Por

**Juan José Silva Cuevas**
Proyecto de Ingeniería Física

**Tecnológico de Monterrey**
Monterrey, Nuevo León

Supervisada por:

**Dr. Blas Manuel Rodríguez Lara**
Profesor Investigador,
Escuela Nacional de Ingeniería y Ciencias,
Tecnológico de Monterrey, campus Monterrey.

# Abstract

# Resumen

# Agradecimientos

# Dedicatoria

***A mi familia.***

# Contents

¡¡¡¡¡¡¡ HEAD

# Introducción

# Chapter 1

# Sobre guías de ondas

### 1.0.1 Helm

$$\nabla \cdot E = 0, \tag{1.1a}$$
$$\nabla \times = -d_t B, \tag{1.1b}$$
$$\nabla \cdot B = 0, \tag{1.1c}$$
$$\nabla \times B = \frac{{}_t E}{v^2}, \tag{1.1d}$$

$$\hat{E}_0 = E_x \hat{x} + E_y \hat{y} + E_z \hat{z} \tag{1.2a}$$
$$\hat{B}_0 = B_x \hat{x} + B_y \hat{y} + B_z \hat{z} \tag{1.2b}$$

$$d_y E_x - d_x E_y = iwB_z \tag{1.3a}$$
$$ikE_x - d_x E_z = iwB_y \tag{1.3b}$$
$$d_y E_z - ikE_y = iwB_x \tag{1.3c}$$
$$d_x B_z - d_y B_x = \frac{-iwE_Z}{v^2} \tag{1.3d}$$
$$ikB_x - d_x B_z = \frac{-iwE_y}{v^2} \tag{1.3e}$$
$$d_y B_z - ikB_y = \frac{-iwE_x}{v^2} \tag{1.3f}$$

Operando entre ellas se puede llegar ha

$$E_x = \frac{i}{(\frac{w}{v})^2 - k^2}(kd_x E_z + wd_y B_z) \tag{1.4a}$$

$$E_y = \frac{i}{(\frac{w}{v})^2 - k^2}(kd_y E_z - wd_x B_z) \tag{1.4b}$$

$$B_x = \frac{i}{(\frac{w}{v})^2 - k^2}(kd_x B_z - \frac{w}{v^2}d_y E_z) \tag{1.4c}$$

$$B_y = \frac{i}{(\frac{w}{v})^2 - k^2}(kd_y B_z - \frac{w}{v^2}d_x E_z) \tag{1.4d}$$

De este procedimiento se obtienen

$$[d_x^2 + d_y^2 + (\frac{w}{v})^2 - k^2]E_z = 0 \tag{1.5a}$$

$$[d_x^2 + d_y^2 + (\frac{w}{v})^2 - k^2]B_z = 0 \tag{1.5b}$$

### 1.0.2 Guías en fibras metálicas

$$\nabla \cdot E = 0, \nabla \times E = d_t B \tag{1.6a}$$

$$\nabla \cdot B = 0, \nabla \times B = \mu\epsilon E + \mu\sigma E \tag{1.6b}$$

Operando el rotaciones en la ultima ecuacion y usando la identidad del triple producto vectorial obtenemos

$$\nabla^2 E = \mu\epsilon d_t^2 E + \mu\sigma d_t E \tag{1.7a}$$

$$\nabla^2 B = \mu\epsilon d_t^2 B + \mu\sigma d_t B \tag{1.7b}$$

Utilizando la formulación imaginaria de los campos

$$\widehat{E}(z,t) = \widehat{E}_0 e^{\hat{k}z - wt}; \widehat{B}(z,t) = \widehat{B}_0 e^{\hat{k}z - wt} \tag{1.8}$$

Operando con ellas y usando las ecuaciones 1.7, obtenemos una ecuacion para el numero de onda

$$\widehat{k}^2 = \mu\epsilon w^2 + i\mu\sigma w \tag{1.9}$$

Quitando las dependecia de la frecuencia $w$

$$(k+i\kappa)^2 = k^2 - \kappa^2 + 2ik\kappa = \mu\epsilon w^2 + i\mu\sigma w \tag{1.10a}$$

$$k^2 - \kappa^2 = \mu\epsilon w^2; 2k\kappa = \mu\sigma w \tag{1.10b}$$

$$\text{por lo que } \kappa = \frac{\mu\epsilon w}{2k} \tag{1.10c}$$

$$\text{Metiendo las equivalencias obtenidas a las ecuaciones originales } k^4 - \frac{\mu^2\sigma^2 w^2}{4} - \mu\epsilon w^2 = 0 \tag{1.10d}$$

$$\text{Completando cuadrados llegamos a} \quad k = w\sqrt{\frac{\epsilon m}{2}} \tag{1.10e}$$

### 1.0.3 Guías dieléctricas

Que son las ecuaciones de Helmholtz en dos dimensiones. Estas ecuaciones pueden ser generalizadas a

$$B_t = \frac{}{\mu\epsilon\frac{w^2}{c^2} - k^2}[D_t(d_z Bz) + i\mu\epsilon\frac{w}{v}e_3 \wedge D_t E_z \tag{1.11a}$$

$$E_t = \frac{}{\mu\epsilon\frac{w^2}{c^2} - k^2}[D_t(d_z Ez) - i\frac{w}{v}e_3 \wedge D_t B_z \tag{1.11b}$$

Donde $t$ es la componente transversal

# Chapter 2

# Chapter 3

# Chapter 4

# Bibliography