



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN
DE LOS PUNTOS DE
REFERENCIA PERMANENTES EN
LENTES OFTÁLMICAS.**

TESIS

Que para obtener el título de

INGENIERO MECATRÓNICO

P R E S E N T A

CRISTIAN SAUL AGUILERA ZARATE

DIRECTOR DE TESIS

ING. JOSÉ LUIS ESPINOZA RAMÍREZ



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	4
PARTE I	5
Conceptos básicos y descripción del problema.....	5
1. Conceptos básicos	6
1.1. ¿Qué es una lente oftálmica?.....	6
1.2. Clasificación de lentes oftálmicas.....	7
1.3. Clasificación de las lentes según el foco de la lente.....	8
1.4. ¿Qué son los puntos de referencia en las lentes oftálmicas?.....	9
2. Descripción del problema	11
2.1. Elaboración de una lente oftálmica.....	11
2.2. Proceso actual de la impresión de los puntos de referencia en la empresa Vertex S.A de C.V.	15
2.2.1. Diagrama de flujo de trabajo.....	18
2.3. Recolección de datos e información del proceso actual.	22
2.4. Inconveni-entes del proceso actual.	24
PARTE II	25
Solución del problema de identificación de los puntos de referencia permanentes, prototipo funcional y pruebas con prototipo funcional.	25
3. Solución al problema de identificación de los puntos de referencia permanentes	26
3.1. Implementación de un sistema de visión.....	26
3.1.1. El fondo.....	37
3.1.2. Punto de observación del objeto.....	38
4. Prototipo funcional	47
4.1. Elaboración de prototipo funcional.....	47
5. Pruebas con prototipo funcional	53
5.1. Pruebas.....	53
5.2. Análisis de resultados.....	61
5.3. Análisis de costo de fabricación.....	68
5.3.1. Costos de fabricación.	69
5.3.2. Comparación del proceso actual y el uso del sistema propuesto.....	70

5.3.3. Recuperación de la inversión.	71
PARTE III.	75
Beneficios obtenidos al implementar un sistema de visión para la identificación de marcas permanentes en una lente oftálmica progresiva y conclusiones.	75
6. Beneficios obtenidos al implementar un sistema de visión para la identificación de marcas permanentes en una lente oftálmica progresiva.	76
6.1. Beneficios encontrados.....	76
6.2. Inconvenientes encontrados.....	78
7. Conclusiones	79
PLANOS	81
.....	85
.....	86
Bibliografía	103

INTRODUCCIÓN

Las lentes oftálmicas, son aquellas que utilizan las personas con algún padecimiento de la visión como lo son la miopía, hipermetropía, astigmatismo o presbicia.

Estas lentes desvían los rayos de luz que llegan hasta ellas para cambiar la trayectoria original, logrando así que la imagen converja en un punto distinto a la inicial. Este principio óptico puede corregir problemas refractivos o ametropías.

La geometría de las lentes oftálmicas es diferente, dependiendo del tipo de padecimiento y la graduación que tengan éstas.

En las empresas y laboratorios de carácter visual (fabricantes de anteojos, taller óptico, armazones y equipo ocular), se dedican a la elaboración y diseño de las lentes oftalmológicas en sus diferentes categorías. Dichos diseños, pasan por trece etapas:

- 1) **Escaneo de la forma del armazón:** se genera el diseño del armazón para obtener la información necesaria para la elaboración de las micas.
- 2) **Servidor:** se toman los datos del paso anterior para introducirlos a una hoja de cálculo y generar las medidas requeridas.
- 3) **Marcado de ejes:** se toma la lente que es un bloque de policarbonato o un plástico CR (resina de Columbia semiterminado), y se coloca en un marcador de ejes que definen los

grados de giro en la lente según los datos que se tengan en la receta.

- 4) **Bloqueo:** en esta etapa, se tiene como objetivo cubrir con un plástico la lente, para evitar daños y rayones, que en este momento solo es un bloque de policarbonato o plástico (CR) semiterminado.
- 5) **Sujeción:** en esta etapa se detiene la lente con un block y un metal que se adhiere al plástico protector.
- 6) **Generado:** se desbasta el lado cóncavo del bloque, hasta conseguir la curvatura adecuada de la graduación requerida. Así como también se realiza el tallado de la lente para obtener un terminado del producto libre de ralladuras y asperezas.
- 7) **Pulido:** se le da un terminado a la lente para obtener una mejor vista de esta, limpia y con un acabado transparente.
- 8) **Grabado:** se marcan los puntos de referencia de la lente de manera permanente y se retiran los blocks que sujetan la lente.
- 9) **Marcado:** se corrobora la curvatura de la lente en un instrumento llamado lensometro, con el fin de comprobar si la graduación es correcta, y se marcan los puntos de referencia de forma simple.
- 10) **Impresión de los puntos de referencia:** se genera un grabado temporal, con el fin de identificar los puntos principales en la lente, como son el centro geométrico de la lente, cruz de ajuste pupilar, el eje horizontal, círculos de referencia (poder de lejos y poder de cerca), logotipos y grabado de adición e iniciales con el fin de corroborar nuevamente si la graduación es correcta y obtener los puntos para el bloqueo de la lente.

11) Bloqueo para el biselado: se coloca un sujetador a la lente de manera automática, con ayuda de los puntos de referencia.

12) Biselado: etapa en la cual se da la geometría deseada, tomando en cuenta la forma del armazón que se analizó en el primer paso de este proceso.

13) La colocación de las lentes en el armazón:
En esta etapa solo se procede a colocar las lentes terminadas sobre el armazón de manera manual.

En este estudio nos enfocaremos en brindar una propuesta de mejora, para la etapa 10 del proceso, “la impresión de los puntos de referencia”, en un primer acercamiento se analizará el proceso de cómo se desarrolla en la actualidad, e identificado los inconvenientes que se presentan. En una segunda etapa se propone el diseño y la implementación de un sistema de visión para desarrollar de forma más eficaz esta tarea; en la tercera etapa se indaga sobre los beneficios que se pueden obtener, en cuanto a calidad, exactitud y tiempo, al contar con el sistema propuesto; y por último recopilar la información y obtener las conclusiones de este trabajo.

Objetivo

Es el propósito de este estudio, diseñar, proponer e implementar un sistema para la identificación de los puntos de referencia permanentes en lentes oftálmicas progresivas en la empresa Vertex S.A. de C.V.

Objetivos particulares

- Mejorar el tiempo del proceso de la identificación de los puntos de referencia permanentes en la etapa de impresión.
- Mejorar la visibilidad de los puntos de referencia permanentes, para la fácil identificación del operario.

PARTE I.

Conceptos básicos y descripción del problema

1. Conceptos básicos

1.1. ¿Qué es una lente oftálmica?

Ópticas Lux define a una lente oftálmica como un segmento de vidrio o plástico, con dos zonas regulares bien definidas, planas o curvas que transmutan la vergencia¹ de los rayos de luz que llegan a los ojos. Están destinadas a corregir y compensar los defectos visuales, como astigmatismo, hipermetropía y miopía, presbicia o vista cansada.

De acuerdo a sus características y forma, las lentes oftálmicas ofrecen mejoras a varios tipos de problemas:

- *“Si la lente es cóncava (más fina en el centro que en los bordes) los rayos de luz divergen y se puede compensar la miopía.*
- *Si la lente es convexa (más gordita en el centro que en los bordes) los rayos de luz convergen y se puede compensar la hipermetropía.*
- *Si la curvatura de lente no es esférica (tiene distintos radios de curvatura) se llama tórica y compensa el astigmatismo.*

¹ Según la Biblioteca Médica del Hospital General de Culiacán, la vergencia es una medición de dispersión de los rayos de luz, que a su vez forman un haz de luz. Los rayos de luz que se separan se dice que tienen vergencia negativa (-) o que divergen y aquellos que se acercan se dice que tienen vergencia positiva (+) o que convergen. La vergencia es medida en dioptrías.

En la actualidad las lentes oftálmicas están fabricadas en su gran mayoría con materiales plásticos (técnicamente las llamamos lentes orgánicas) y en menor medida la fabricación de lentes en vidrio (técnicamente conocidas como lentes minerales).²

1.2. Clasificación de lentes oftálmicas

De acuerdo a sus materiales, las lentes oftálmicas se clasifican y Ópticas Lux los cataloga de la siguiente manera:

1. Lentes orgánicas: Son lentes que soportan los impactos y con una gran ligereza, sin embargo, esto provoca que se rayen fácilmente.
2. Lentes de policarbonato: Son livianas y delgadas creando una lente de gran resistencia al impacto con costos elevados.
3. Lentes de plástico alto índice: Cuentan con altas dioptrías, mayores correcciones, espesor y por lo tanto estas lentes serán más pesadas, siendo un 40 por ciento más delgadas, Mejorando el aspecto del usuario.
4. Lentes Trivex: Ayudan a disminuir la fatiga, son las más livianas del mercado y tienen 6 veces más resistencia que las lentes de policarbonato por lo que se pueden utilizar monturas al aire.

² Ópticas Lux. (s. f.-a). *Lentes oftálmicas*. Ópticas LUX, confianza a la vista. Recuperado 24 de junio de 2019, de <https://lux.mx/lentes-oftalmicas-1/>

5. Lentes Minerales: Desarrolladas principalmente de sílice fundido con otros minerales que dan como resultado una mayor resistencia al rayado, tienen una buena calidad óptica y en altas correcciones se puede mejorar el espesor dando una buena estética visualmente.

1.3. Clasificación de las lentes según el foco de la lente

En óptica geométrica, un foco es el punto donde convergen los rayos de luz.

A continuación, se muestra la clasificación que hace el Doctor Rubén Arroyo en su tesis *“Medida y clasificación de lentes oftálmicas de adición progresiva”*

1. Monofocal: Es cuando la lente tiene un foco definido, se usan para las gafas que cuentan con un solo aumento, ya sea de lejos o de cerca.
2. Bifocal: Esto es cuando se tienen dos focos, son las lentes que tienen dos zonas diferenciadas, la de arriba con el foco para lejos y la de abajo enfocada para cerca.
3. Multifocal o progresiva: Se tienen varios focos, en la lente no se ven líneas ni rayas, pero la graduación va cambiando progresivamente (de ahí el nombre) siendo más convergente en la parte de abajo. Según se mire por una zona u otra de la lente la imagen enfocada, es la de lejos o la de cerca.

1.4. ¿Qué son los puntos de referencia en las lentes oftálmicas?

Cuando la lente aún está sin biselar para su montaje en el armazón, vienen pintados con una serie de marcas, generalmente amarillas, para su correcta colocación en la gafa, según las medidas tomadas previamente a cada usuario en particular, ver figura 1.1.

- ⊙ 1. Centro geométrico de la lente. Punto de control del prisma.
- ⊙ 2. + Cruz de ajuste pupilar
- ⊙ 3. Eje horizontal o línea de 180°.
- ⊙ 4. Círculo de referencia (poder de lejos)
- ⊙ 5. Círculo de referencia (poder de cerca)
- ⊙ 6. Logotipos
- ⊙ 7. Grabado de la adición
- ⊙ 8. Grabado de iniciales

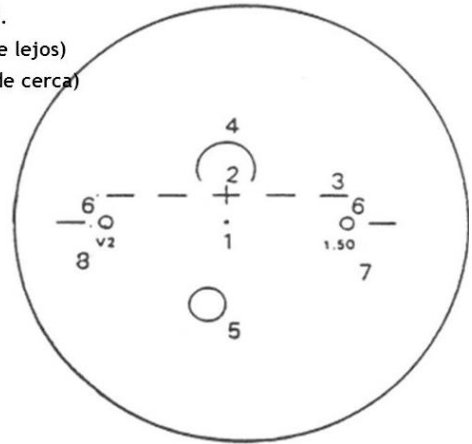


Figura 1.1 Localización y descripción de los puntos de referencia en una lente oftálmica progresiva.³

Los puntos que se muestran en la imagen anterior contienen información, la cual se explica enseguida:

1. El centro geométrico de la lente nos indica el punto de control de la circunferencia.
2. La cruz, que indica la localización de la pupila en la lente. Sobre ella, un semicírculo que señala la zona de la graduación de lejos.

³http://images.slideplayer.es/11/3154578/slides/slide_5.jpg

Recuperado el 24 de junio del 2019

3. El eje horizontal. A ambos lados de la cruz se encuentran unas líneas y al final unos círculos pequeños que nos permiten orientar las lentes correctamente a 180° sin que sufran distorsiones al momento de colocarlos en el armazón.
4. En la parte superior de la cruz se tiene un semicírculo que indica la graduación de lejos.
5. En la parte inferior de la lente se encuentra un círculo de mayor tamaño, que indica la graduación de cerca.
6. Debajo del círculo pequeñito al lado derecho de la lente, se encuentra grabada la adición de la lente con un número, 1.50, en este caso revela que la adición de esa lente es de 1.50 dioptrías. Al lado izquierdo de la lente, parte nasal, se encuentra otro circulito y debajo de él aparece grabado el modelo y fabricante del progresivo.

Las marcas anteriores son impresas en la lente con una tinta regularmente amarilla, que antes de ser entregadas al cliente son borradas. Las únicas marcas que quedan permanentemente son las que se grabaron en el punto 8 del proceso de fabricación de una lente oftálmica.

2. Descripción del problema

2.1. Elaboración de una lente oftálmica

En este apartado se analizará y definirá la problemática principal que se detecta en la impresión de los puntos de referencia, la cual es la etapa 10 del proceso de fabricación de una lente oftálmica. A continuación, se enlista el proceso:

1) *Escaneo de la forma del armazón.*

En esta etapa, se genera la forma del armazón, siguiendo la trayectoria del espacio donde se colocarán las lentes oftálmicas, con el fin de obtener la información y los datos necesarios, para realizar el siguiente paso.

2) *Servidor.*

Se toman los datos del paso anterior para introducirlos a una hoja de cálculo en donde se generan las medidas necesarias, como el centro de la lente, puntos de referencia, graduación, grados de giro, entre otros datos.

3) *Marcado de ejes.*

Se toma la lente (bloque de policarbonato o un plástico CR semiterminado) y se coloca en un marcador de ejes, el cual coloca unas trazas con una tinta de fácil remoción que definen los grados de giro en la lente. Esto para tener la graduación requerida según las características proporcionadas en la receta del cliente. En la figura 2.1 se muestra el aparato que nos ayuda a marcar los ejes, en la lente.



Figura 2.1. Marcador de ejes utilizado.



Figura 2.2. Dispositivo utilizado para bloquear la lente oftálmica.

4) *Bloqueo.*

En esta etapa, se tiene como objetivo proteger la lente con un plástico delgado llamado “tape”, como podemos ver en la figura 2.2. Esto con el fin de evitar daños y rayones, ya que en este momento solo es un bloque de policarbonato o plástico (CR) semiterminado.

5) *Sujeción.*

Para este paso se sujeta la lente con un block el cual es un pedazo de metal con forma de ventosa para vidrio, este tiene un pequeño orificio que conduce a la parte cóncava del block. Por el orificio se introduce un metal líquido denominado aloy que a temperatura ambiente está en su fase sólida, su función es adherirse al plástico protector. Dicho block tiene como función principal, manipular la lente sin tocarla directamente en los siguientes pasos, como se muestra en la figura 2.3.



Figura 2.3. Equipo utilizado para inyectar el líquido “aloy”, que adhiere el block a la lente.

6) *Generado.*

Se desbasta el lado cóncavo del bloque con la máquina nombrada Generador (Coburn Technologies), mostrada en la figura 2.4 (en la cual se tienen el dato del espesor requerido), hasta conseguir la curvatura adecuada de la graduación requerida. En seguida se realiza el “tallado de la lente” en la misma máquina computarizada; esto para obtener un terminado del producto libre de ralladuras y asperezas.



Figura 2.4. Máquina utilizada en la operación de generado.

7) *Pulido.*

Se le da un terminado a la lente, con una operación de pulido, utilizando una especie de lija, para obtener un mejor acabado en la lente, más limpia y transparente. Este proceso se realiza en la máquina Pulidora COBALT DP, mostrada en la figura 2.5.



Figura 2.5. Máquina con la que se realiza el proceso de pulido.

8) *Grabado.*

En la figura número 2.6 se observa cómo se marcan los puntos de referencia de la lente de manera permanente con una maquina denominada grabador (Coburn Technologies AEM-200), la cual imprime estos puntos con un cortador vertical. Después de esto se retiran los blocks que sujetan la lente.

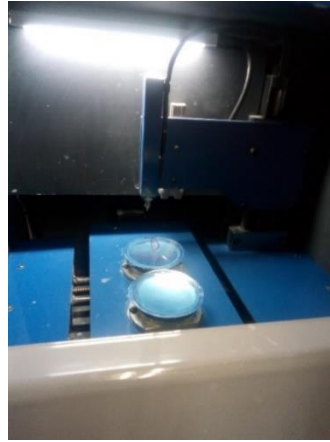


Figura 2.6. Máquina grabadora de los puntos de referencia permanente.

9) *Marcado.*

Se corrobora la curvatura de la lente en un instrumento llamado lensómetro, con el fin de comprobar si la graduación es correcta y se marcan los puntos de referencia de forma simple con una tinta de fácil remoción.

10) *Impresión de los puntos de referencia.*

Se genera un grabado temporal de los puntos de referencia, con el fin de identificar los puntos principales en la lente, como son el centro geométrico de la lente, cruz de ajuste pupilar, el eje horizontal, círculos de referencia (poder de lejos y poder de cerca), logotipos y grabado de adición e iniciales con el fin de corroborar nuevamente si la graduación es correcta y obtener los puntos para el bloqueo de la lente.



Figura 2.7. Dispositivo que sujeta la lente con un bloque, de manera automática.

11) *Bloqueo para el biselado.*

Se coloca a la lente un sujetador de plástico, de manera automática, similar al block de sujeción, esto con una máquina bloqueadora (Essilor Kappa), que lee los puntos de referencia que fueron impresos en el paso anterior. En la figura 2.7 se observa el equipo utilizado en la empresa actualmente.



Figura 2.8. Máquina biseladora.

12) *Biselado.*

Etapa en la cual se da la forma deseada, desbastando la lente en una máquina automatizada (biseladora Coburn Technologies CTL 65), tomando en cuenta la forma del armazón que se analizó en el primer paso de este proceso. La máquina que realiza este proceso se muestra en la figura 2.8, y cuenta con un sistema de refrigeración que ayuda a evitar que la lente se caliente y dañe sus propiedades.

13) *Colocación de las lentes en el armazón.*

Ésta es la última etapa del proceso, en donde se colocan las lentes oftálmicas en el armazón con la graduación correcta y la forma que se asignó al inicio del proceso.

2.2. Proceso actual de la impresión de los puntos de referencia en la empresa Vertex S.A de C.V.

La empresa tiene un proceso de impresión para localizar y grabar los puntos de referencia de manera temporal, el cual es un trabajo realizado con una adaptación provisional de los instrumentos básicos para lograr estas marcas. La realización de esto es por un operario de experiencia media ya que conocen la ubicación aproximada de los puntos de referencia y así agilizan el proceso.

A continuación, se describe como se genera este trabajo:

1) *Detección de los puntos de referencia permanentes.*

Al inicio de este, el trabajador localiza los puntos permanentes tomando una de las dos lentes oftálmicas y colocándola a contra luz, dando una ligera inclinación, teniendo esta posición se procede a identificar los puntos de referencia permanentes. Una



Figura 2.9. Operario localizando los puntos de referencia.

vez localizados, se marcan por la parte cóncava de ésta con un plumón de tinta de fácil remoción para identificarlos de una manera más sencilla, como el operario lo muestra en la figura 2.9.

2) Colocación de la lente oftálmica en la máquina provisional

En este siguiente paso el operario procede a colocar la lente oftálmica en la máquina, construida por los mismos trabajadores, la cual tiene un plano de referencia que ayuda al operario a situar dicha lente de manera correcta y asegurando que las marcas se impriman en la posición adecuada, ver figura 2.10.

