



**GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA**

**TREBALL FINAL DE GRAU. RESUM EXTENS.**

---

**Lents polaritzades:  
Polarització, lents i utilitats clíniques**

**Pablo Roig UII**

**DIRECTOR**  
Jesús Armengol Cebrian

**5- Juliol-2022**



Aquest treball neix de la necessitat interior de respondre qüestions respecte les lents i làmines polaritzades, aquestes diferents qüestions com, quines són les diferents lents polaritzadores del mercat actual (lent polaritzada mineral, orgànica, fotocromàtica), com es fabriquen i com funcionen. Per una altra banda, el treball enfoca el fenomen de polarització a un sector més clínic en el que es mostra quin és el funcionament de diferents tests optomètrics com el "Test de Randot", els vectogrames i les làmines antisuressives emprades a teràpia visual. També són explicats diferents fenòmens i utilitats en què l'efecte de la polarització a partir de lents o làmines té importància en situacions externes de la clínica, com en situacions en les quals l'ésser humà es veu envoltat de neu, mar, cine 3D... És per això que vaig creure que el millor era començar fonamentant els conceptes relacionats amb la llum recopilant una mica d'"història" de l'òptica fins a arribar a la teoria electromagnètica que ens permet estudiar la polarització de les ones electromagnètiques i determinar quins són els diferents tipus de llum polaritzada i com obtenir-la, per tant, en aquest treball es tracta a la llum com el conjunt d'ones electromagnètiques, que vibren en múltiples direccions per l'espai en què es desplacen. Existeixen tres tipus diferents de llum polaritzada segons sigui la vibració dels camps elèctrics i magnètics, lineal, circular i el·líptica. El que coneixem com a llum natural o "no polaritzada" no és més que una barreja temporal d'aquests. En el primer cas la llum linealment polaritzada és aquesta llum que es caracteritza per tenir una direcció de vibració dels camps constant i només varia el seu mòdul, en segon lloc, la llum circularment polaritzada es caracteritza per tenir un mòdul constant i la direcció dels camps girant al voltant de la direcció de propagació, finalment, el tercer tipus de llum polaritzada que es pot trobar és la llum el·lípticament polaritzada, aquesta es caracteritza per la variació de la direcció dels camps i el seu mòdul de manera coordinada. Com que habitualment les fonts de llum tenen llum no polaritzada (la seva polarització varia molt de pressa en el temps) hem de veure com podem aconseguir llum polaritzada. La polarització per absorció és la primera manera d'obtenir aquesta llum polaritzada linealment, aquest tipus de polarització és dona quan un material, ja sigui natural com certs minerals o sintètic com les pròpies làmines polaritzadores, són capaços d'absorbir de forma selectiva la llum que vibra perpendicularment l'eix de transmissió d'aquest material. La segona forma d'obtenir llum polaritzada lineal és a partir de la reflexió, aquesta situació es dona quan la llum incideix a una superfície de separació de dos medis dielèctrics, en aquest cas la llum reflectida ho fa de manera diferent segons els camps siguin paral·lels o perpendiculars al pla d'incidència, depenent de l'angle

d'incidència a la superfície el grau de polarització pot variar, aquest grau de polaritat arriba a ser màxim (100%) a l'angle de Brewster ( $\tan\theta_p = \frac{n_2}{n_1}$ ), amb aquesta fórmula es determinarà quin serà l'angle en què la llum reflectida està completament polaritzada per a cada medi en el qual incideix la llum. La tercera manera d'obtenir llum polaritzada lineal és a partir de la dispersió, aquesta condició es dona quan la llum natural interacciona amb una molècula, on una petita part d'aquesta llum es dispersa en direccions diferents a la de propagació i és polaritzada en les direccions perpendiculars a la direcció de propagació. Per últim, la quarta forma d'obtenir llum polaritzada és a partir de la birefringència, aquesta polarització es produeix quan la llum no polaritzada travessa un medi en el qual la velocitat de propagació canvia depenent de la direcció dels camps, a causa d'aquesta condició es poden obtenir dos raigs de llum polaritzats en direccions perpendiculars. Un dels instruments més utilitzats per polaritzar la llum són les lents i les làmines polaritzadores. La fabricació d'aquestes làmines segueix un procés en què, primerament s'ha d'obtenir un polímer d'alcohol polivinílic i aquest, serà estirat a una temperatura en concret formant així una alineació entre les molècules que formen aquesta làmina d'alcohol polivinílic, una vegada la pel·lícula hi ha set estirada, aquesta se sotmetrà a un bany de iode líquid, on els ions d'aquest líquid s'aferraran a làmina anteriorment fabricada donant així l'oportunitat a aquests ions de iode que es desplacin per les cadenes d'hidrocarburs que formen la làmina absorbint així la llum que viatja de forma paral·lela a ells. La fabricació de lents polaritzades es diferencia de la fabricació de les làmines pel simple fet de què les lents consten d'un substrat orgànic o mineral que envolta aquesta làmina polaritzadora. A l'hora de fabricar aquestes lents, una vegada ja ha estat fabricada la làmina polaritzadora, aquesta s'introduirà entre ambdues superfícies del substrat, aferrada amb un compost format per resina dura que facilita el contacte firme entre ambdues superfícies, la làmina adoptarà la forma necessària depenent de si la lent està fabricada amb graduació o sense. Una vegada la lent polaritzada ha set fabricada, ha de ser muntada, és en aquest moment en què s'ha de donar la forma necessària a la lent per introduir-la amb la muntura i cal tenir present que és necessari que la lent tingui l'eix de transmissió en l'eix vertical, per absorbir així la llum polaritzada procedent de les superfícies horitzontals, respecte al nostre punt de vista. Existeix també, un tipus de lent polaritzada diferent a la resta, la lent polaritzada fotocromàtica, on es destaquen dos tipus. La primera lent és, la lent fotocromàtica amb polarització fixa, aquest tipus de lent té diferents

