_nombre.

El texto en itálica y encerrado por llaves “<>” es modificable. Ej. <siglas\_campo>

El texto que no aparece encerrado por llaves es invariable. Ej. PK\_<nombre de tabla>\_<nombre de campo>

## **Introducción**

La Unidad de Desarrollo Tecnológico, ha establecido los procedimientos, estándares y parámetros que permitirán medir el desempeño del equipo y mejorar la calidad de cada desarrollo que se ejecute en esta unidad.

Por tal motivo se dictan en este documento dichas normas y procedimientos que se implementarán a partir del segundo semestre del año en curso (junio 2005), facilitando la labor tanto del programador como el encargado del mantenimiento de las aplicaciones que se van desarrollando en el Proceso.

El objetivo de este documento es: establecer una serie de normas que contribuyan a ordenar y facilitar tanto la creación de bases de datos como el desarrollo (programación) de nuevos proyectos.

Con ello se pretende, facilitar la tarea de programación al personal nuevo, sea este ocasional o fijo, y contribuir para que el mantenimiento de aplicaciones sea más eficiente y sencillo.



## Estándares para la creación de bases de datos

Para la creación de bases de datos, se utilizará Oracle 9i. Creando un Tablespace para cada aplicación. Así,

Tablespace:

Nombre: *<siglas del área>\_<siglas de la aplicación>*

Tamaño: 50 MB autoextend default

Tablas:

Nombre: *<Nombre significativo>* “si el nombre es compuesto debe separarse por el símbolo “\_”

Columnas:

Primary key *Id\_<nombre de tabla>*

Foreign key *<nombre de llave primaria de la tabla padre>*

Otras: nombre significativo.

Debe incluirse un comentario en cada tabla y en cada columna, con una descripción clara y breve, esta opción será obligatoria.

Constraints:

Primary key: *PK\_<nombre de tabla>\_<nombre de campo>*

El nombre de tabla en este caso, no debe exceder los cinco caracteres.

Foreign key: *FK\_<nombre de tabla padre>\_<nombre de tabla hija>\_<nombre de campo>*

Check: *<nombre de tabla>\_<nombre de campo>\_<siglas del tipo de restricción>*

En donde, nombre de tabla no debe exceder los cinco caracteres y el nombre del campo será completo. Ejemplos de tipo de restricción *<NN>* Not null; *<CHK>* check.

Cada script debe quedar documentado en un archivo de tipo texto. Tanto los DDL como los DML.

Stored procedure:

Nombre: *SP\_<nombre significativo>*

Todas las variables y procedimientos deben estar documentadas dentro del código y debe detallarse que ventana o módulo lo ejecuta.

## Parte 1. Gráfica

### Estándares para programación de proyectos informáticos cliente/servidor

Para el desarrollo o programación de proyectos se utiliza el lenguaje java (Web start), la metodología de tres capas (lógica, conexión a base de datos y aplicación (gráfica)).

Todas las imágenes que se utilicen deben ser creadas como: .jpg, .gif, .png.

El estándar para la declaración de nombres de campos será como se muestra a continuación:

Elemento Gráfico	Nombre estándar en minúscula
Text field	txt_ <nombre_columna_de_base_de_datos>
Label	lbl_ <texto_que_contiene>
Buttom	btn_ <nombre_de_acción_a_realizar>
Check box	chk_ <nombre_de_opción>
Radio Bottom	rdb_ <nombre_de_opción>
List (Jlist)	lst_ <nombre_de_título_de_la_lista>
Text area	txta_ <nombre_de_columna_de_base_de_datos>
Password fiel	pwd_ <nombre_de_columna_de_base_de_datos>
Combo box	cmb_ <nombre_de_título_de_la_lista>
Table	tbl_ <nombre_de_título_de_la_tabla>
Menú	mnu_ <nombre_de_opción>
Menú Item	smnu_ <nombre_de_opción>
Frame	fra_ <nombre_del_módulo>
Internal Frame	ifra_ <nombre_del_sub_módulo>
Toggle buttom	tbtn_ <nombre_de_acción>
Panel	pnl_ <nombre_de_título_del_panel>
Scroll	scr_ <nombre_del_panel (o frame)>
Image	img_ <nombre_de_archivo>
Tabs	tbs_ <nombre_de_conjunto>
Tab option	tbso_ <nombre_de_opción>
Grid	grd_ <nombre_título_grid>

## Estándares para programación de proyectos informáticos web – HTML.

Para desarrollar proyectos en web se utiliza el lenguaje java (Web start), la metodología de tres capas Model View Controller (MVC), puede desarrollarse puro o utilizar el método Struts.

Elemento	Nombre estándar en minúscula
Gráfico	
Input:	
Text field	txt_ <nombre_columna_de_base_de_datos>
Text area	txta_ <nombre_de_columna_de_base_de_datos>
Label	lbl_ <texto_que_contiene>
Submit	subm_ <nombre_de_acción>
Buttom	btn_ <nombre_de_acción_a_realizar>
Reset	rst_ <nombre_de_acción>
Check box	chk_ <nombre_de_opción>
Radio Bottom	rdb_ <nombre_de_opción>
Select	cmb_ <nombre_de_título_de_la_lista>
Layer	lay_ <nombre_de_capa>
List	lst_ <nombre_de_título_de_la_lista>
Form	frm_ <nombre_de_módulo>
Password fiel	pwd_ <nombre_de_columna_de_base_de_datos>

## Parte 2. Objetos

### Estándares para programación de proyectos informáticos en Java (código fuente)

Debe documentarse cada uno de los objetos dentro del código.

Tipo de dato	Nombre estándar
Clases	Con mayúscula la primera letra, si es compuesto de varias palabras, se separan por raya abajo y la primera letra siempre en mayúscula. Primero_Segundo
Constructores	Comentar cada uno de los mismos, bajo que condiciones se usa cada uno.
Métodos	Con mayúscula la primera letra, si es compuesto de varias palabras, se separan por raya abajo y la primera letra siempre en mayúscula. Metodo_Clase()
Métodos sobrecargados	Comentar cada uno de ellos.
Instancias	Instancia de una clase con minúscula.
Librerías	Todo con minúscula java.io.clase
Variables	Todo con minúscula contador. Si es temporal poner t_nombre
Constantes	Todo con mayúscula: ANCHO.
Parámetros	Todo con minúscula y agregar una p adelante: p_nombre.

**Anexo B.2** Recomendación UIT-T G.692