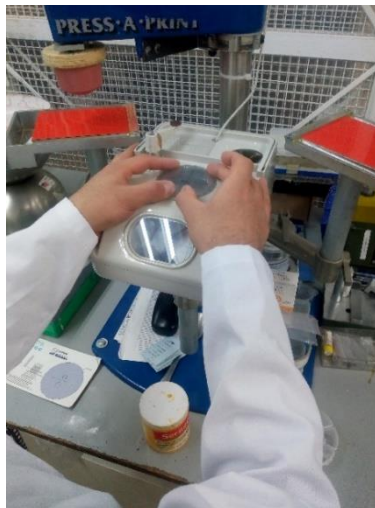


Figura 2.10. Colocación de lente oftálmica sobre máquina provisional.



Figura 2.11. Entintado de cliché

3) Entintado de cliché

El objeto de éste tercer paso, es colocar la tinta utilizada (tinta Seritec R2 policat color blanca o amarilla) en el cliché como se muestra en la figura 2.11; ésta pieza contiene grabada la figura de las marcas de interés, para así proceder con el siguiente paso.

4) *Entintado de tampón*

Para este cuarto paso, que se muestra en la figura 2.12, se tiene como objetivo entintar el tampón de silicón para dejar la impresión deseada sobre éste instrumento. Esto se logra presionando el tampón contra el cliché, hasta dejar la tinta y así conseguir la imagen de los puntos de referencia sobre el tampón y de esta manera llegar al punto final.



Figura 2.12. Representación de la forma correcta de entintar el tampón.

5) *Impresión de la lente oftálmica*



Figura 2.13. Impresión de los puntos de referencia en una lente oftálmica

Ya con la imagen de los puntos requeridos en el tampón, se procede a marcar la lente de manera temporal, logrando la impresión de forma correcta presionando el tampón entintado sobre la lente, generando adecuada y entendiblemente los puntos de referencia, como son el centro geométrico de la lente, cruz de ajuste pupilar, el eje horizontal, círculos de referencia (poder de lejos y poder de cerca), logotipos y grabado de adición e iniciales. La impresión de la lente se muestra en la figura 2.13.

El proceso se realiza de la misma manera para la otra lente, la única diferencia es que cambia el cliché ya que son diferentes las posiciones de los puntos de referencia de la lente derecha en comparación con la lente izquierda. Al final del proceso se tienen las marcas que se pueden observar en la figura 2.14, dichas marcas tienen la función de identificar la forma

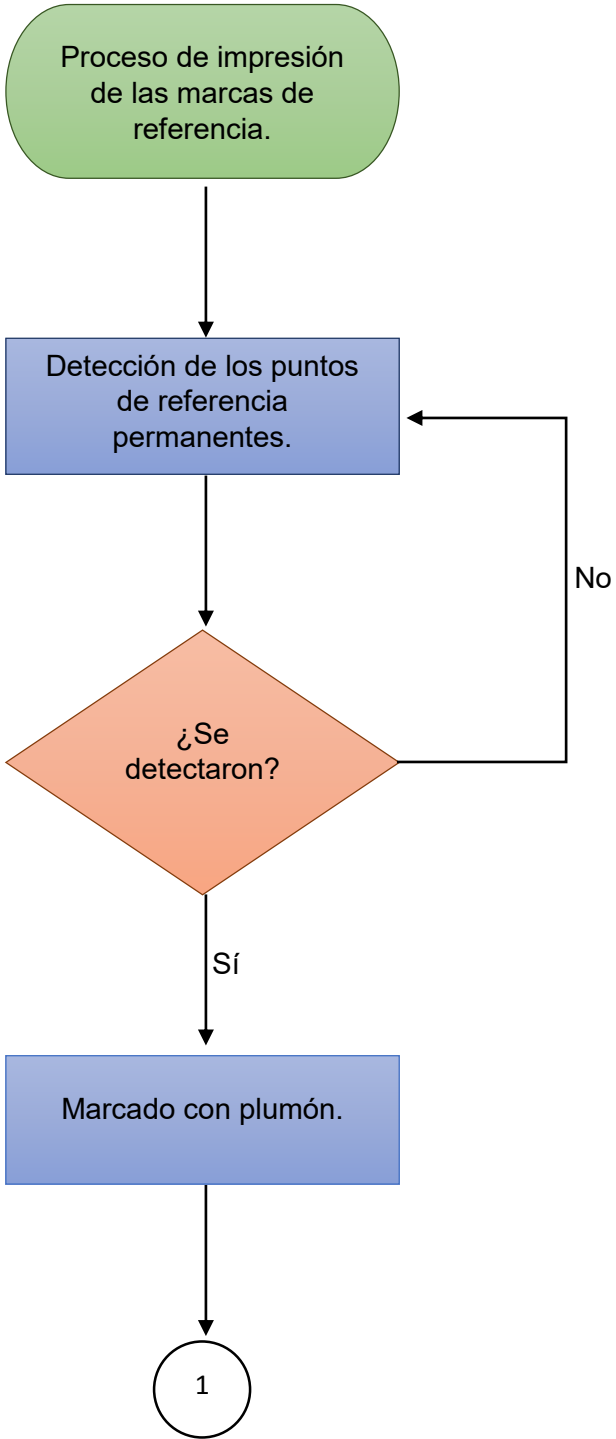
correcta la graduación y posición de las lentes oftálmicas y evitar errores de colocación al momento de biselar.

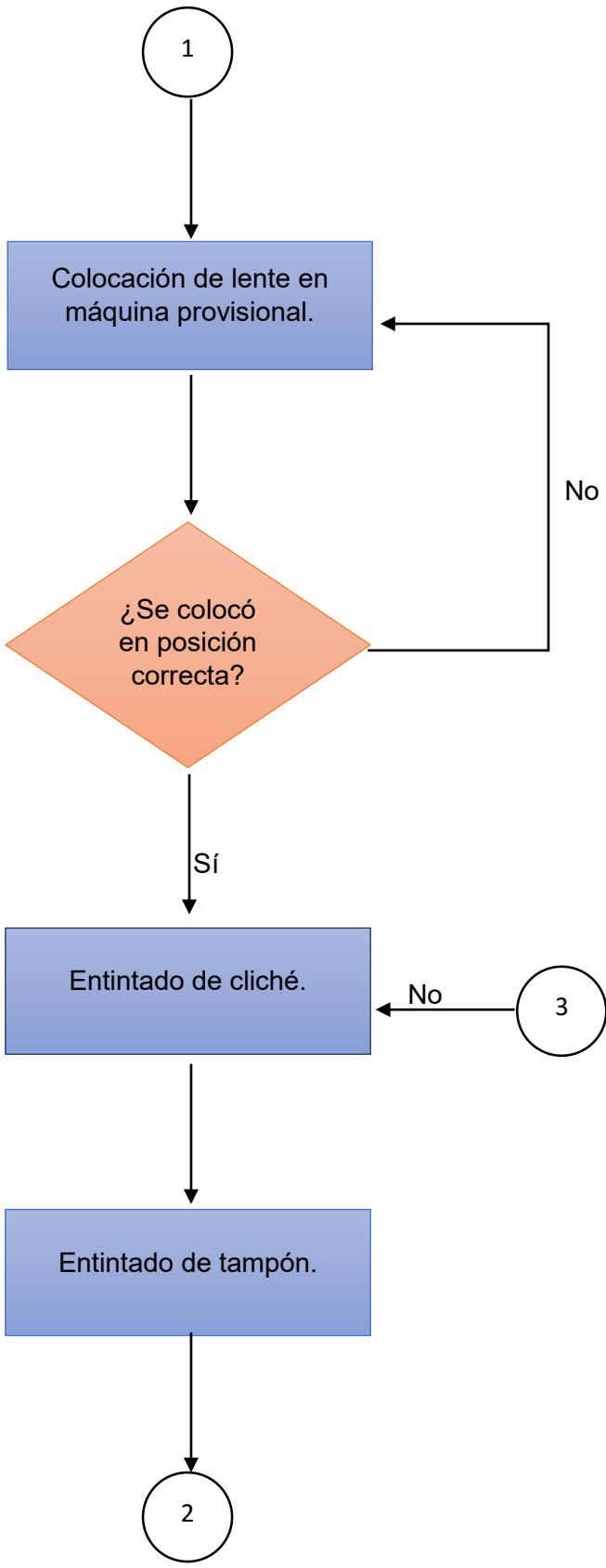


Figura 2.14. Marcas de referencias temporales en una lente oftálmica.

2.2.1. Diagrama de flujo de trabajo.

En este pequeño apartado realizaremos un resumen del proceso de impresión, reuniendo las etapas en un diagrama de flujo para que su lectura sea simple y rápida.





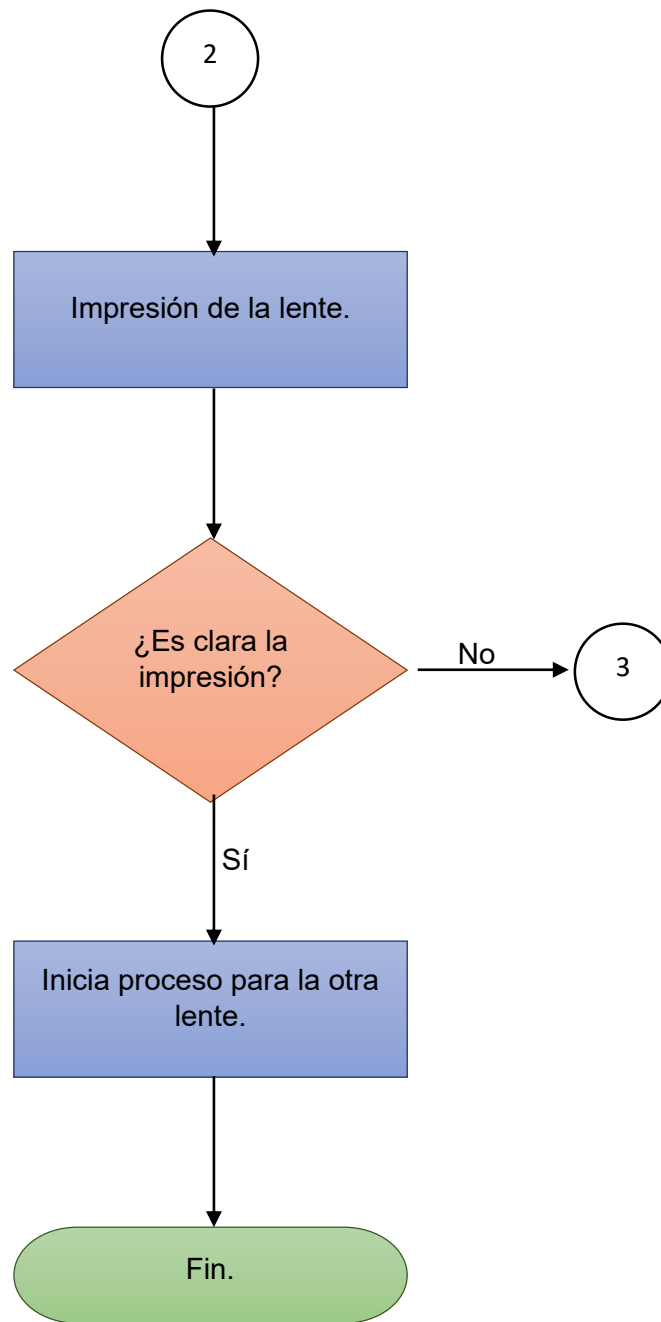


Figura 2.15. Diagrama de flujo del proceso de impresión temporal de las marcas de referencia en lentes oftálmicas.

2.3. Recolección de datos e información del proceso actual.

En éste apartado se tienen datos importantes sobre el proceso de impresión de las lentes oftálmicas. Dichos datos, fueron captados para analizar los tiempos, dificultad y precisión del proceso actual conforme al método y material ocupado, para más adelante poder comparar los resultados.

Se tomaron los tiempos en los que se realizan los pasos a seguir de dicho proceso, para lo cual se toman en cuenta los registros de una sola lente, ya que los pasos a seguir son los mismo para ambos lentes, como se explicó anteriormente.

Para entender cómo es que se evaluó la dificultad de cada uno de los pasos se tiene la siguiente rubrica:

- Poco → Se considera “Poco” cuando el proceso se hace sin esfuerzo y casi instantáneo
- Regular → Se considera “Regular” cuando el proceso se realiza con un esfuerzo considerable
- Mucho → Se considera “Mucho” cuando el proceso se realiza con un gran esfuerzo

Tabla 2.1. Registro de tiempos para el proceso de impresión de lentes oftálmicas.

N°	Proceso	Tiempo	Dificultad	Material y/o método
1	Identificación de los puntos de referencia permanentes	32 segundos	Mucho	Plumón de fácil remoción y luz blanca con fondo negro.
2	Colocación de lente en máquina actual.	15 segundos	Poco	Colocado por operario
3	Entintado e impresión	23 segundos	Mucho	Tinta seritec R2 Policat blanca o amarilla
4	Retiro de lente y verificado	8 segundos	Poco	Verificada por el operario

Las lecturas se tomaron de manera pausada en cada uno de los puntos y de igual manera se tomaron de principio a fin. Y se obtuvo, que el operario se tarda aproximadamente 1 minutos con 18 segundos en realizar la impresión en una sola lente y en ambos lentes el operario tarda alrededor de 2 minutos y 40 segundos de tiempo efectivo.

2.4. Inconvenientes del proceso actual.

Tomando en cuenta los datos recolectados y la descripción del proceso de impresión, se han observado y analizado los siguientes inconvenientes, al trabajar de esta forma:

- El operario debe tener cierta experiencia, en caso de no contar con ella, se le instruye para realizar una buena ejecución. Después de dar las instrucciones, el trabajador necesita realizar un par de pruebas para así tener la certeza de que es apto para realizar la tarea.
- La complicación para localizar las marcas permanentes, ya que requiere de una maniobra relativamente minuciosa.
- No ejercer la presión adecuada al momento de colocar la impresión en la lente ya que de ésta manera la tinta no se adhiere de manera correcta y como consecuencia el trabajo debe realizarse nuevamente.
- Mal entintado del cliché, con lo que de igual manera la impresión no se ejecuta de la forma correcta.
- Identificación incorrecta de las lentes, en ocasiones el operario al no tener la experiencia suele poner la marca que va en la lente derecha sobre la pieza contraria y viceversa.

Se observan distintos inconvenientes en el proceso de impresión de los puntos de referencia, pero solo nos enfocaremos en el inconveniente que se tiene al localizar los puntos de referencia permanentes, ya que es el objetivo de este trabajo.

PARTE II.

Solución del problema de identificación de los puntos de referencia permanentes, prototipo funcional y pruebas con prototipo funcional.

3. Solución al problema de identificación de los puntos de referencia permanentes.

Como se vio en el punto anterior que hay muchos inconvenientes en el proceso actual de la impresión de los puntos de referencia. En este tema comenzaremos a darle solución a estos problemas, implementando un sistema de visión adecuado.

3.1. Implementación de un sistema de visión

Se contempla un sistema de visión ya que las marcas de referencia permanentes son difíciles de detectar.

Analizando las problemáticas y las necesidades de la empresa con respecto a la detección de los puntos de referencia en las lentes oftálmicas, se inicia con proponer la solución a los inconvenientes que se tienen al realizar esta tarea.

1. Identificar el lado (cóncavo o convexo) por el cual es mejor observar los puntos.
2. Se propone realizar pruebas de iluminación y contraste de la lente.

3. Implementar un aumento de la visión con una lupa.
4. Utilizar una cámara de alta resolución.

Para poder analizar el tipo de iluminación y de contraste para la ubicación de los puntos de referencia en nuestras lentes oftálmicas, nos basaremos en las técnicas de iluminación en la visión artificial. A continuación, se explicarán algunos de los métodos más utilizadas y propuestos en el material didáctico “*Visión artificial*” de Noguié y Antigena:

1.- Luz frontal

Se observa al objeto en la misma dirección que la luz. Esto ayuda a reducir las sombras, suaviza las texturas y minimiza el predominio de rayas, polvo e imperfecciones que pueda contener el objeto. El punto de observación recibe la luz reflejada del objeto. Esta forma de iluminación se consigue mediante anillos de luz.

Aplicaciones

Normalmente se aplica en superficies que tienen pocos reflejos, como lo son, papel, tela, para la detección de marcas de diferentes colores, caracteres y detección de todo lo que conlleve un cambio de color en prácticamente cualquier superficie.

Ventajas

Los beneficios de utilizar este método son eliminar sombras y utilizarse a grandes distancias entre punto de observación y el objeto.

Desventajas

Los inconvenientes que tiene son los intensos reflejos sobre superficies reflectantes.

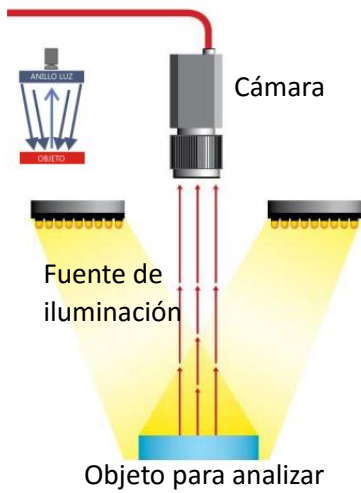


Figura 3.1. Esquema representativo de iluminación con luz frontal.

Enseguida se muestra la figura 3.1, la cual es un esquema de este tipo de iluminación.

2.- Luz lateral

Se observa de frente al objeto mientras que la dirección de la luz es lateral al objeto, como se muestra en la figura 3.2. El grado de inclinación del elemento emisor de luz vendrá determinado por el grado deseado de resalte de los relieves.

Aplicaciones

Las aplicaciones más frecuentes son resaltar bordes, rayas y fisuras en una dirección determinada.

Ventajas

Una de las ventajas es resaltar los relieves, por pequeños que sean, de los objetos, resultando una sombra muy definida.

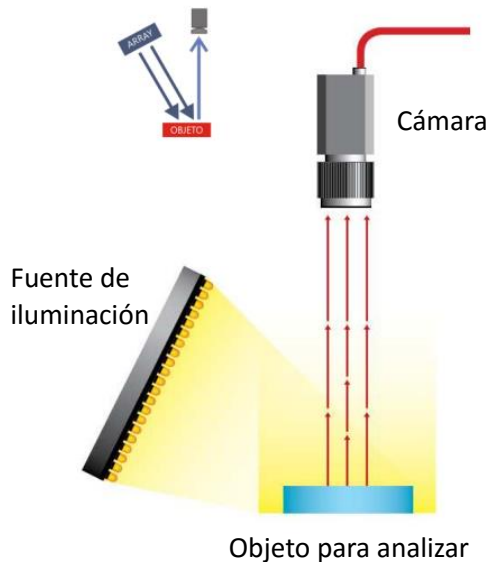


Figura 3.2. Esquema representativo de una iluminación con luz lateral.

Desventajas

Con este método tenemos dificultades con ángulos pequeños respecto a la horizontal, ya que la luz producirá sombras en todos los relieves y en el contorno de la pieza.

3.-Iluminación por campo oscuro (Dark field)

La luz es emitida lateralmente con un ángulo muy pequeño mediante un anillo en todas las direcciones, rebotando en los defectos del objeto a analizar e incidiendo en el punto de observación del objeto, ver figura 3.3.

Aplicaciones

Regularmente se utiliza para resaltar incrustaciones y códigos alfanuméricos con poco contraste en metal sobre metal o gris sobre gris. Muy utilizada también en la verificación de grabados tipo láser o troquel.

Ventajas

La ventaja es que logra destacar los detalles en superficies con muy poco contraste.

Desventajas

No es recomendable en superficies que absorban la luz.

4.-Iluminación por contraste (Back light)

La luz es emitida desde la parte posterior del objeto teniendo este entre la fuente de iluminación y el punto de observación. La iluminación tiene que ser pareja en toda la superficie del objeto. El punto de observación examina la silueta del objeto por contraste permitiendo

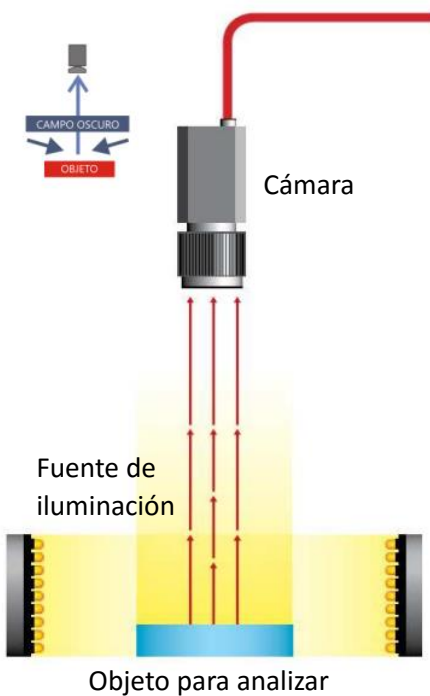


Figura 3.3. Iluminación por campo oscuro.

realizar mediciones de alta precisión. En la figura 3.4 se muestra un esquema general de una iluminación por contraste.

