

## Resumen

Este trabajo de tesis presenta el análisis de distintos parámetros de capa física necesarios para la implementación de los enlaces ópticos WDM en el proyecto Delta Metropolitana de Supercómputo. Dicho proyecto pretende la implementación de un GRID metropolitano entre tres de las instituciones educativas mas importantes del país, utilizando tecnología WDM con tasas de transmisión de 2.5 y 10 Gbps. De esta manera, mediante la ayuda de un simulador basado en LabVIEW, esta tesis presenta de manera detallada los fenómenos inherentes a la transmisión; como dispersión, atenuación y efectos no-lineales, así como las limitaciones que cada uno de éstos y en conjunto involucran. De igual forma, se presentan una serie de pruebas experimentales con equipos ópticos WDM comerciales, haciendo énfasis en las principales características de los dispositivos que lo componen y las características de un enlace óptico real.

En particular, el análisis muestra que utilizando pulsos modulados en amplitud del tipo NRZ a tasas máximas de 10 Gbps sobre fibra G.652, la distancia de transmisión en los enlaces de la Delta se encuentra limitada principalmente por la atenuación y no por el ensanchamiento del pulso debido a la dispersión cromática. Debido a que la atenuación de los enlaces asciende hasta 25 dB en tan solo 40 km, se hace imposible la utilización de fotodiodos del tipo *p-i-n* para 10 Gbps, de lo contrario se deberán utilizar amplificadores en los nodos. Así mismo, debido a las características de los enlaces propuestos, la aparición de efectos no-lineales no trae limitación alguna.

De acuerdo a nuestro análisis, los enlaces de la Delta Metropolitana deberán emplear tarjetas transmisoras-receptoras basadas en láseres DFB con sistemas de enfriamiento, control de estabilidad y basadas en fotodiodos APD para 10 Gbps y *p-i-n* para 2.5 Gbps con sensibilidades alrededor de los -28 dB. Tarjetas multiplexoras y demultiplexoras que presenten pérdidas por inserción menores a los 5 dB y crosstalk para canales adyacentes menor a los -16 dB. Utilización de codificación FEC con el fin de contrarrestar la degradación de la señal, especialmente debido a la atenuación. Utilización de fibra tipo G.655, con el fin de que junto con la utilización de codificación FEC, se permita el empleo de 40 Gbps en un futuro.

## Abstract

This thesis work presents the study of different physical layer considerations that are needed for the WDM optical links in the Supercomputing Metropolitan Delta project. This project intends the implementation of a metropolitan GRID among three of the most important Higher Education Institutions in Mexico, using WDM technology at 2.5 and 10 Gbps. Aided by a simulator written in LabVIEW, the transmission phenomena observed in such links, like dispersion, attenuation and non-linear effects are analyzed. Moreover, several experimental tests with commercial WDM optical equipments are presented, putting emphasis on the main characteristics of the devices that compose such system, as well as the characteristics of a real optical link.

In particular, our analysis shows that by using NRZ pulses with bit rates up to 10 Gbps over G.652 fiber, the transmission length is limited by the attenuation and not by the pulse broadening due to chromatic dispersion. Because the attenuation goes up to 25 dB in only 40 km, it is impossible to use *p-i-n* photodetectors for 10 Gbps, otherwise optical amplifiers must have to be used. In the same manner, due to the characteristics of the links proposed, there are no limitations by non-linear effects.

According to our analysis, the Metropolitan Delta links will need to use transceivers based on DFB lasers with stability control and APD for 10 Gbps and *p-i-n* for 2.5 Gbps with sensitivities around -28 dB. In the same manner, multiplexers and demultiplexers boards with insertion losses below 5 dB and inter-channel crosstalk below -16 dB will have to be used. FEC codification is proposed in order to minimize the signal degradation due to attenuation and replace the need of amplifiers. Finally, the use of G.655 fiber is suggested so 40 Gbps systems can be implemented with help of FEC codification in the future.