capas que s'enfosquen amb un tipus de llum determinat, però independentment de la quantitat de llum del medi, sempre tindran una pigmentació fixa, degut a la capa polaritzadora d'alta transmissió. En segon lloc, es destaca la lent fotocromàtica amb polarització dinàmica, aquesta lent a diferència de l'anterior pot arribar a tenir un major grau de transparència, ja que la capa polaritzadora d'aquesta lent, és activada a partir de llum ultraviolada, és a dir, les molècules que formen aquesta capa, tenen la capacitat d'ordenar-se a partir del moment en el que llum ultraviolada entra en contacte amb aquestes molècules i desordenar-se en el moment que aquesta llum ultraviolada deixa d'incidir en la lent. Les làmines polaritzades tenen un paper destacable dins dels aspectes clínics de l'optometria. Una de les situacions en les quals es destaca la utilització de làmines polaritzades és en la valoració de l'estereopsi, on es determina la capacitat del pacient de veure en 3 dimensions, un test esteresocòpic a destacar, és el test randot, on els seus dibuixos estan fabricats a partir de làmines polaritzades superposades de forma no exacta en un angle perpendicular entre elles, per quantificar aquesta visió en 3 dimensions el pacient es posa unes ulleres amb làmines polaritzades, on aquestes permetran veure al pacient una làmina superposada amb cada ull fent així que, mitjançant convergència ocular el dibuix doni la sensació de tridimensionalitat. Una altra situació en què es troben làmines polaritzades a la clínica, és amb els vectogrames, utilitzats a teràpia visual per millorar depenent de les necessitats del pacient, la convergència o la divergència ocular, aquests vectogrames, són fabricats com una làmina polaritzada normal, el que canvia és la disposició de les cadenes d'hidrocarburs amb ions de iode, on, en aquest cas són disposats en un dibuix determinat i amb un eix de transmissió perpendicular entre ambdues làmines, el pacient, com al test estereoscòpic es posarà unes ulleres amb unes làmines polaritzades on l'eix de transmissió de cada làmina de les ulleres coincideix amb el de les làmines dels vectogrames. L'altra situació en la qual s'utilitza material per polaritzar la llum és a les làmines antissupressives, emprades a teràpia visual, aquestes tenen el mateix funcionament que els vectogrames i el test estereoscòpic, on s'utilitzen unes ulleres polaritzades amb eix de transmissió diferent a cada ull i una làmina amb unes columnes que estan polaritzades amb un angle perpendicular entre elles, aquesta làmina es situa damunt un text i el pacient ha de llegir-ho, d'aquesta forma es valora que el pacient no tingui cap problema de supressió visual. A part de la clínica, les lents i làmines polaritzades tenen un paper important també en situacions externes. Uns exemples a destacar són, la utilització de lents polaritzades a l'hora de conduir, navegar o desplaçar-se en medis en el que hi ha neu,



aquestes tres situacions coincideixen en un fet, la llum natural reflectida a les seves superfícies és major que a altres superfícies, és per això que és convenient la utilització de lents polaritzades, per absorbir la major quantitat de raigs lluminosos. La polarització juga també un paper important al cine en 3 dimensions, ja que s'utilitzen ulleres polaritzades i la projecció de les imatges és a partir de llum circularment polaritzada. Es destaca també el polariscopi, instrument utilitzat als tallers d'òptica per quantificar les tensions en què es veuen sotmeses les lents a una muntura, aquestes tensions s'observen a partir de la utilització de dues làmines polaritzades amb els eixos de transmissió perpendiculars, introduint la ullera entre aquestes làmines i mitjançant birefringència i llum natural incidint per darrere les làmines, es pot observar les tensions que pateix la lent.