Aplicaciones

La iluminación por contraste es más acertada para la inspección de la silueta del objeto. Normalmente utilizada en materiales translúcidos o transparentes para revelar manchas, rayas, grietas, etc.

Ventajas

Como ventajas tenemos la inspección de siluetas con mediciones muy precisas y de impurezas en los objetos transparentes o translúcidos.

Desventajas

Los inconvenientes presentes en esta forma de iluminación es que no permite reconocer los detalles superficiales del objeto, códigos, inscripciones, etc.

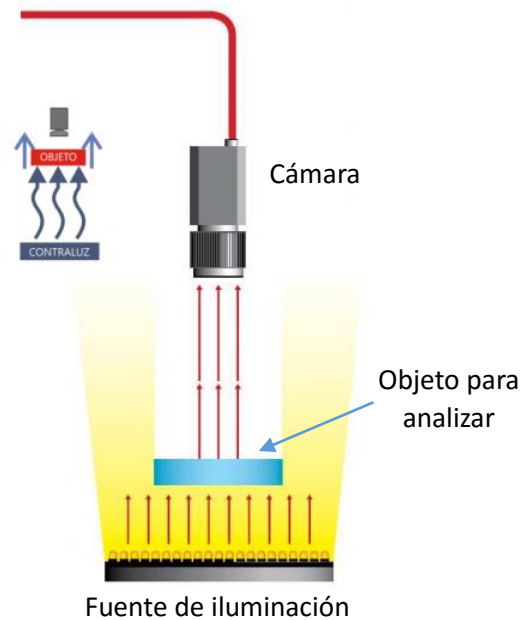


Figura 3.4. Esquema general de una iluminación por contraste.

5.- Iluminación Axial difusa

La luz es emitida lateralmente siendo reflejada 90° por un espejo semitransparente que desvía los haces de luz en la misma dirección que el eje del punto de observación, consiguiendo una luz difusa homogénea. En superficies planas reflectantes si no se utiliza este método de iluminación, el punto de observación vería reflejado su propio objetivo.

Aplicaciones

Las aplicaciones de esta son la inspección de superficies planas reflectantes, como PCB (printed circuit board; en español, placa de circuito impreso), etiquetas reflectantes, inspección de impresión sobre aluminio o cavidades profundas. Ver figura 3.5.

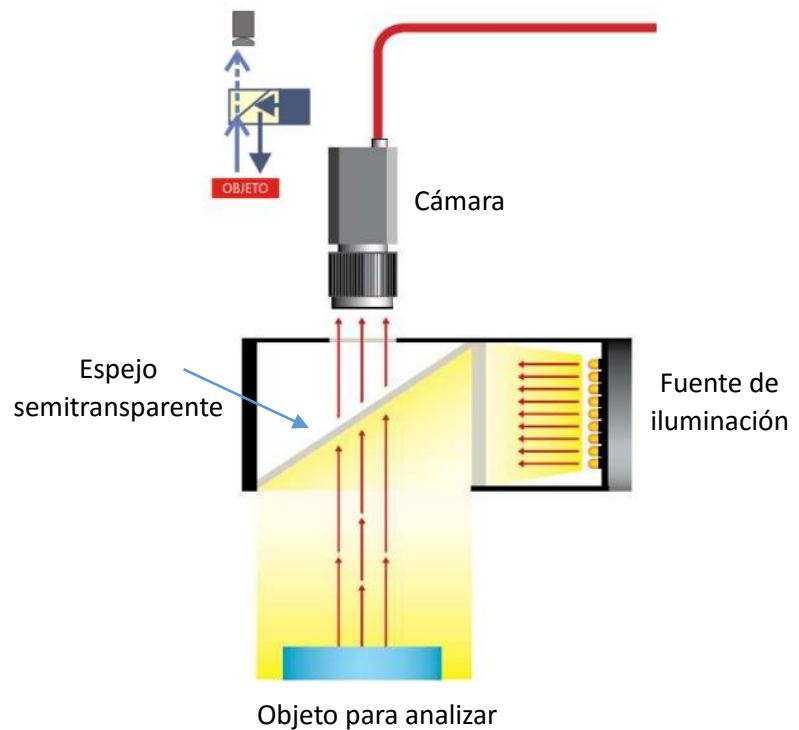


Figura 3.5. Esquema general de una iluminación axial difusa.

Ventajas

La iluminación axial difusa, se usa en inspecciones de códigos en materiales altamente reflectantes.

Desventajas

La desventaja de utilizar este tipo de iluminación es que no reconocer relieves en el objeto.

6.-Iluminación difusa Tipo Domo

La luz es emitida dentro de una cúpula esférica resultando una luz difusa desde todas direcciones, eliminando sombras y reflejos, suavizando texturas y minimizando la influencia de rayas, polvo, relieves y curvaturas que pueda tener el objeto inspeccionado. A este tipo de iluminación también se le denomina iluminación de día nublado por no producir ningún tipo de sombra al objeto. Véase figura 3.6.

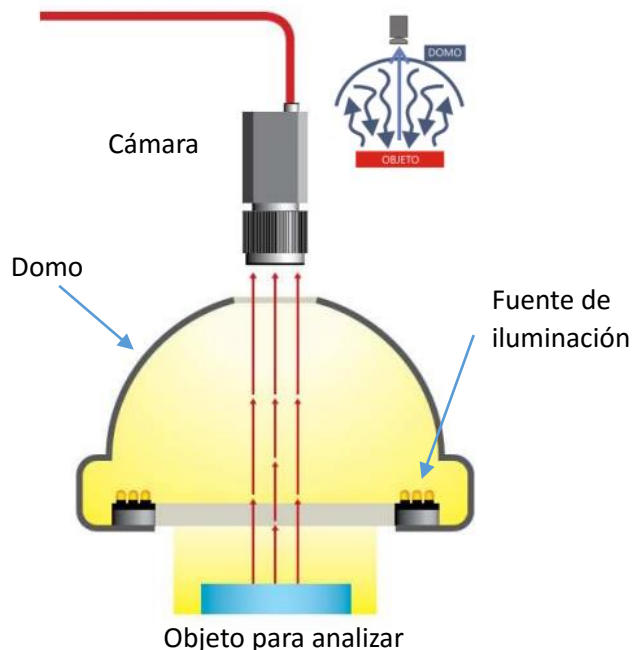


Figura 3.6. Esquema general de la iluminación difusa tipo domo.

Aplicaciones

Se aplica en la inspección de superficies tales como instrumental médico, espejos, compact disk, latas, etc.

Ventajas

La ventaja es que elimina las sombras y minimización de arrugas, polvo y relieves.

Desventajas

La desventaja es el costo elevado.

7.-Iluminación por láser

La iluminación mediante láser o luz estructurada se maneja regularmente para resaltar o determinar una tercera dimensión de un objeto.

Se trata de colocar la fuente de luz láser en un ángulo conocido con respecto al objeto a iluminar y a la cámara, de forma que viendo la distorsión de la luz pueda interpretarse la profundidad de los objetos a medir. También se utiliza para indicar el trazado por el que se debe ajustar un proceso, por ejemplo, en aplicaciones de corte.

Para realizar una inspección en 3D de un objeto, se proyecta una línea de luz. Las distorsiones en la línea se traducen en variaciones en la altura. De aquí se puede desprender una forma en 3D detectando la falta o exceso de material o llegar a hacer una reconstrucción en tres dimensiones del objeto.

Aplicaciones

Se utiliza para el ajuste de procesos de corte, control de profundidad de objetos, etc.

Ventajas

Como una ventaja se tiene que no le influye la iluminación externa.

Desventajas

Los inconvenientes son el costo elevado. Si se utilizan lentes cilíndricas para conseguir una línea o un patrón concreto, el láser no tiene la misma intensidad lumínica a lo largo del patrón.

En la siguiente imagen (figura 3.7), se puede observar un esquema general de cómo se genera una iluminación por láser.

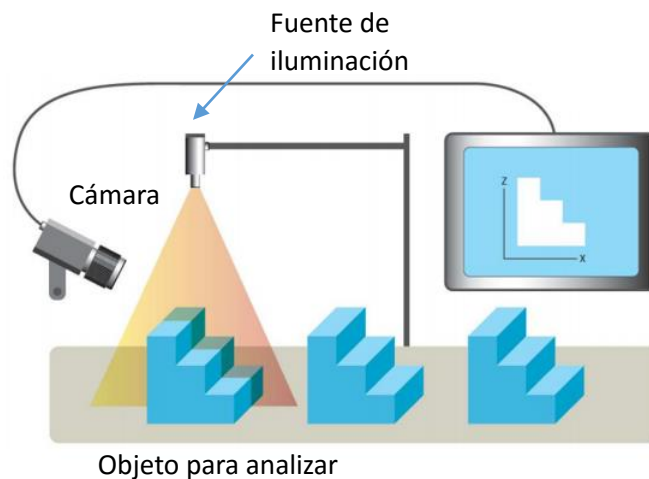


Figura 3.7. Esquema general de iluminación por láser.

Como se pudo observar anteriormente existen diferentes técnicas para poder iluminar y analizar diferentes objetos, la técnica a utilizar dependerá de las características del material o forma del ente, no es lo mismo iluminar vidrio, aluminio o un pedazo de madera.

Un ejemplo de ello es la moneda que se puede ver en la figura 3.8, en la cual se aprecian diferentes atributos al aplicar una iluminación difusa tipo domo, una axial

difusa, una de campo oscuro y una por contraste. Ya que debido a la intensidad de la luz en la iluminación difusa tipo domo y en la difusa axial las formas inscritas en la moneda son poco visibles, en contraste la iluminación de campo oscuro permite ver todos los relieves impresos y por lo tanto se tiene un amplio rango de análisis. De lo contrario utilizando una iluminación por contraste solo se ve un círculo totalmente negro debido a que no es un material transparente y toda la luz queda atrapada detrás de la moneda. Por lo que es importante, como ya se ha mencionado, delimitar las características generales del objeto que se quiere iluminar, así como las particularidades de las inscripciones de este.

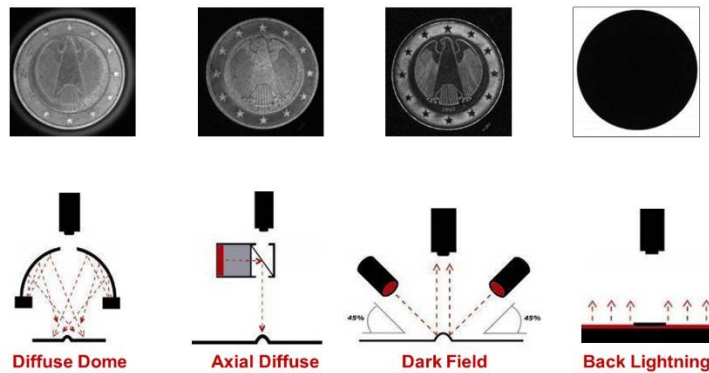


Figura 3.8. Atributos de una moneda aplicando diferentes técnicas de iluminación.⁴

Después de definir las maneras en que se pueden iluminar los objetos para su análisis, se realizó una tabla colocando las aplicaciones, ventajas y desventajas de cada método de iluminación, con el objetivo de ubicar el tipo de iluminación conveniente para nuestra lente oftálmica, ver tabla 3.2. A continuación, se muestra una tabla con la descripción de las marcas que se desean observar en la lente oftálmica. Ver tabla 3.1.

⁴<http://www.satvision.es/productos/sistemas-de-iluminacion/>
Recuperado el 24 de agosto del 2021

Tabla 3.1. Descripción de la lente oftálmica y de las marcas de referencia.

Descripción	
Lente oftálmica	
Material:	Policarbonato
Forma:	Curva
Color:	Transparente
Marcas	
Realizada con:	Cortador tipo fresadora
Tipo de marca:	Alfanumérica y círculos
Superficie en la que se realiza:	Cóncava o convexa
Color:	Translúcido

Tabla 3.2. Descripción de los tipos de iluminación.

Tipo de iluminación	Aplicación	Ventajas	Desventajas
Luz frontal	Detección de marcas de diferentes colores en cualquier superficie.	Elimina sombras y detección a grandes distancias entre el punto de observación y el objeto.	Intensos reflejos en superficies reflectantes.
Luz lateral	Resaltar bordes, rayas y fisuras en una dirección determinada.	Resaltar relieves.	Dificultades con ángulos pequeños respecto a la horizontal.
Iluminación por campo oscuro	Resaltar incrustaciones y códigos con poco contraste. Verificación de grabados tipo troquel o láser.	Destaca detalles en superficie con muy poco contraste.	No es recomendable en superficies que absorban la luz.
Iluminación por contraste	Inspección de la silueta del objeto.	Mediciones muy precisas y de impurezas en objetos translucidos o transparentes	no permite reconocer detalles superficiales del objeto.
Iluminación axial difusa	Inspección de superficies planas reflectantes.	Inspección de códigos en materiales altamente reflectantes.	No reconoce relieves en los objetos.
Iluminación difusa tipo domo	Inspección de superficies.	Elimina sombras y minimiza arrugas, polvo y relieves.	Costo elevado.
Iluminación por láser	Procesos de corte, control de profundidades.	No influye iluminación externa.	Costo elevado.

Con los datos recopilados con respecto a los tipos de iluminación y las características de la lente oftálmica, se puede realizar la elección de las posibles propuestas de iluminación de nuestro objeto. Y se llegó a la conclusión de que podría ocuparse la *iluminación por contraste*, ya que en este método se acerca más a nuestros requerimientos y por el hecho de ser el método que tiene más ventajas sobre los materiales translúcidos o transparentes.

De igual manera es importante definir el tipo de fondo para este tipo de iluminación, por lo que ahora nos enfocaremos a describir el tipo de contraste conveniente para nuestras necesidades.

3.1.1. El fondo.

El fondo cumple un papel esencial cuando se trata de simplificar alguna de las etapas subsiguientes, como la segmentación. Éste debe ser lo más homogéneo posible y de un color que permita distinguirlo fácilmente de los objetos, ya que cualquier defecto que exista en el fondo, puede ocasionar errores en la etapa de reconocimiento.

En el caso de la iluminación por contraste, se necesita que la pantalla difumine lo más posible la luz, para obtener un fondo blanco que lo distinga fácilmente de los objetos.

De igual manera se considera una técnica para la inspección de materiales como lo hace la empresa BANNER, esta compañía quien menciona que las longitudes de onda verdes son las más fáciles de ver para el ojo humano y agregarlas en el área de la inspección ayuda a maximizar la eficacia de las inspecciones en metal, vidrio, y plástico. La adición de iluminación verde en este tipo de área de trabajo produce un mayor contraste en comparación con la luz blanca o ambiente. Este mayor contraste hace que los defectos sean más visibles para el ojo humano.

3.1.2. Punto de observación del objeto

En este apartado se considera como instrumento de observación una lupa, para lo cual se hablará acerca de las definiciones claves para elegir de manera correcta la lupa. De igual manera se presentan algunas pruebas.

- **La lupa**

El Dr. Cesar Montalvo define en su escrito "*Microscopía*" a la lupa o microscopio simple como un instrumento de amplificación de imágenes, la cual se basa en la utilización de uno o más lentes convergentes en un solo sistema óptico.

Para entender mejor el principio de funcionamiento se tomará la explicación que se da en el artículo "*Microscopio simple*"⁵ el cual dice:

Cuando el objeto a observar se sitúa a una distancia de la lente que es inferior a su distancia focal, el instrumento produce una imagen virtual, derecha y de mayor tamaño que el objeto (figura 3.9). El aumento que proporciona una lente convergente es inversamente proporcional a su distancia focal y esta se encuentra relacionada con el radio de curvatura de sus caras. Cuanto más pequeña sea una lente y más curvatura tengan sus caras mayor aumento producirá cuando se utilice como lupa.

⁵Del Mazo, A. (2019) Microscopio simple: mucho más que una simple lupa. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 16(2), 2401. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2401

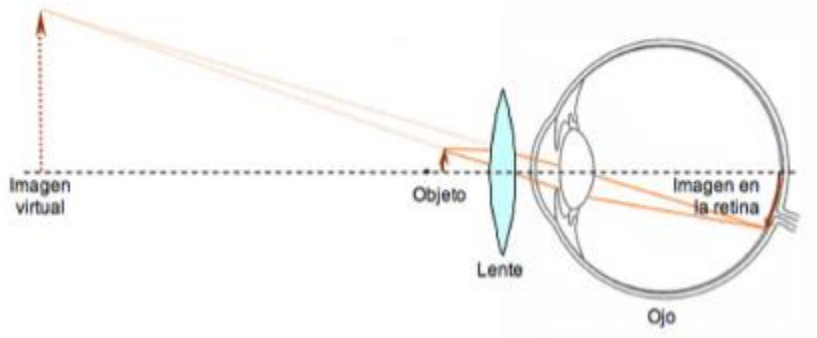


Figura 3.9. Lente convergente que actúa como lupa⁶

Es importante resaltar que al alejar un objeto del ojo este empieza a distorsionarse, lo que nos lleva a mencionar que hay una distancia mínima llamada “punto próximo” que es de alrededor de 25 cm por delante de la cual no se observa nítidamente. En ese punto la imagen del objeto logra su máximo tamaño en la retina y se percibe con mayor nitidez.

Así que será recomendable tener el objeto a una distancia no mayor a 25 cm y dentro del foco de la lupa, para de esta forma tener una clara imagen del objeto, de igual manera cabe señalar que esto dependerá de la visión y edad de la persona.

Dicho lo anterior se tienen dos fórmulas para calcular el aumento de las imágenes generadas por el objeto dada la distancia focal de la lente.

⁶ Ibid.

La primera ecuación se utiliza para calcular el aumento aproximado de una lupa para un ojo adulto normal promedio, y es la siguiente:

$$A \simeq \frac{25 \text{ cm}}{f} \dots\dots\dots \text{ecuación (1)}$$

Y la segunda ecuación nos ayuda a calcular el máximo aumento posible, esto se tiene cuando el objeto se acerca a la lente generando una imagen más grande, para lo cual se tiene que:

$$A \simeq \frac{25 \text{ cm}}{f} + 1 \dots\dots\dots \text{ecuación (2)}$$

De donde,

$$f \rightarrow \text{Distancia focal (cm)}$$

- **Dioptrías**

La dioptría según ópticas Lux es la unidad de refracción de una lente cuya distancia focal es de 1 metro. Nos indican la potencia que debe ponerse a una lente para conseguir que una imagen desenfocada pueda ajustarse en la zona del ojo que debería estar, y así lograr una imagen clara.

La escala de esta va en niveles de 0.25 en 0.25, dicha graduación puede ser negativa (-) o positiva (+). Es importante resaltar que, a mayor graduación, mayor es el número de dioptrías.

- **Pruebas y elección**

Dicho lo anterior se seleccionó un grupo de ocho lupas con diferentes dioptrías para así saber el aumento de tamaño que tendrá la imagen de nuestros puntos de referencia; tomando como base que los puntos de referencia, vistos dentro del punto próximo, tienen un tamaño de aproximadamente 0.196 cm.

A continuación, se muestra una tabla con las dioptrías de cada lente, las distancias focales en cm y el aumento que tiene cada una, calculando ésta con la ecuación número (2) ya que la lente está muy cercana a nuestra lupa y requerimos calcular el máximo aumento posible.

Tabla 3.3. Lupas analizadas según sus dioptrías

No.	Dioptrías	Distancia focal f [cm]	Aumento $[A \approx \frac{25 \text{ cm}}{f} + 1]$
1	+4.75	128.3	1.1949
2	+7	49.8	1.5020
3	+8.75	27.4	1.9124
4	+10	20.3	2.2315
5	+12	14.5	2.7241
6	+13	13	2.9231
7	+14	11.5	3.1739
8	+14.75	10.1	3.4752

Una vez realizados estos cálculos, se decide hacer pruebas con cada una de las lupas para ver cuál es el aumento más adecuado. Dichos experimentos se realizaron dentro del punto próximo, y así poder identificar con cuales lupas se tiene una distorsión de la imagen de los puntos de referencia y con cuales no se logran observar dichos puntos.

Cabe mencionar que, para hacer la mejor elección, se elaboró un sistema con todos los rasgos propuestos anterior mente, teniendo así una iluminación por contraste, con un fondo verde que por encima de este lleva una cuadrícula negra y tratando de que la luz exterior perturbe lo menos posible el ambiente de este pequeño sistema de visión.

Después de analizar los puntos de referencia con las lupas propuestas se obtuvieron algunas observaciones de la calidad de imagen que se obtiene según las dioptrías utilizadas, esta información se concentró en la tabla siguiente.

- **Muy malo** → Se considera “Muy malo” a la lupa que no permite observar absolutamente nada.
- **Malo** → Se considera “Malo” a aquella lupa con la que se logran identificar los puntos, pero la imagen es muy distorsionada o muy pequeña.
- **Regular** → Se considera “Regular” a la lupa con la que se logran ver las marcas, pero el tiempo de identificación es igual o superior al proceso actual.
- **Bueno** → Se considera “Bueno” a aquella lupa con la que se tiene una imagen clara de los puntos de referencia y el tiempo de identificación es menor al del proceso actual.

Tabla 3.4. Análisis de calidad de imagen según la lupa ocupada.

No.	Dioptrias	Aumento [$A \simeq \frac{25 \text{ cm}}{f} + 1$]	Tiempo [s]	Calidad
1	4.75	1.1949	55	muy mala
2	7	1.502	42.3	mala
3	8.75	1.9124	32	regular
4	10	2.2315	7	buena
5	12	2.7241	10	regular
6	13	2.9231	20	mala
7	14	3.1739	35.4	mala
8	14.75	3.4752	63	muy mala

En seguida se muestran 3 figuras, en las cuales se pueden ver las imágenes que emiten las lupas de +4.75, +10 y +14 dioptrias.

En la figura 3.10 tenemos una lupa de +4.75 dioptrias, la cual no nos permite ver la imagen de los puntos de referencia, por lo que en la tabla 5 hicimos la anotación de una muy mala calidad.

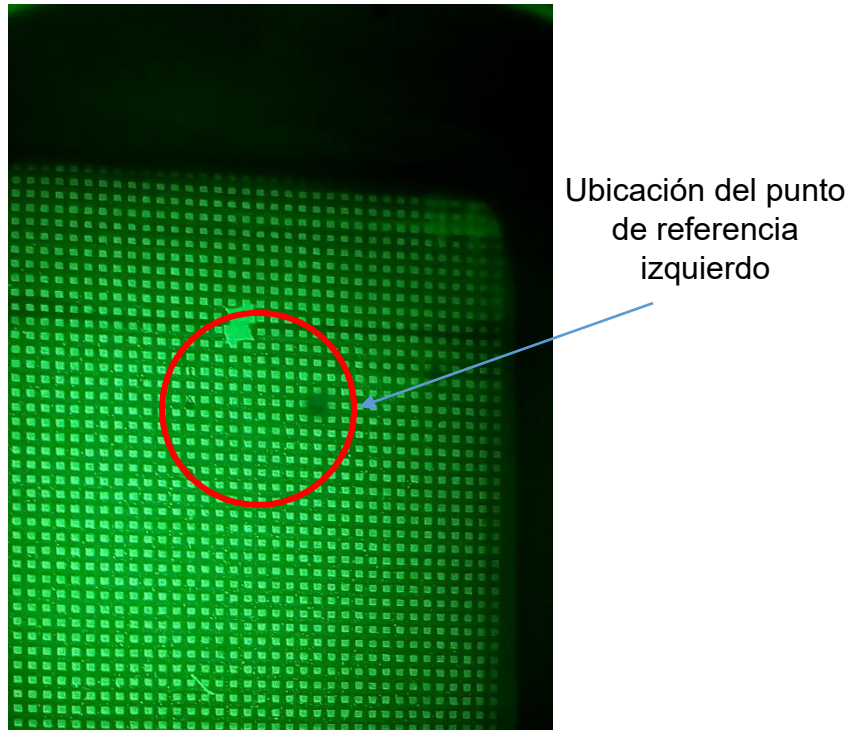


Figura 3.10. Imagen proyectada con una lupa de +4.75 dioptrías.

En la siguiente imagen (figura 3.11), se muestra la lupa de +10 dioptrías, la cual se le asignó una calidad buena, ya que se aprecian los puntos de referencia de una manera eficaz y eficiente.

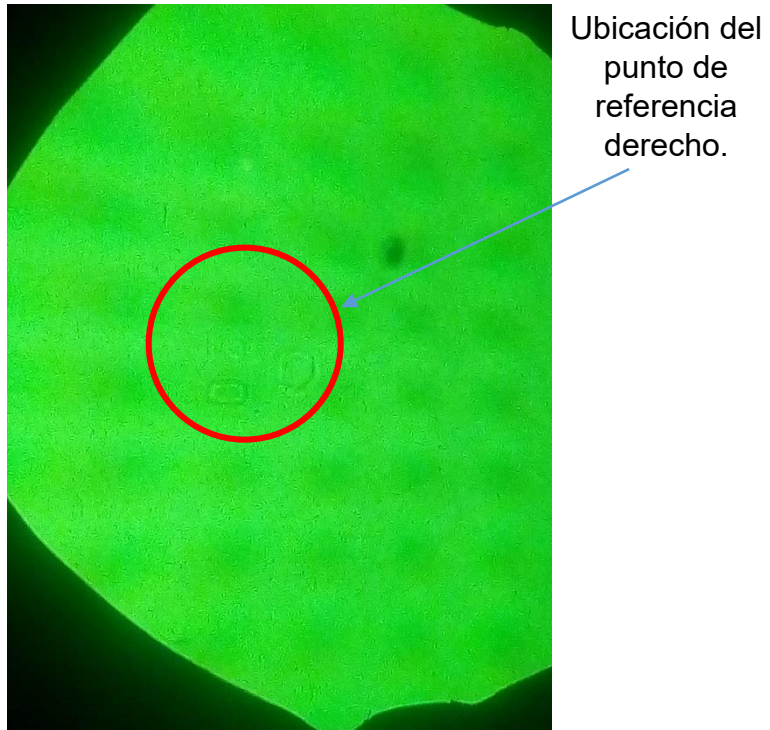


Figura 3.11. Imagen proyectada con lupa de +10 dioptrías.

En la siguiente imagen se aprecia la proyección dada por una lupa de 14 dioptrías, la cual se considera tiene una calidad mala, ya que se aprecian los puntos de referencia, pero se distorsiona lo cual hace complicada su identificación.

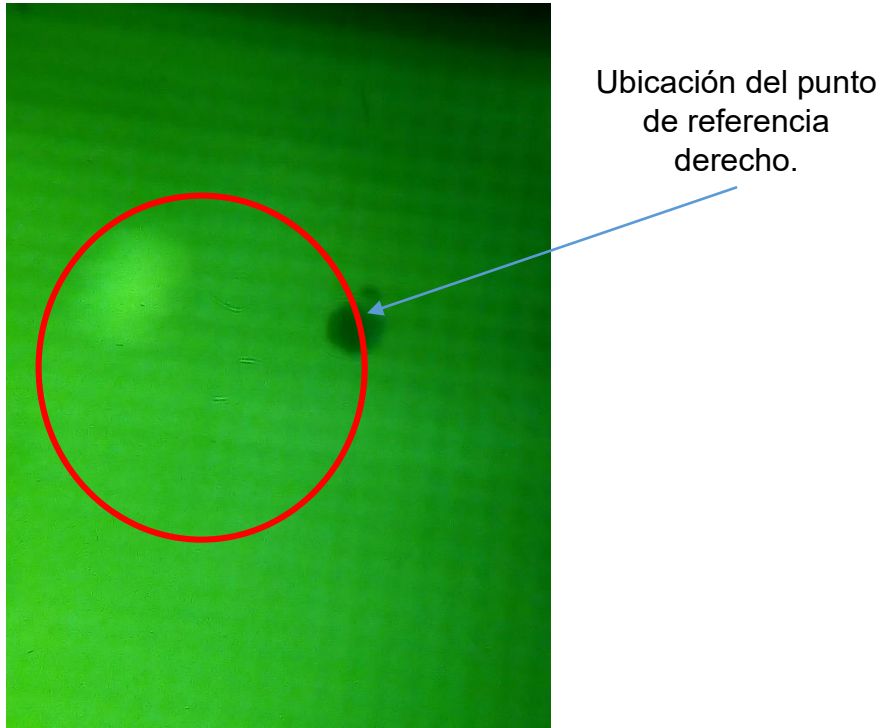


Figura 3.12. Imagen proyectada con una lupa de +14 dioptrías.



Figura 3.13. Lente oftálmica al llegar al proceso de identificación de las marcas de referencia.

Dicho lo anterior tenemos que la mejor lupa es la que tiene +10 dioptrías, ya que cumple con las características requeridas. Se tiene una buena calidad de imagen y una rápida identificación de los puntos de referencia, teniendo un tiempo mucho menor a la que se tiene actualmente en el proceso utilizado en la empresa Vertex S.A. de C.V.

4. Prototipo funcional

Para poder realizar las pruebas y análisis pertinentes, en este capítulo nos enfocaremos en explicar cómo se elaboró el prototipo funcional recopilando todas las características propuestas y seleccionadas en el apartado anterior.

4.1. Elaboración de prototipo funcional

Con la finalidad de fabricar y diseñar el prototipo funcional, se utilizó el software llamado Solidworks, con el que se sacaron las medidas de dicho instrumento. Tomando en cuenta que se necesita un espacio en donde se concentre la mayor cantidad de luz, que el ambiente exterior perturbe lo menos posible la iluminación de nuestro proyecto, una base donde poner las lentes oftálmicas y un lugar que nos ayude a sostener las lupas; se decidió utilizar acrílico negro de 4.5 mm de espesor para la estructura y dos pedazos de vidrio de translucido de 4 mm de espesor para poder apoyar las lentes oftálmicas y a su vez permitir el paso de la luz.

Respecto a la iluminación se utilizó una placa de 48 leds, 12 volts y 70 watts; así como una hoja de papel de color verde y un pedazo de acetato cuadriculado, para entonces cumplir con lo que se investigó respecto al tipo de iluminación, las características del fondo y el contraste en el capítulo anterior.

Como detalle adicional, revisando el proceso actual de identificación de las marcas de referencia en la empresa Vertex S.A. de C.V., debemos tomar en cuenta que después de localizar los puntos de referencia se necesitan marcar con un plumín permanente, para lo que se diseñó una base con dos marcadores que cumplen con dicha actividad.

En la figura 4.1 se muestra un esquema explosivo de las piezas que contiene nuestro prototipo funcional, realizado en el programa Solidworks. De igual manera en la tabla 4.1 se anotan las características de cada elemento.

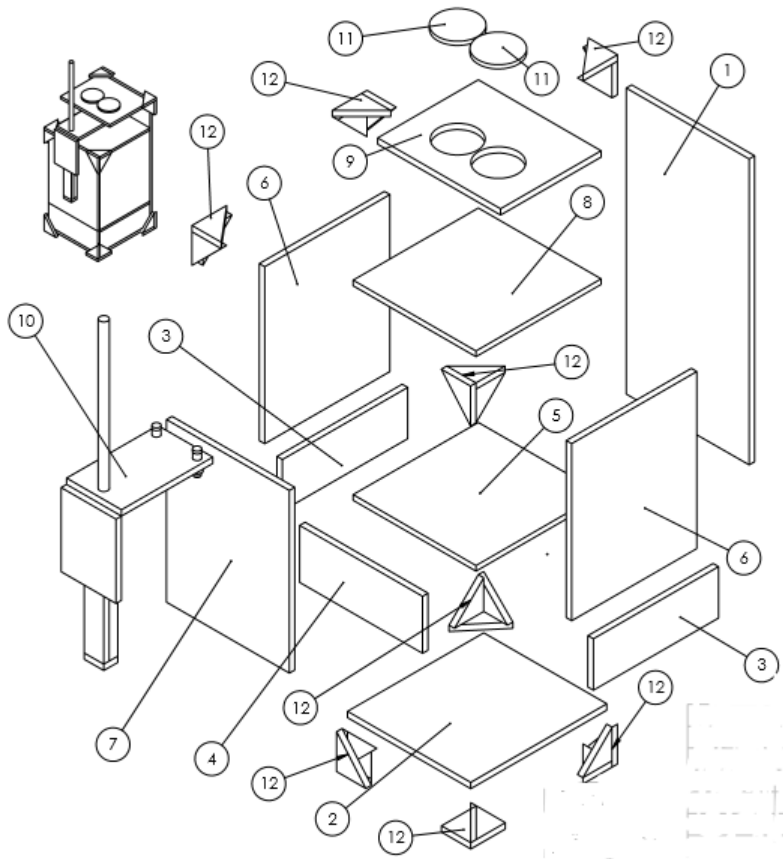


Figura 4.1. Esquema de piezas de prototipo funcional realizado en Solidworks. (Para ver más detalles, revisar PL-E001 en el apartado de planos)

Tabla 4.1. Descripción de las piezas del prototipo mostradas en la figura

TABLA MATERIALES PROTOTIPO						
No. PIEZA	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (mm)	ESPESOR (mm)	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD (pza)
1	Placa rectangular	101 X 218	4.5	Acrílico	Negro	1
2	Placa rectangular	101.19 X 111.9	4.5	Acrílico	Negro	1
3	Placa rectangular	102.9 X 36.6	4.5	Acrílico	Negro	2
4	Placa rectangular	101 X 40.6	4.5	Acrílico	Negro	1
5	Placa rectangular	102.9 X 101	4.5	Vidrio	Translúcido	1
6	Placa rectangular	102.9 X 126.12	4.5	Acrílico	Negro	2
7	Placa rectangular	101 X 130.12	4.5	Acrílico	Negro	1
8	Placa rectangular	102.9 X 101	4.5	Vidrio	Translúcido	1
9	Placa rectangular	101 X 82.7	4.5	Acrílico	Negro	1
10	Mecanismo de marcación	Ver tabla 4.2				1
11	Lupa circular	∅ 33	3	Policarbonato	Translúcido	2
12	Esquinero					8

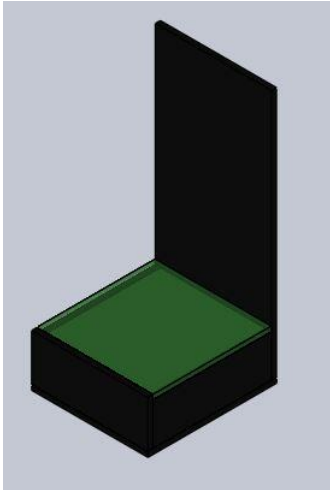


Figura 4.2. Base del prototipo funcional

Siguiendo la numeración del esquema de las piezas, se explicará cómo es que se armó y con qué fin se realizaron las partes de este plano.

Teniendo en cuenta que la pieza número 1 fue la que nos ayudó a soportar la estructura y que todo se fijó con el pegamento para acrílico AD-CRYL. Comenzamos por hablar de la construcción de la base, la cual está conformada por los segmentos 2, 3 y 4, teniendo un compartimento donde, posteriormente se ubicó la placa de 48 leds anteriormente mencionada, con el fin de alumbrar hacia la parte superior. En seguida, sobre la base se colocó la pieza 5, que es un fragmento de vidrio, con las características del fondo verde y cuadrículado. Ver figura 4.2.

Siguiendo con las propiedades de nuestro prototipo, se ensamblan las partes 6 y 7 con las que nuevamente se forma un compartimento, cubriendo las necesidades de un contraste negro y de estar dentro del punto próximo para tener una imagen clara de los puntos de referencia. Sobre estas piezas, se inserta un fragmento de vidrio translucido, con la finalidad de poder colocar

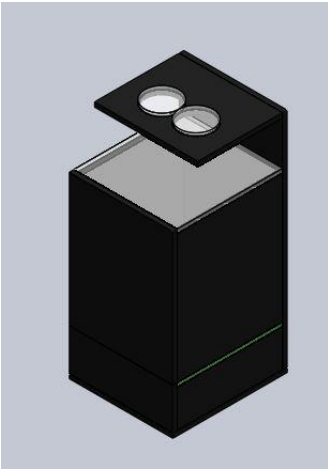


Figura 4.3. Ambiente completo para reproducir la técnica de iluminación por contraste.

las lentes oftálmicas que se quieran analizar.

Por ultimo para completar los elementos de la iluminación por contraste, se requiere ubicar el punto de observación. Para lo cual, se colocó la pieza 9, donde se pusieron las lupas de +10 dioptrías seleccionadas en el análisis del punto de visión. Es necesario resaltar que gracias a la investigación que se hizo para encontrar el sitio adecuado de colocación de esto, se determinó que la distancia es de 42.7 milímetros.

Con esto se cumplen los requerimientos para generar la técnica de iluminación por contraste. En la figura 4.3 se muestra la implementación de esto.

Como se mencionó anteriormente, el proceso de identificación de los puntos de referencia exige poner unas marcas en esta después de haberse encontrado, por lo que se integró el elemento número 10, el cual se puede apreciar en la figura 4.4, así como las características de cada pieza en la tabla 4.2.

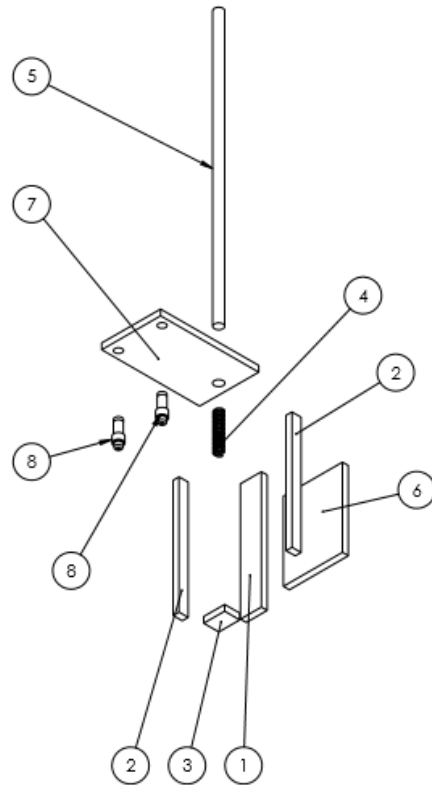


Figura 4.4. Esquema del mecanismo de marcación. (Para ver más detalles, revisar PL-E002 en el apartado de planos).

Tabla 4.2. Descripción de los elementos que integran el mecanismo de marcación mostradas en la figura 30.

TABLA MATERIALES DEL MECANISMO DE MARCACIÓN						
No. PIEZA	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (mm)	ESPESOR (mm)	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD (pza)
1	Placa rectangular	90 X 16	4.5	Acrílico	Negro	1
2	Placa rectangular	90 X 7	4.5	Acrílico	Negro	2
3	Placa rectangular	16 X 11.5	4.5	Acrílico	Negro	1
4	Resorte	*28.6 mm de altura *17 revoluciones *16 mm de diámetro exterior		Alambre	Cromo	1
5	Varilla	* \varnothing 6.5 *210 mm de altura		Acrílico	Negro	1
6	Placa rectangular	60 X 45.15	4.5	Acrílico	Negro	1
7	Placa rectangular	75 X 45.15	4.5	Acrílico	Negro	1
8	Marcador	20.15 de altura		Plástico		2



Figura 4.5. Mecanismo de marcación.

Este mecanismo está formado de 8 elementos, los principales son los marcadores, indicados con el número 8, que tienen como objetivo ubicar los puntos de referencia, para lo que se ocupa un soporte donde están pegados; el cual está indicado como la pieza 7. Para que este implemento se pueda movilizar de un lado a lado y de arriba abajo se adhiere al elemento 7 una varilla de acrílico, que en el esquema se muestra con el número 5; esta entra en un contenedor formado por las placas 1, 2 y 3, que a su vez dentro tiene un resorte de metal el cual ayudan a que dicha varilla tenga la movilidad deseada.

Posteriormente, para garantizar que el marcado va a ser, la mayoría de las veces preciso. Se pega con el pegamento antes mencionado una placa a la pieza 1, que en la figura 4.4 lleva el número 6, para que sirva de guía, con la cual al momento de presionar la varilla y deslizar hacia abajo marque las lentes oftálmicas. Todos estos elementos juntos se aprecian en la figura 4.5.

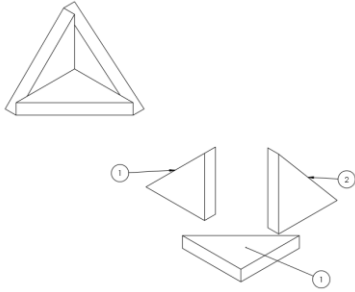


Figura 4.6. Refuerzos de acrílico negro para esquinas del prototipo. (Para ver más detalles, revisar PL-E003 en el apartado de planos).

Finalmente, para que el prototipo sea más resistente se optó por integrar en todas las esquinas unos pequeños soportes conformados por tres triángulos pegados con la finalidad de formar una pirámide hueca como se muestra en la figura 4.6.

Como consecuencia de la documentación y con ayuda del software de diseño Solidworks se llegó finalmente a un prototipo funcional y de apariencia que nos ayudara a realizar las pruebas pertinentes y seguir con el desarrollo de este trabajo. Dicho instrumento se puede apreciar con una vista isométrica en la figura 4.7 y con una perspectiva lateral en la figura 4.8.

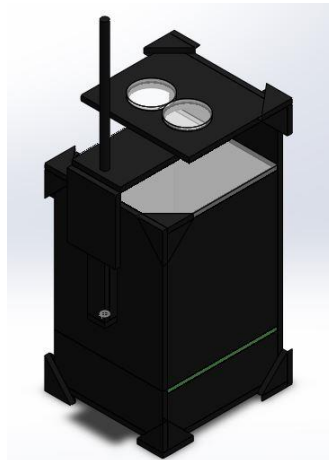


Figura 4.7. Vista isométrica del prototipo de identificación de las marcas de referencia.

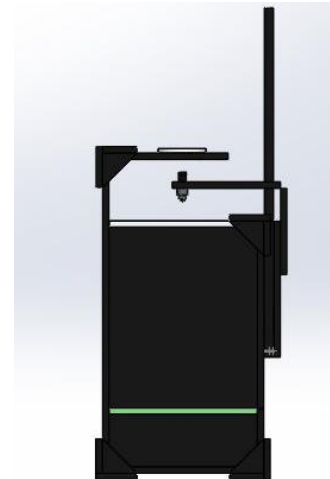


Figura 4.8. Vista lateral del prototipo de identificación de las marcas de referencia.

5. Pruebas con prototipo funcional.

En este apartado nos enfocaremos a realizar pruebas con las herramientas propuestas anteriormente, teniendo así un prototipo funcional de un sistema de visión que consta de una iluminación por contraste la cual tiene una luz verde y cuenta con un fondo negro, por encima de esta luz se colocó una cuadrícula negra. En el punto de observación se puso una lupa de +10 dioptrías.

5.1. Pruebas

Con nuestro prototipo realizamos pruebas, las cuales consisten en tomar 6 lentes oftálmicas progresivas y analizar 12 puntos de referencia (recordemos que cada lente cuenta con dos puntos de referencia). Dicho experimento, consiste en colocar la muestra en el sistema de visión e ir tomando el tiempo, así como hacer la anotación de la calidad de la imagen de cada punto observado.

Los datos recopilados se registraron en la siguiente tabla, tomando en cuenta las siguientes características para evaluar la calidad de la imagen:

- Muy buena → Se aprecian con mucha nitidez y de manera clara el punto de referencia y los caracteres en la parte inferior del mismo
- Buena → Se observa el punto de referencia claramente y los caracteres se ven borrosos.

- Regular → El punto de referencia y los caracteres se ven difusos.
- Mala → Se observa el punto de referencia borroso y los caracteres no se logran ver.
- Muy mala → Se observan los caracteres con muy poca nitidez y el punto de referencia no se ve.

Tabla 5.1. Datos recopilados con el sistema de iluminación prototipo.

No.	Tiempo de identificación [s]	Calidad
1	10.32	Muy buena
2	8.35	Muy buena
3	14.13	Muy buena
4	11.55	Regular
5	12.55	Muy buena
6	11.27	Muy buena
7	9.72	Muy buena
8	8.36	Regular
9	6.25	Bueno
10	10.31	Regular
11	10.84	Muy buena
12	11.04	Muy buena

Como se puede ver en la tabla 5.1 las pruebas arrojan resultados satisfactorios en los que tenemos una reducción de tiempos en la identificación de los puntos de referencia, y en general una buena imagen en dichos puntos, teniendo presente que en todos los casos se aprecia el punto de referencia, que es el objetivo primordial en esta etapa.

Para tener más en claro a que nos referimos con la calidad de imagen a continuación, se muestran algunas fotografías tomadas durante la realización de las pruebas. Ver figuras 5.1 y 5.2.

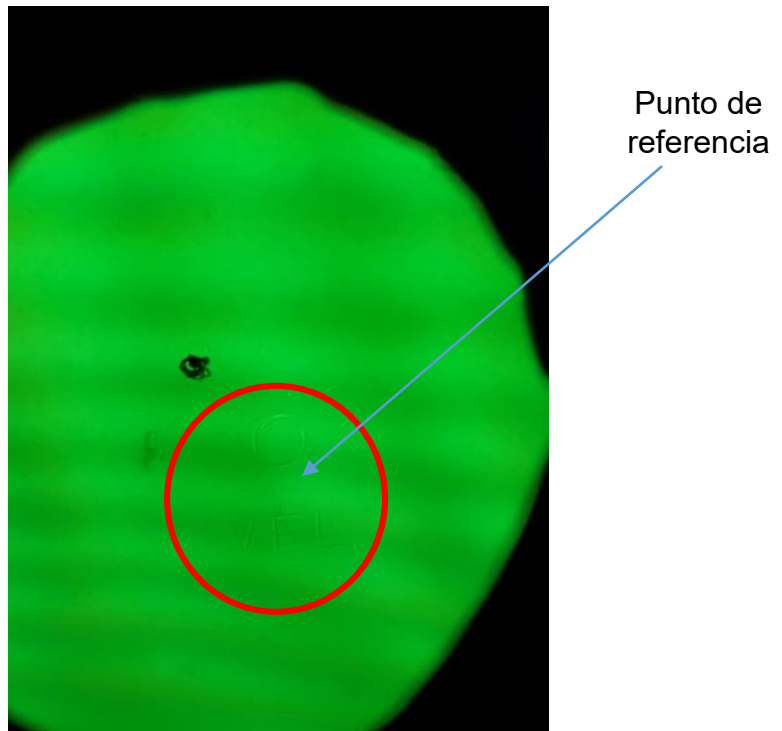


Figura 5.1. Imagen del punto de referencia del elemento #1 de la tabla 6.

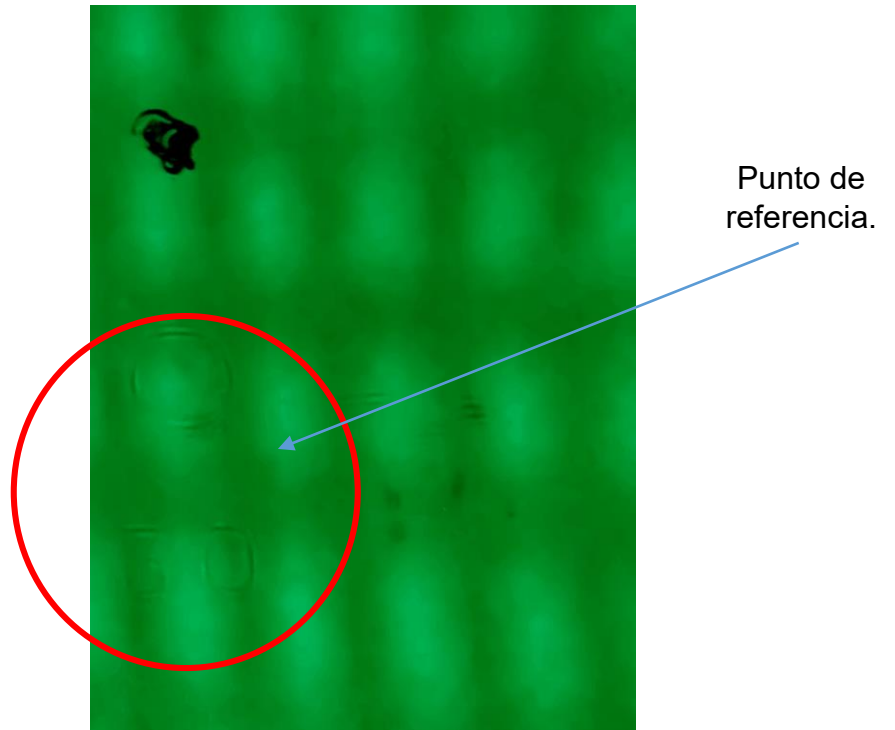


Figura 5.2. Imagen del punto de referencia del elemento #7 de la tabla 6.

Las dos imágenes anteriores muestran dos puntos de referencia que están registrados en la tabla 5.1 como los elementos 1 y 7, los cuales tienen una calidad muy buena y cuenta con un tiempo de identificación de 10.32 segundos y 9.72 segundos respectivamente. Es evidente que las marcas se observan claramente contando con las necesidades requeridas.

Enseguida se presenta una fotografía, representada en la figura 5.3, que corresponde al elemento 9 de la tabla, y que presenta una buena calidad de imagen, y un tiempo de identificación de 6.25 segundos.

Como ya se mencionó, dicho punto de referencia se denomina de buena calidad ya que el punto de referencia es claro, pero los caracteres debajo de este no se logran distinguir con claridad.

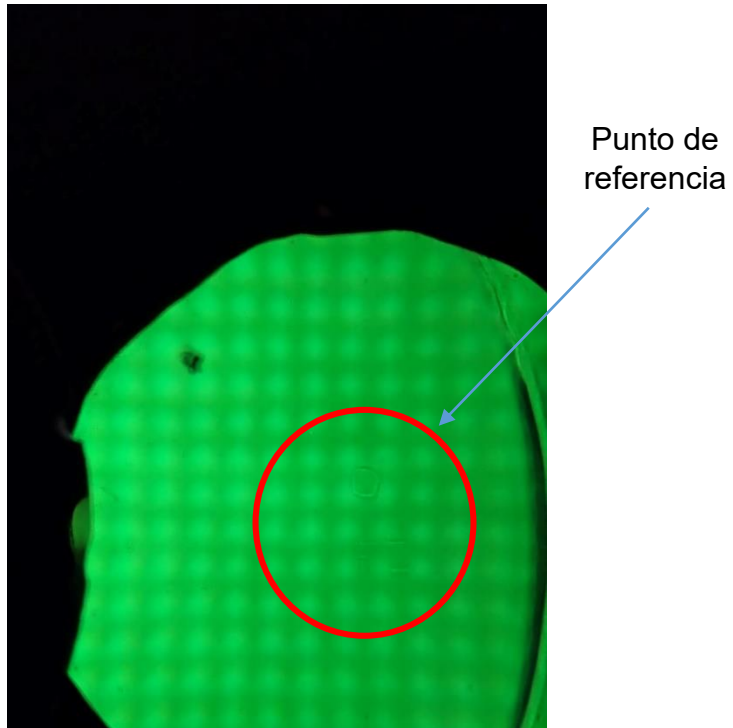


Figura 5.3. Imagen del punto de referencia del elemento #9 de la tabla 5.1.

En la figura 5.4 tenemos un punto de referencia con una calidad regular que se identificó con 6.25 segundos. En este se nota una imagen borrosa del punto de referencia y de los caracteres.

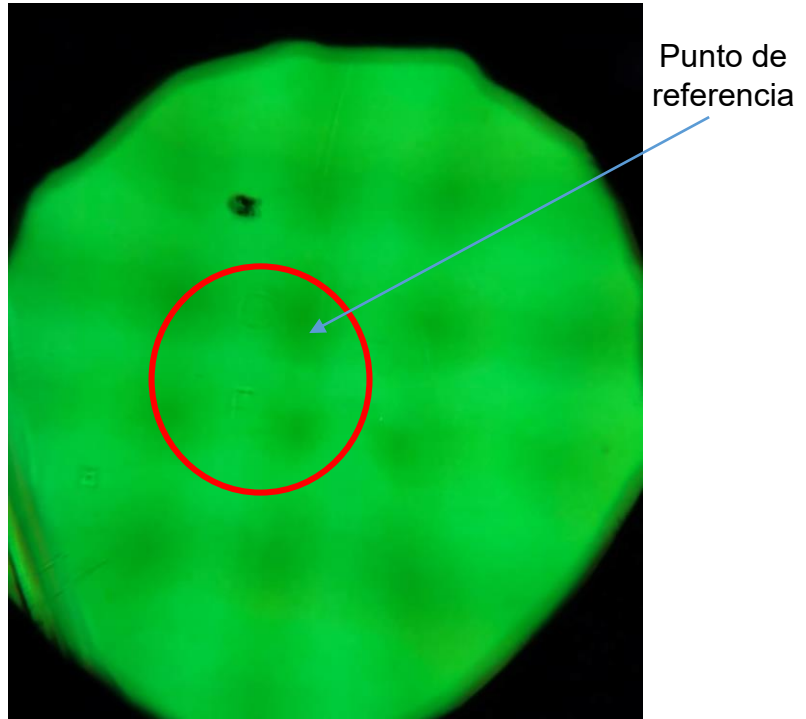


Figura 5.4. Imagen del punto de referencia del elemento #4 de la tabla 6.

Es necesario mencionar que ya observados los puntos se señalan superficialmente con dos marcadores de tinta permanente implementados en el mismo prototipo para así tener bien identificados los puntos, y pasar a la siguiente etapa, que es imprimir los puntos de referencia con ayuda de lo antes mencionado. Cabe destacar que esto mismo se hace en el proceso actual pero la diferencia es que se hace tomando un marcador de tinta permanente y los puntos no se marcan con una exactitud confiable.

Dichas marcas quedan de la siguiente manera. Ver figura 5.5.

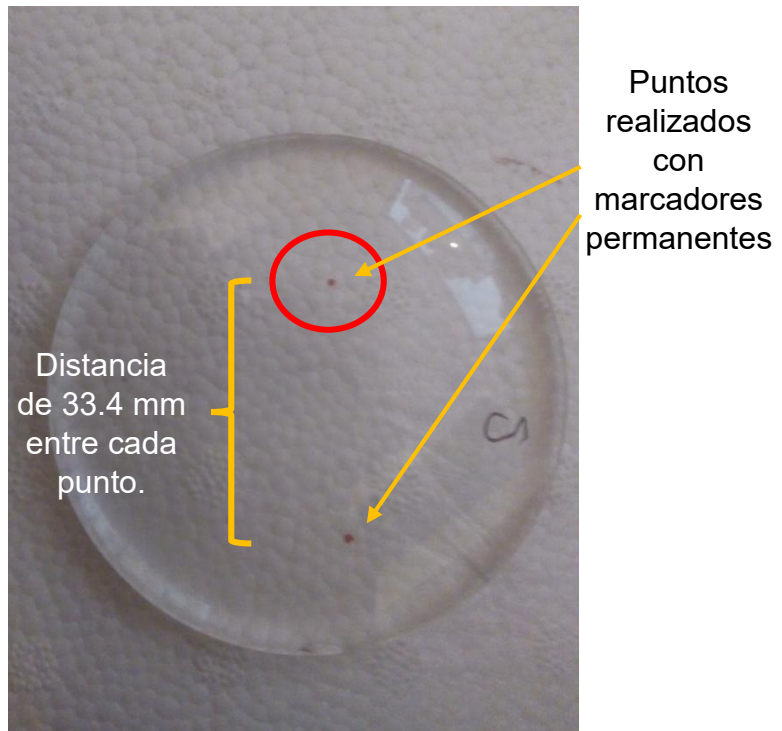


Figura 5.5. Puntos realizados con plumines permanentes.

Veamos la figura número 5.6; en esta imagen podemos observar el punto de referencia marcado con el plumín permanente, por medio del prototipo de iluminación y contraste.

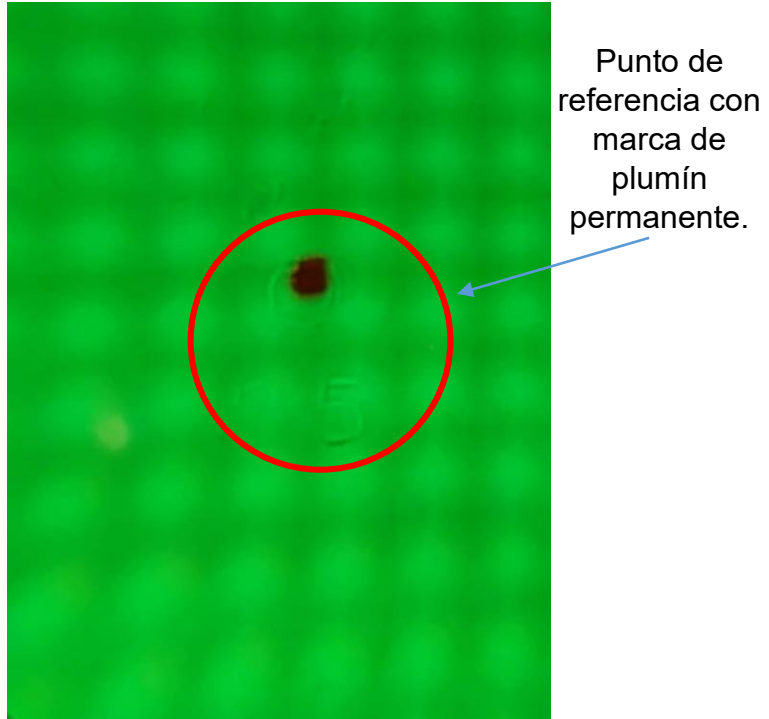


Figura 5.6. Punto de referencia marcado con plumín permanente.

Es importante señalar que la distancia entre los puntos de referencia permanentes es siempre de 33.4 mm y que el prototipo se adaptó a esta necesidad con lo que se garantiza que la marca siempre será acertada.

5.2. Análisis de resultados

En el punto anterior se obtuvieron datos cualitativos y cuantitativos importantes, los cuales muestran 12 puntos de referencia en 6 lentes oftálmicas. Dichos datos arrojan que el 66.6667% de las pruebas tienen una calidad muy buena, es decir que en este porcentaje se aprecian con mucha nitidez y de manera clara el punto de referencia y los caracteres. El 8.3334% de los 12 experimentos cuentan con una calidad buena, la cual indica que se observa el punto de referencia claramente y los caracteres se ven borrosos. Y con una calidad regular en donde el punto de referencia y los caracteres se ven difusos, tenemos el 25% de las muestras. Todos estos datos evaluados con cinco rubros de calidad diferentes, siendo estos; muy buena, buena, regular, mala y muy mala, representados por medio de una gráfica en la figura 5.7.

Tabla 5.2. Tabla de porcentajes según la calidad de la muestra

Calidad	Porcentaje de muestras %
Muy buena	66.6667
Buena	8.3334
Regular	25
Mala	0
Muy mala	0

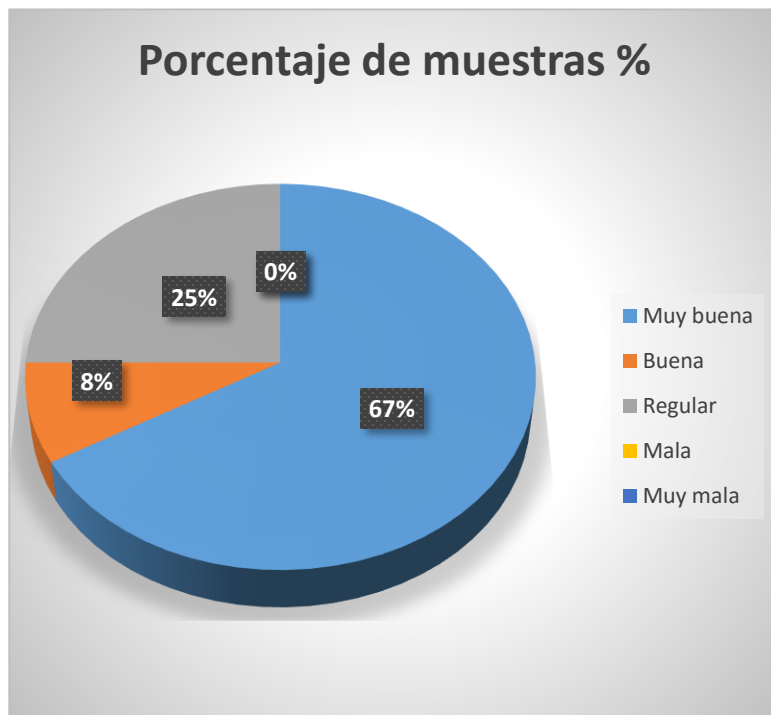


Figura 5.7. Gráfica de porcentajes según la calidad de la muestra.

El informe que se pudo cuantificar fue el tiempo, por lo que con ayuda de un cronometro se hizo la medición, desde que la lente se colocó en el prototipo hasta que se identificó el punto. Ya con los datos recopilados se calculó el promedio del tiempo de identificación, el cual fue de 10.39 segundos. Siendo el tiempo más alto de 14.13 segundos y el más bajo de 6.25 segundos.

La calidad de la imagen depende mucho de que tan profunda o superficial es la marca, ya que en marca que son muy tenues la imagen que se proyecta es débil y por lo tanto con baja nitidez. En la parte del tiempo de identificación se tiene que tomar en cuenta que la lente se coloca de manera aleatoria lo cual provoca dicha diferencia tan grande entre el tiempo mínimo y el máximo.

Tomando en cuenta el análisis realizado en la tabla 2.1 del capítulo 2, en donde tenemos que la identificación de los puntos tarda aproximadamente 32 segundos y ser realiza con un esfuerzo grande a pesar de ser ejecutado por un operario experimentado, tenemos que el tiempo de operación con el prototipo se redujo en un 67.531% y haciéndolo por consecuencia con un esfuerzo mucho menor que en el proceso actual de la empresa y agregando que esta etapa ya la puede realizar una persona sin experiencia.

Para tener la certeza de que lo anterior mencionado se cumple para el personal con y sin experiencia se realizaron dos pruebas más, tomando a un operario que tiene una experiencia media y a un operario sin experiencia dándole las indicaciones de uso en ese mismo momento. Cabe mencionar que las primeras pruebas fueron realizadas por el operario encargado de realizar este trabajo actualmente.

A continuación, se presentan dos tablas: 1) tabla 5.3 (operario con experiencia media) y 2) tabla 5.4 (operario sin experiencia), las cuales contienen el tiempo en que se tardaron en encontrar las marcas de referencia permanentes, así como la facilidad de hallarlas, tomando en cuenta la siguiente rubrica:

Muy fácil → Se le denomina “Muy fácil” al hecho de que el trabajo de encontrar los puntos de referencia fue con muy poco esfuerzo y el tiempo requerido es menor a los 6.9 segundos.

Fácil → Se denomina “Fácil” cuando encontrar los puntos de referencia es una tarea que implica poco esfuerzo y el tiempo de ubicación está entre los 7 y 15.9 segundos.

Difícil → Es declarado “Difícil” cuando la realización de la tarea es con un esfuerzo mayor y los tiempos utilizados van de los 16 segundos a los 33.9 segundos.

Muy difícil → Para considerarlo “Muy difícil” el trabajo de encontrar los puntos de referencia es con un esfuerzo muy grande y los tiempos que ocupa son mayor a 34 segundos.

Tabla 5.3. Datos obtenidos de hacer pruebas con un operario de experiencia media.

Operario con experiencia media		
Prueba	Tiempo [s]	Facilidad de uso
1	10.78	Fácil
2	9.03	Fácil
3	7.79	Fácil
4	8.05	Fácil
5	3.6	Muy fácil
6	4.13	Muy fácil
7	2.89	Muy fácil
8	6.65	Muy fácil
9	12.38	Fácil
10	5.4	Muy fácil
11	6.03	Muy fácil
12	4.88	Muy fácil

Tabla 5.4. Datos obtenidos de hacer pruebas con un operario sin experiencia.

Operario sin experiencia		
Prueba	Tiempo [s]	Facilidad de uso
1	6.35	Muy fácil
2	10.29	Fácil
3	7.3	Fácil
4	14.69	Fácil
5	1.86	Fácil
6	6.6	Muy fácil
7	14.85	Fácil
8	8.69	Fácil
9	2.33	Muy fácil
10	2.88	Muy fácil
11	4.27	Muy fácil
12	5.83	Muy fácil

Analizando los resultados que se obtienen al poner a realizar este trabajo a un operario de experiencia media tenemos que en promedio tarda 6.8 segundos teniendo un tiempo máximo de 12.38 segundos y un tiempo mínimo de 2.89 segundos. También se hace la observación de que el 58.3332 % de las pruebas se denominan “Muy fácil” al tener muy poca dificultad para encontrar los puntos de referencia y tener un tiempo de identificación menor a 6.9 segundos. De igual manera se tiene que el 41.6667 % de las pruebas realizadas se consideran “Fácil” por el hecho de encontrarse los puntos de referencia con poco esfuerzo y con un tiempo de entre 7 y 15.9 segundos. Ver tabla 5.5 y figura 5.8.

Tabla 5.5. Tabla de porcentajes de muestras según la facilidad de uso para un operario de experiencia media.

Facilidad de uso.	Porcentaje de muestras %
Muy fácil	58.3332
Fácil	41.6667
Difícil	0
Muy difícil	0

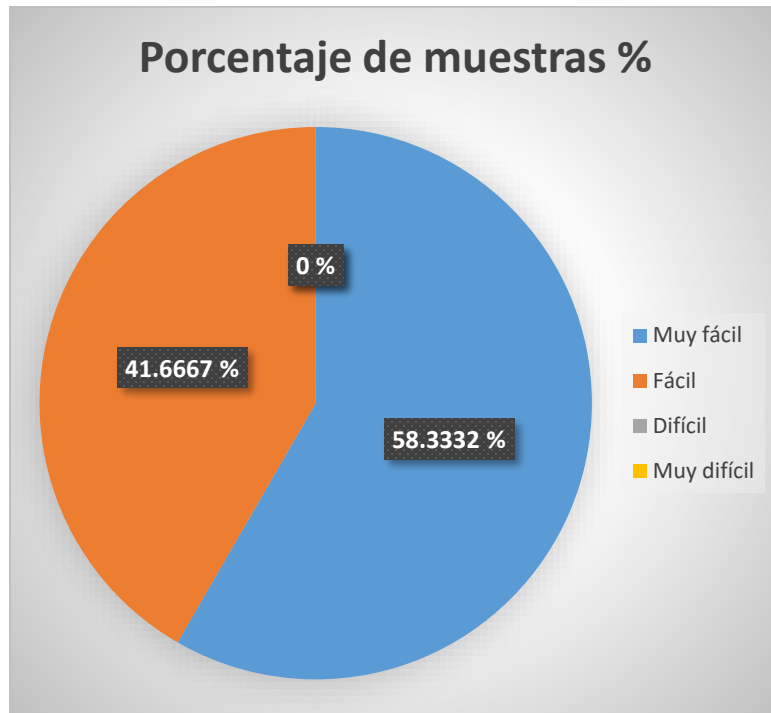


Figura 5.8. Gráfico de porcentajes de muestras según la facilidad de uso para un operario de experiencia media.

Para los datos que se rescatan tomando a un operario sin experiencia se nota que tarda en este ejercicio un promedio de 7.16 segundos en identificar dichos puntos, demorando un tiempo máximo y mínimo de 14.85 segundos y 1.86 segundos respectivamente. Es necesario mencionar que un 50 % de las pruebas se considera “Muy fácil” y el 50% restante se tiene que es “Fácil” tomando en cuenta la rúbrica anterior mente mencionada. Ver tabla 5.6 y figura 5.9.

Tabla 5.6. Tabla de porcentajes de muestras según la facilidad de uso para un operario sin experiencia.

Facilidad de uso	Porcentaje de muestras %
Muy fácil	50
Fácil	50
Difícil	0
Muy difícil	0

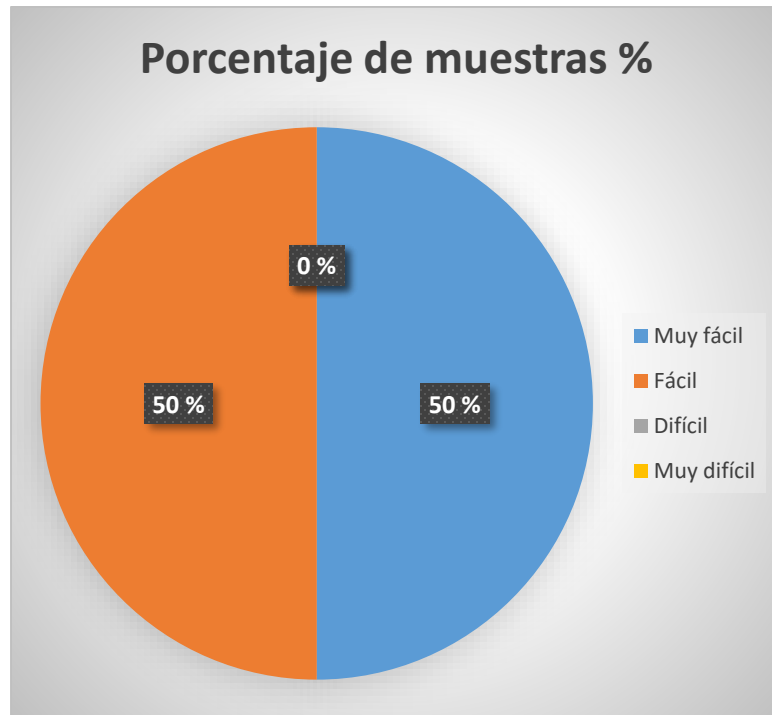


Figura 5.9. Gráfico de porcentajes de muestras según la facilidad de uso para un operario sin experiencia.

Contrastando los datos de las tres personas que elaboraron el experimento podemos decir que no importa la experiencia que se tenga en este trabajo es “Fácil” o “Muy fácil” ubicar las marcas de referencia. Teniendo de entre 14.85 segundos como tiempo de identificación máximo y 1.86 segundos como tiempo de identificación mínimo. La figura 5.10 muestra los tiempos promedio que se tomaron de las pruebas con los tres operarios al implementar el prototipo de identificación de marcas y el tiempo promedio que se toma el operario actualmente con su técnica de identificación.

Tabla 5.7. Tiempos promedio según el operario.

Operario	Tiempo promedio [s]
Operario con experiencia sin el prototipo	32
Operario con experiencia utilizando el prototipo	10.39
Operario con experiencia media utilizando el prototipo	6.8
Operario sin experiencia utilizando el prototipo	7.16



Figura 5.10. Grafica de tiempos promedio según el operario.

De igual manera, se añade la satisfacción de saber que el marcado de los puntos con plumín permanente se ha hecho de manera adecuada acertando siempre en el lugar requerido. Para esto es preciso mencionar que se hizo un análisis de los lentes que se marcaban mal y era necesario volver a realizar el proceso, con lo que se tiene que en una semana aproximadamente se localizan incorrectamente 40 pares en un mes siendo esto el 1.33 % de margen de error.

En contraste implementando este prototipo se tiene un porcentaje de error del 0.4%, ya que en promedio se tienen 12 pares que se marcan mal en un mes. Este error es consecuencia de un posible mal acomodo de la lente sobre el prototipo.

Dicho lo anterior, se expone la conformidad con los principios de iluminación y contraste, así como de las teorías de la óptica en las lupas, haciendo posible los objetivos principales por los que fueron tomados. Cabe mencionar que dicho prototipo de un sistema de visión bien se puede utilizar en cualquier laboratorio óptico en el que se requiera.

5.3. Análisis de costo de fabricación

Es importante también tomar en cuenta los costos, ya que para poder implementar dicho sistema se debe considerar esta parte y saber qué tan rentable es, así como también tener en cuenta el tiempo en que se podrá recuperar la inversión hecha.

5.3.1. Costos de fabricación.

Para poder tener un cálculo aproximado de los costos de fabricación se recurrió a cotizar el proyecto. Para lo que se realizó la siguiente tabla en la cual se vaciaron datos como el costo de la materia prima y el costo de la mano de obra. Ver tabla 5.8.

Tabla 5.8. Concentrado del costo para la fabricación del sistema de identificación de puntos de referencia.

COSTOS DE FABRICACIÓN			
Materia prima.			
No.	Concepto	Canti- dad	Costo en pe- sos mexica- nos
1	Acrílico negro 3mm de 50.5 x 22.7 cm	1 PZ	\$ 140.00
2	Vidrio 3mm de 20.2 x 20.4 cm	1PZ	\$ 5.54
3	Lupa de 10 dioptrías de policarbonato	2 PZ	\$ 1,200.00
4	Placa de 48 leds de 12 volts y 70 watts	1PZ	\$ 137.00
5	Eliminador Huawei modelo WB24D12FU	1 PZ	\$ 65.00
6	Resorte	1 PZ	\$ 1.00
7	Lámina cuadrículada	1 PZ	\$ 1.00
8	Fondo verde	1 PZ	\$ 0.50
9	Puntas marcadoras topcon	2 PZ	\$ 1,200.00
	Total de materia prima		\$ 2,750.04
Mano de obra.			
10	Corte laser		\$ 160.00
11	Armado		\$ 200.00
	Total de mano de obra		\$ 360.00
	Costo total de fabricación		\$3,110.04

Entonces teniendo estos datos se puede estimar el costo de la elaboración de este sistema, lo que nos da un aproximado de la inversión que la empresa realizaría, la cual es de \$ 3,110.4 pesos mexicanos.

Dado que las partes electrónicas en sus especificaciones señalan una vida útil mayor a 2 años, el único mantenimiento que debe darse a este sistema constantemente, hablando de cada 3 meses, es el cambio de las puntas marcadoras.

5.3.2. Comparación del proceso actual y el uso del sistema propuesto.

También es importante hacer la diferencia que hay al utilizar el sistema de identificación de los puntos de referencia propuesto y el método actualmente utilizado en este proceso. Para esto se muestra la tabla 5.9, que hace referencia a la producción de lentes oftálmicas en un mes. Según la empresa Vertex S.A. de C.V. produce 3,000 pares de lentes oftálmicas en un mes, trabajando un aproximado de 44 horas a la semana (de lunes a sábado), por lo que se puede determinar que producir un par de lentes oftálmicas tarda aproximadamente 3.52 minutos de los cuales 64 segundos se utilizan en la identificación de las marcas de referencia. Si tomamos en cuenta que en promedio utilizando el prototipo el operario tarda 20.78 segundos en localizar las marcas de referencia en las dos lentes, se tiene que el producir una lente oftálmica tardaría un tiempo aproximado de 2.81 minutos; teniendo así la producción aproximada en un mes, ver tabla 5.9.

Tabla 5.9. Concentrado de producción con el método actual y con el prototipo.

Tiempo	Producción utilizando el método actual.	Producción utilizando el prototipo.
1 hora	17 pares	21 pares
1 día (8 horas)	136 pares	168 pares
1 semana (44 horas)	750 pares	924 pares
1 mes (4 semanas)	3000 pares	3696 pares

Como se puede ver utilizando el prototipo que se estudia en este escrito, la empresa produciría aproximadamente 696 pares de lentes más.

5.3.3. Recuperación de la inversión.

Es importante hacer el cálculo de la recuperación de la inversión realizada y para eso recurriremos a la fórmula que proporciona el artículo *“Análisis de punto de equilibrio en la toma de decisiones de un negocio: caso Grand Bazar Riobamba –Ecuador “* de la revista *“Revista de Estrategias del Desarrollo Empresarial ”* para calcular el punto de equilibrio⁷, la cual es la siguiente:

$$(P \cdot Q) - (CV \cdot Q) - CFT = 0 \dots\dots\dots \text{ecuación (3)}$$

De donde,

P → Precio de venta

Q → Volumen de ventas del producto

CV → Costos variables

CFT → Costos fijos totales

⁷ Según Baca Urbina Gabriel en su libro *“Evaluación de proyectos”* el punto de equilibrio es el nivel de producción en el que los ingresos por venta son exactamente iguales a la suma de los costos fijos y los variables.

Para obtener la cantidad de lentes que se deben producir y hacer una recuperación de lo que se invertiría, se procede a calcular el volumen de ventas sustituyendo los datos siguientes en la ecuación 3.

Datos

$$P = \$ 600$$

$$Q = X \text{ lentes}$$

$$CV = \$ 73.0334$$

$$CFT = \$ 3,110.04$$

Sustitución

$$(600 \cdot X) - (73.0334 \cdot X) - 3,110.04 = 0$$

$$(600 \cdot X) - (73.0334 \cdot X) = 3,110.04$$

$$X(600 - 730334) = 3,110.04$$

$$X = 3,110.4 / (600 - 73.0334)$$

$$X = 5.9$$

Por lo tanto, se necesitan fabricar y vender aproximadamente 6 pares de lentes, para recuperar la inversión realizada.

Para tener más clara esta parte, en la imagen 5.11 se puede ver una gráfica en la que se muestran 3 rectas, las cuales son las ventas, costos totales, costos fijos totales y de igual manera se puede observar el punto de equilibrio.

Para poder graficar esto se toma una muestra significativa en relación a la producción que se debe tener para recuperar la inversión, la cual es de 16 trabajos.

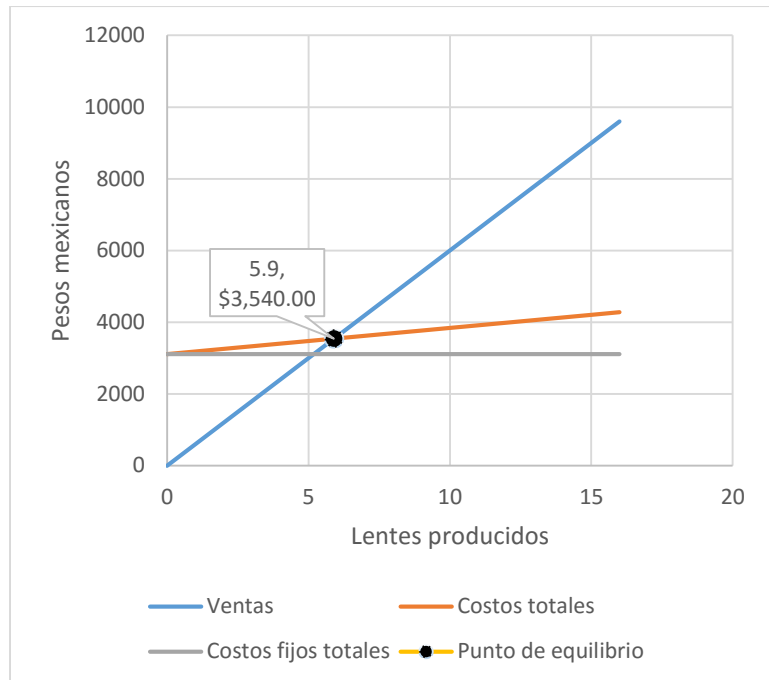


Figura 5.11. Grafica del punto de equilibrio.

Para realizar esta grafica se realizó lo siguiente:

En el caso de las ventas se calculó el producto del precio de venta por la cantidad de lentes producidos ($P \cdot Q$) que como resultado da \$ 9,600 y es representada por la recta color azul; para determinar los costos totales se sumaron los costos totales fijos más el producto de los costos variables por la cantidad de lentes producidos ($CT = CFT + CV \cdot Q$), lo que da un total de \$ 4,278.5744 y se representa con la recta de color naranja; los costos fijos totales (CFT) son simbolizados con la recta gris y es el costo del prototipo; por último se muestra un punto color negro, el cual connota el punto de equilibrio que es la intersección de las ventas y los costos totales, que justamente hace referencia a la producción de lentes que se debe tener para recuperar la inversión realizada al implementar un sistema de identificación de puntos de referencia en lentes oftálmicas.

Consecuentemente podemos hacer una comparativa del costo-beneficio mostrada en la tabla siguiente.

Tabla 5.10. Costos realizados y beneficios obtenidos.

Costo	Beneficio
<ul style="list-style-type: none"> • Inversión de \$ 3,110.4 pesos, al implementar un sistema de identificación de puntos de referencia en lentes oftálmicas progresivas. • Cambio de puntas marcadoras topcon con un costo de \$ 1,200 pesos cada 3 meses. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la producción de 696 lentes más en un mes. • Reducción en los tiempos de identificación. • Mejora en la exactitud del marcado con plumín de los puntos de referencia. • Reducción del margen de error del 1.33 % al 0.27 %. • Sistema capaz de ser operado por una persona sin experiencia. • Dimensiones reducidas capaz de ser manipulado sin dificultades.

PARTE III.

Beneficios obtenidos al implementar un sistema de visión para la identificación de marcas permanentes en una lente oftálmica progresiva y conclusiones.

6. Beneficios obtenidos al implementar un sistema de visión para la identificación de marcas permanentes en una lente oftálmica progresiva.

Para este punto ya se tiene el registro de las evidencias para cuestionar, así como para dar a conocer los beneficios y algunos inconvenientes que se observan al implementar el sistema de identificación de los puntos de referencia en una lente oftálmica progresiva.

6.1. Beneficios encontrados.

Con motivo de hacer notar la mejora que se logró con respecto a la identificación de los puntos de referencia, siendo esta una parte de la etapa número 10 de la elaboración de una lente oftálmica. A continuación, se presentarán los beneficios que se tienen al implementar la idea de sistema de visión, para hacer más eficiente y eficaz la búsqueda e identificación de los puntos de referencia, así como para que dicho trabajo se pueda realizar por cualquier persona sin tener una experiencia previa o sin impartir un curso tan extenso.

Beneficios:

- Se comprobó que los puntos de referencia fueron localizados con un esfuerzo menor, ya que el rango de visión es más amplio al tener un aumento gracias a la lupa utilizada.
- Como consecuencia del punto anteriormente mencionado, se obtuvo una reducción significativa en la localización de las marcas.
- Se deja de buscar el ángulo correcto para enfocar de la mejor manera la lente a contraluz y así encontrar los puntos de referencia.
- La lente se puede apoyar en una base sólida y estable evitando perder de vista los puntos de referencia.
- No se requiere utilizar las dos manos, ya que el prototipo es rígido y estable.
- Inmediatamente después de haber identificado las marcas se pueden colocar los puntos con plumín permanente.
- Las marcas de referencia colocadas con un plumín permanente son siempre acertadas, por lo que se tiene una gran precisión.
- No requiere de alguna capacitación especial para poderse utilizar.
- Los puntos de referencia con sus respectivos caracteres siempre son ubicados.

Todos los beneficios anteriores fueron otorgados por los operarios que se pusieron a prueba para hacer las medidas y experimentos realizados en el tema número 4 "Pruebas con prototipo funcional". De todos los puntos anteriormente mencionados los operarios con experiencia y con experiencia media, mencionan una gran satisfacción con respecto a la facilidad y precisión del marcado con plumín ya que de manera indirecta el prototipo evita un siguiente paso, que es verificar la correcta ubicación del punteado realizado con

marcador ayudándose de una plantilla, y así tener la certeza de que el trabajo se hizo de manera correcta.

Consecuentemente se tiene un aumento en la producción de lentes, la cual es de 696 pares de lentes mensualmente.

6.2. Inconvenientes encontrados.

Al ser estos operarios quienes están trabajando diariamente con esta etapa del proceso de fabricación de una lente oftálmica, nos hicieron observaciones acerca de algunos de los inconvenientes encontrados en esta propuesta. En seguida se mencionan las desventajas que ellos sugieren:

- Posición del operario al ocupar el prototipo.
- Es incomodo realizar el barrido de la lente para buscar los puntos de referencia.

Los puntos anteriores fueron comentados por los tres operarios que nos apoyaron en esta parte. Ellos mencionan que la posición que se adopta al utilizar este prototipo resulta ser poco ergonómica en un lapso de tiempo muy largo. Y con respecto al segundo punto solo el operario sin experiencia hace la observación y menciona que el girar la lente para ubicar las marcas de referencia es incómodo.

7. Conclusiones

Los objetivos de este estudio se cumplieron satisfactoriamente, teniendo el diseño de un sistema de identificación de los puntos de referencia permanentes en lentes oftálmicas progresivas en la empresa Vertex S.A. de C.V., el cual se implementó en el espacio de trabajo requerido para observar si cumplía con los objetivos particulares y con los requerimientos de las personas que realizan esta etapa de la elaboración de una lente oftálmica progresiva.

De igual manera uno de los puntos de los objetivos particulares se cubrió logrando que la visibilidad de los puntos de referencia permanentes mejorara, facilitando la identificación de estos.

En consecuencia, de haber mejorado la visibilidad de las marcas de referencia se consiguió que el tiempo de la identificación se optimizara significativamente, obteniendo una reducción del 67.531% del tiempo original. Teniendo que con la implementación del sistema el operario tarda en promedio 10.39 segundos.

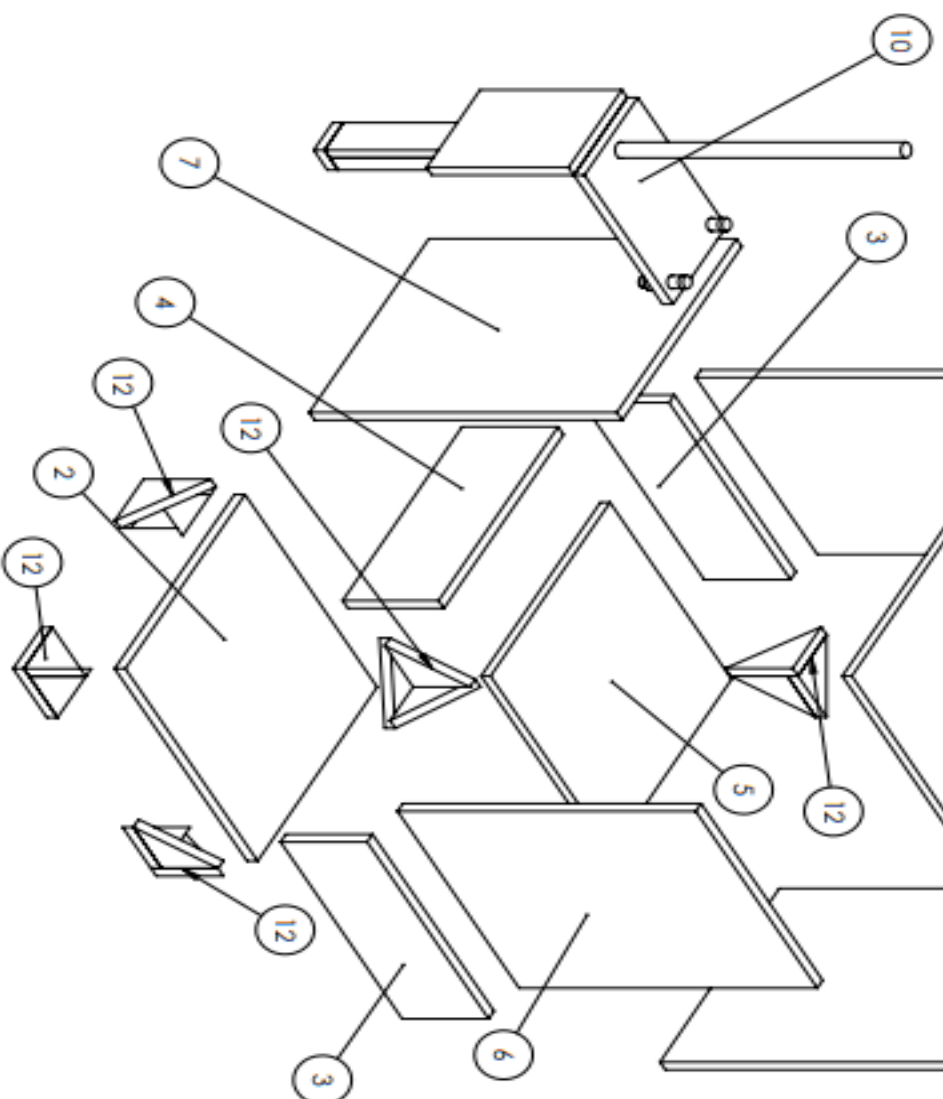
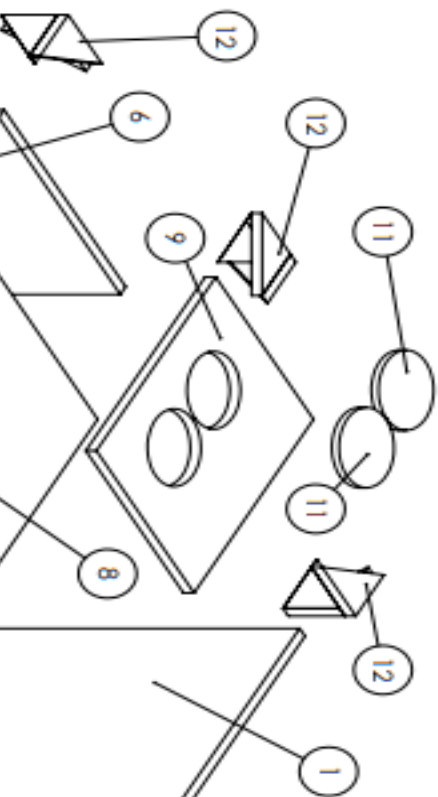
Algo extra que se consiguió fue que ahora cualquier trabajador sin experiencia alguna puede realizar este trabajo ya que se necesita una breve explicación del manejo del sistema de visión para poder utilizarlo de manera correcta.

Al reducir tiempos en consecuencia se eleva la producción, realizando un aproximado de 696 pares de lentes más en un mes. Tomando como referencia que se hizo el cálculo del punto de equilibrio igual se pudo observar que implementar este prototipo sería rentable, ya que se recuperaría la inversión con producir 6 trabajos.

Este sistema puede ser utilizado en cualquier laboratorio óptico en el que sea requerido, por su fácil manejo y su tamaño que permite ubicarlo en espacios reducidos.

Es importante reducir tiempos eficientemente ya que el período en el que se realiza un proceso industrial y la calidad del producto son vitales en el día a día de cualquier empresa.

PLANOS

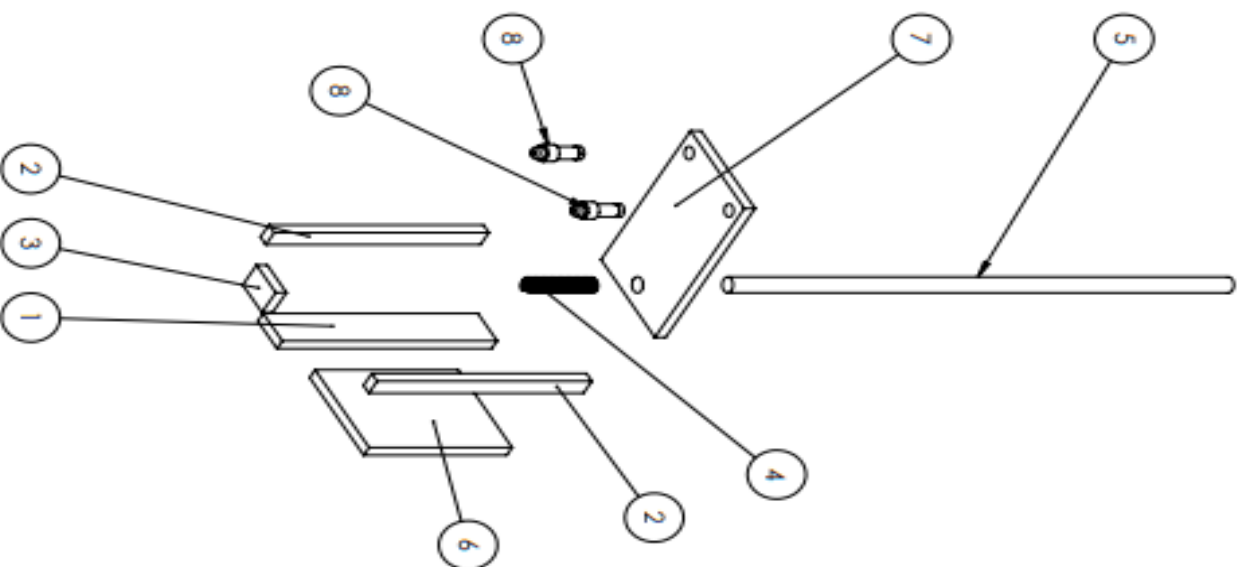
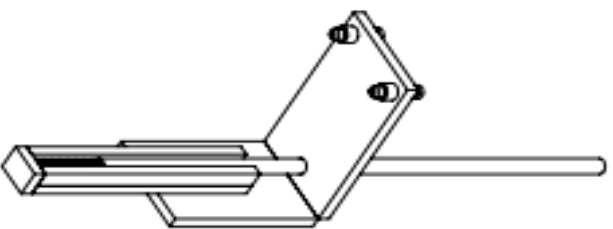


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	PZ-001	Acrílico de 101 mm x 218 mm.	1
2	PZ-002	Acrílico de 101.19 mm x 111.9 mm.	1
3	PZ-003	Acrílico de 102.9 mm x 36.6 mm.	2
4	PZ-004	Acrílico de 101 mm x 40.60 mm.	1
5	PZ-005	Vidrio de 102.9 mm x 101 mm.	1
6	PZ-006	Acrílico de 102.9mm x 126.12mm.	2
7	PZ-007	Acrílico de 101 mm x 130.12m.	1
8	PZ-008	Vidrio de 102.9 mm x 101 mm.	1
9	PZ-009	Acrílico de 101 mm x 82.7 mm.	1
10	E-002	Mecanismo de marcación.	1
11	PZ-011	Lente con de policarbonato con 10 dioptrías, un diámetro de 33 mm y espesor de 3 mm.	2
12	E-003	Esquinero.	8

NOTAS:

- *El acrílico es negro con un espesor de 4.5 mm.
- *El vidrio es transparente y con un espesor de 4 mm.
- *La descripción de los materiales del mecanismo de marcación, se muestra en el plano PL - E002.
- *La descripción de los materiales y medidas del esquinero, se muestra en el plano PL-E003.

UNAM	UNAM	NOMBRE:	Cristian Ogüero
REVISÓ:	José Luis Espinoza	TÍTULO:	
MATERIAL:	Varios	Identificador de puntos de referencia.	
FECHA:	22/02/21	UNAM N.º DE DIBUJO	PL - E001
	Las colas se expresan en MM	ESCALA:	1:5 PESO:
			HOLA 1 DE 1



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	PZ-012	Acrílico de 90 mm x 16 mm.	1
2	PZ-013	Acrílico de 90 mm x 7 mm.	2
3	PZ-014	Acrílico de 16 mm x 11.5 mm.	1
4	PZ-019	Resorte de altura de 28.6 mm con 17 revoluciones y diámetro exterior de 16 mm.	1
5	PZ-015	Barrilla acrílica de 6.5 mm de diámetro y 210 mm de altura.	1
6	PZ-016	Acrílico de 60 mm x 45.15 mm.	1
7	PZ-017	Acrílico de 75 mm x 45.15 mm.	1
8	PZ-018	Marcadores de plástico con una altura de 20.15 mm	2

NOTAS:

*El acrílico es de color negro y de 4.5 mm de espesor.

*El resorte es de alambre de 0.4 mm.

A

B

A

B

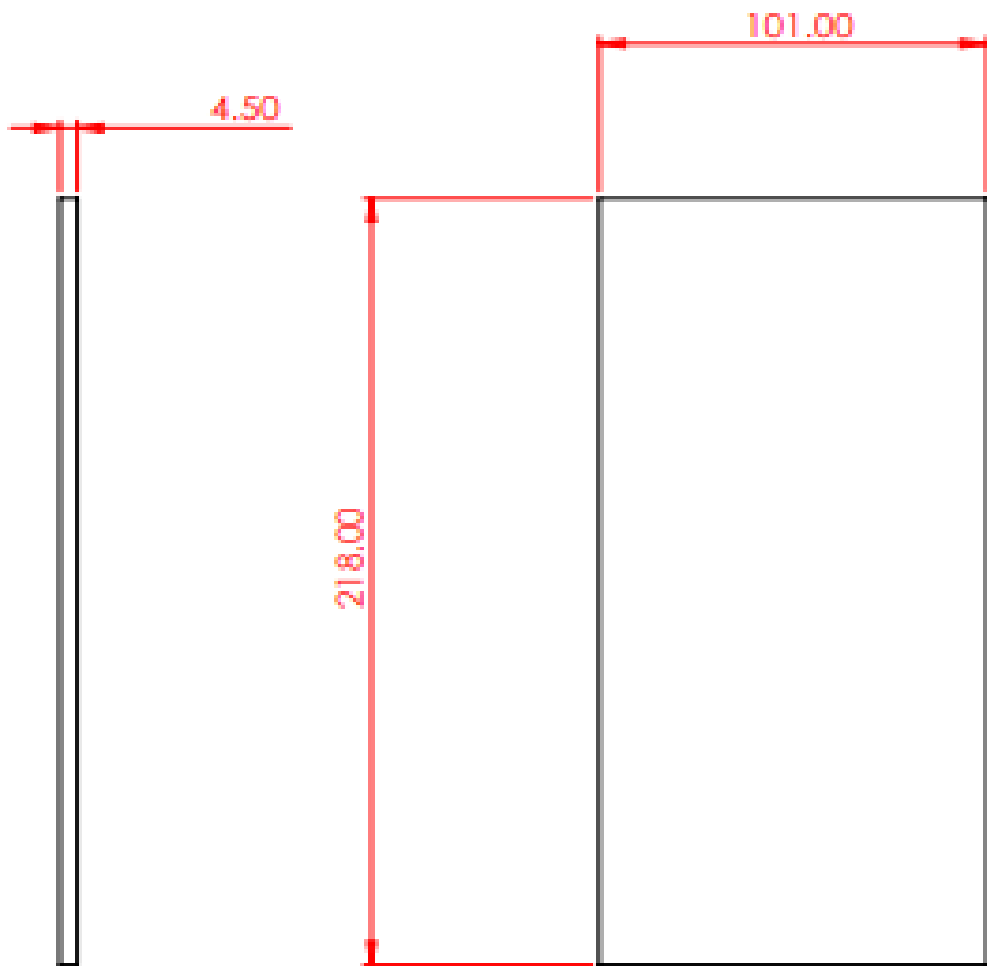
UNAM	NOMBRE:	Cristian Ogüera	
Facultad de Ingeniería	TÍTULO:	Mecanismo de marcación.	
MATERIAL: Varios	REVISÓ:	José Luis Espinoza	FECHA: 22/02/21
Los colas se expresan en MM	REVISÓ:		
	FECHA:	22/02/21	
	UNAM	N.º DE DIBUJO	REV
		B	PL-E002
	ESCALA: 1:2 PESO:		HOJA 1 DE 1

4

3

2

1



UNAM
Facultad de
Ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza

FECHA: 23/02/21

NOMBRE:

Cristian aguilar

MATERIAL:

Acrílico Negro

TÍTULO:

Soporte

Las cotas se expresan
en MM

N.º DE DIBUJO

PL-001

A4

PESO:

ESCALA: 1:2

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

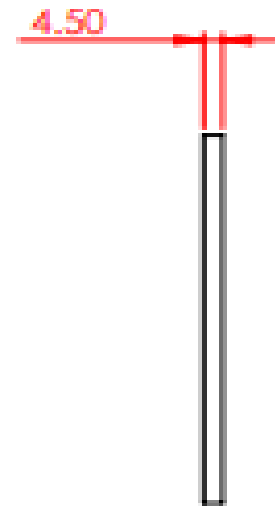
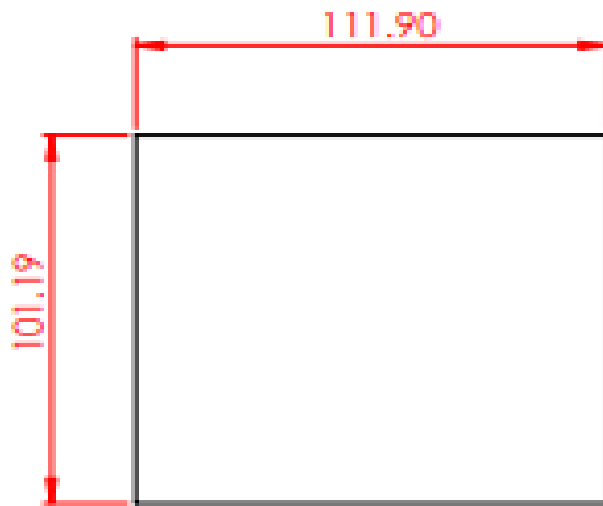
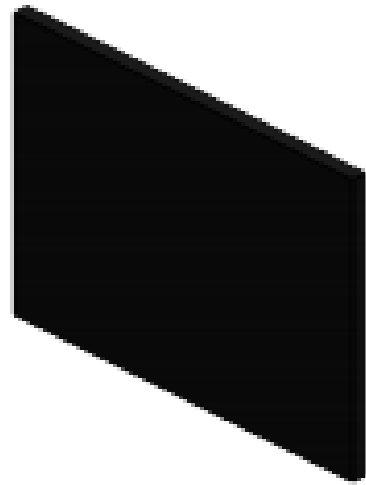
C

B

B

A

A



UNAM
Facultad de
Ingeniería

Revisó: José Luis Espinoza

FECHA: 23/02/21

NOMBRE:

Cristian Aguilera

MATERIAL:

Acrílico negro

TÍTULO:

Base

LAS COTAS SE
EXPRESAN EN MM

N.º DE DIBUJO

PL-002

A4

PESO:

ESCALA: 1:2

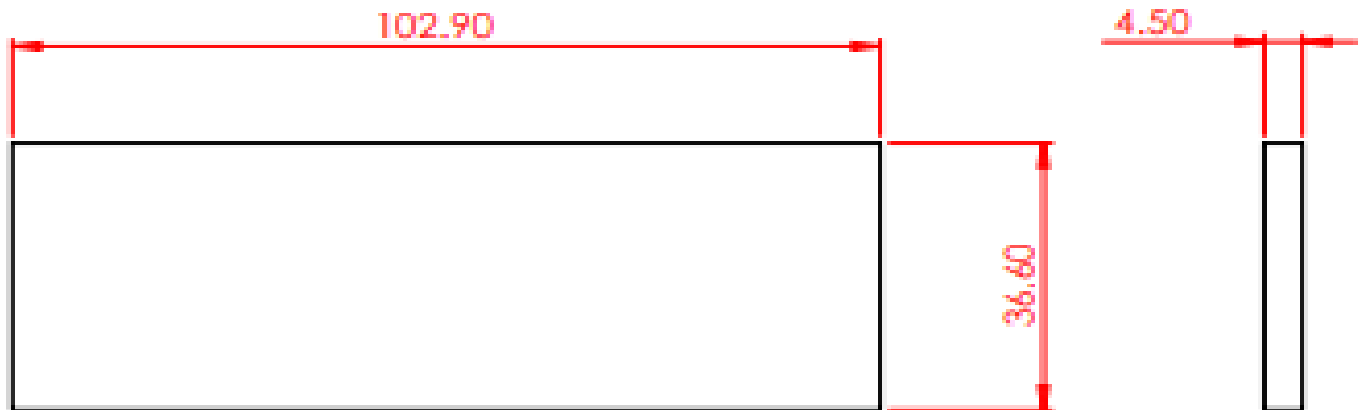
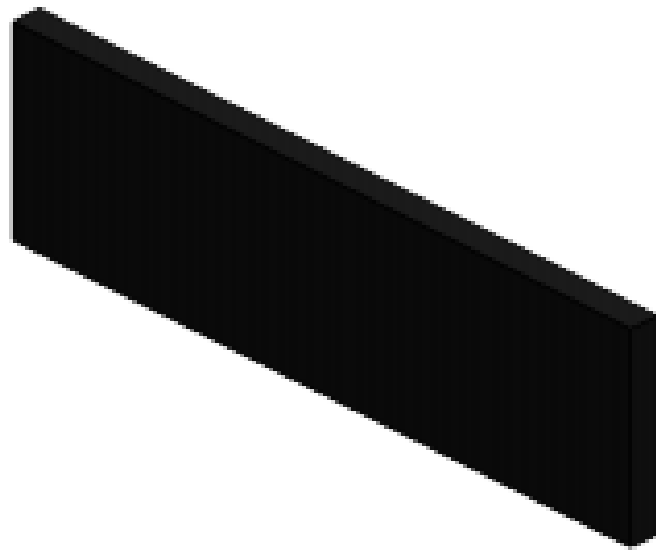
HOJA 1 DE 1

4

3

2

1



UNAM
Facultad de
Ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza

FECHA: 23/02/21

NOMBRE:

Cristian Aguilera

MATERIAL:

Acrílico negro

TÍTULO:

Costado base

LAS COTAS SE
EXPRESAN EN MM

N.º DE DIBUJO

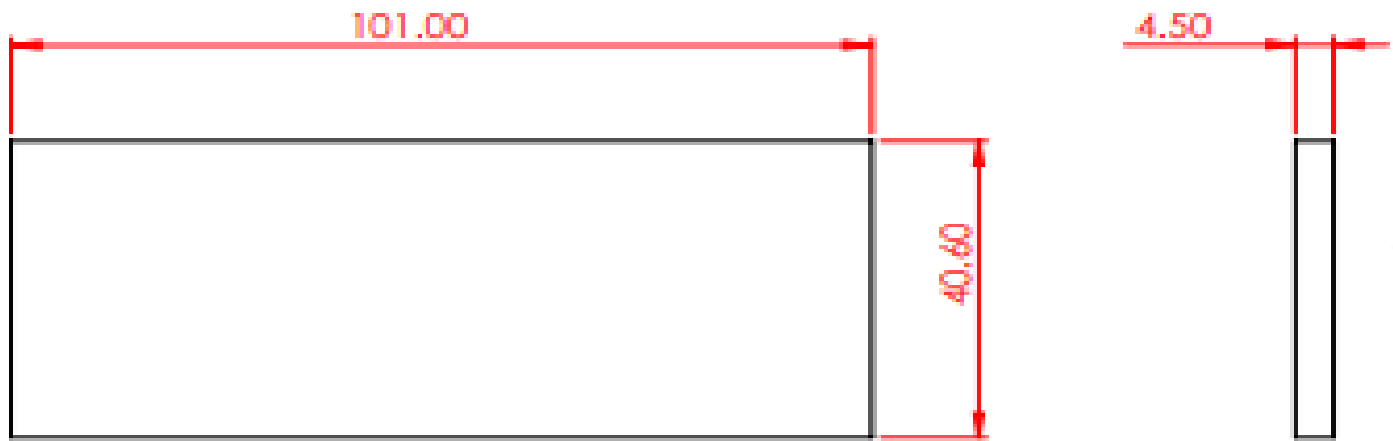
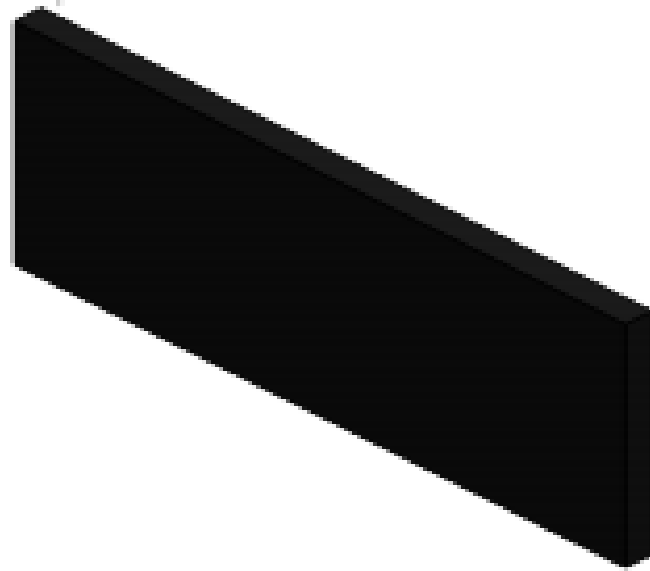
PL-003

A4

PESO:

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1



UNAM
Facultad de
Ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza

FECHA: 23/02/21

NOMBRE:

Cristian aguilera

MATERIAL:

Acrílico negro

TÍTULO:

Frente base

LAS COTAS SE
EXPRESAN EN MM

N.º DE DIBUJO

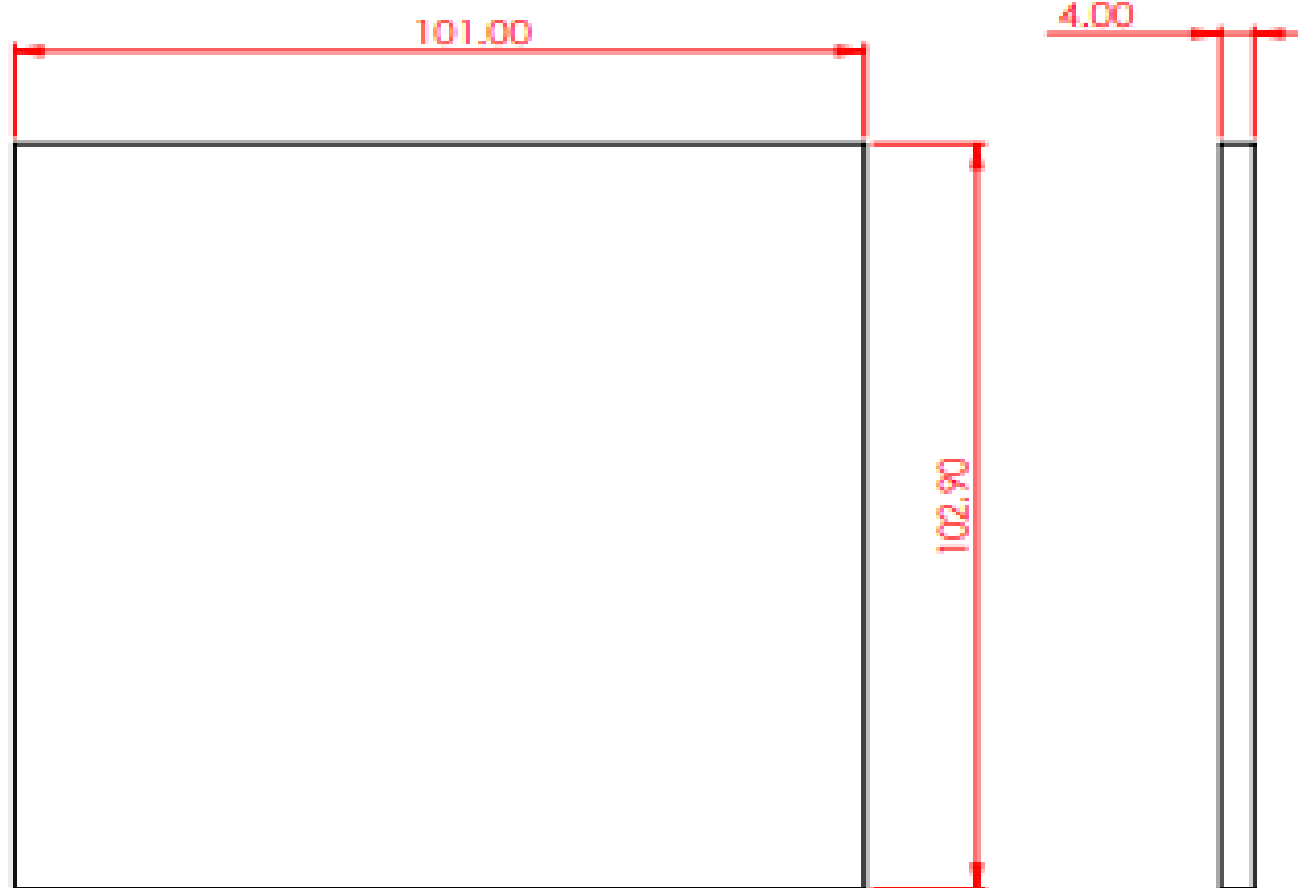
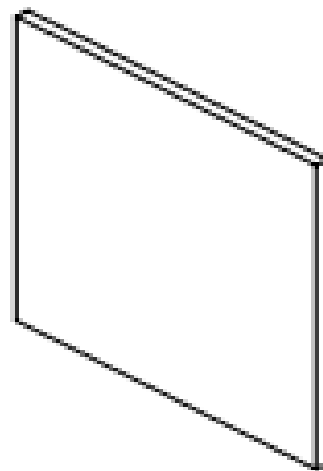
PL-004

A4

PESO:

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1



UNAM
Facultad de
Ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza FECHA: 23/02/21

NOMBRE:
Cristian aguilara

MATERIAL:
Vidrio translúcido

TÍTULO:
Vidrio base

Las cotas se expresan
en MM

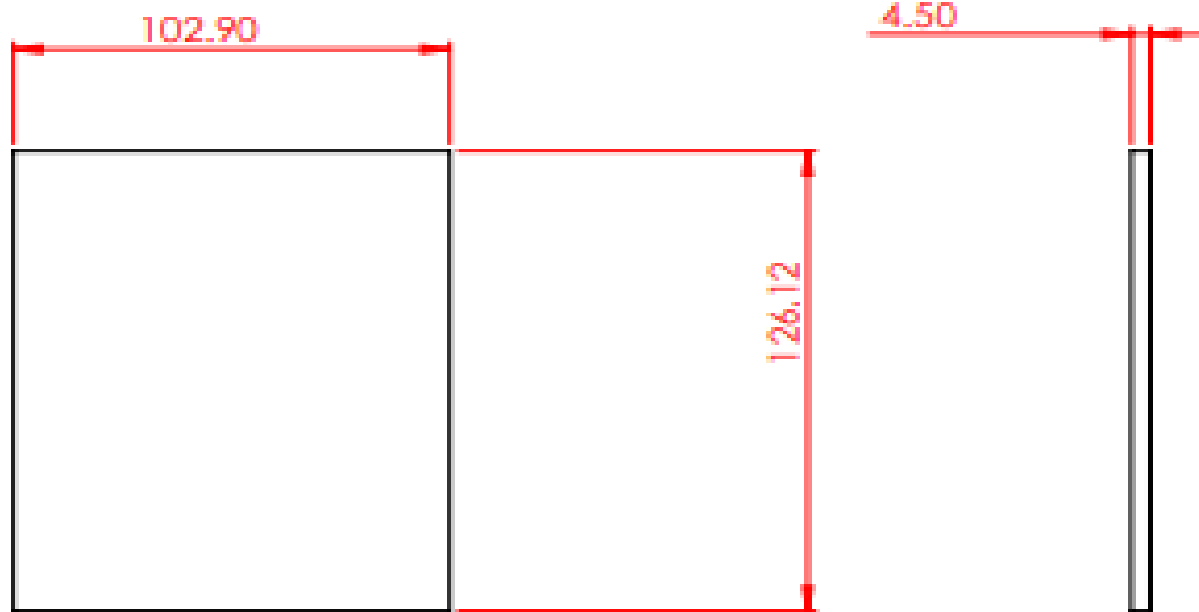
N.º DE DIBUJO
PL-005

A4

PESO:

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1



UNAM
Facultad de Ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza

FECHA: 23/02/21

NOMBRE:

Cristian aguiera

MATERIAL:

Acrílico negro

TÍTULO:

Costado base
P/lente

Las cotas se expresan en MM

N.º DE DIBUJO

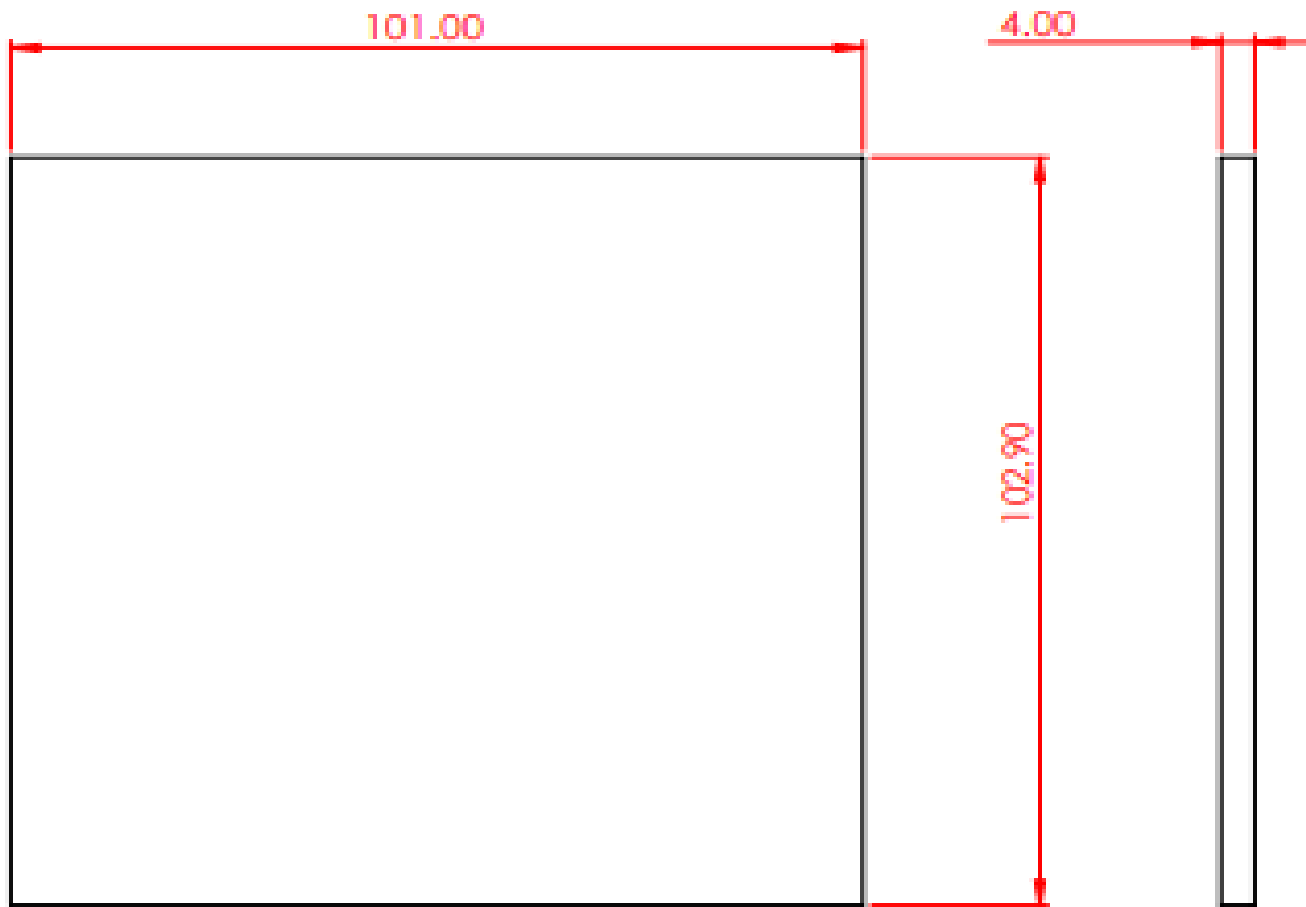
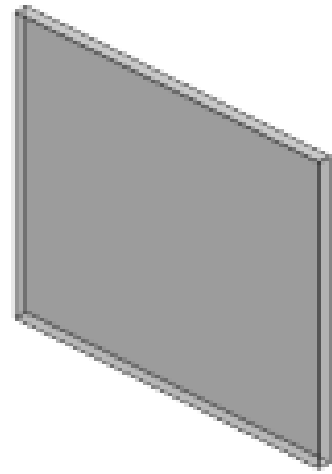
PL-006

A4

PESO:

ESCALA: 1:2

HOJA 1 DE 1



UNAM
Facultad de
ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza FECHA: 23/02/21

NOMBRE:
Cristian aguillera

MATERIAL:
Vidrio translúcido

TÍTULO:
**Vidrio base P/
lente**

Las cotas se expresan
en MM

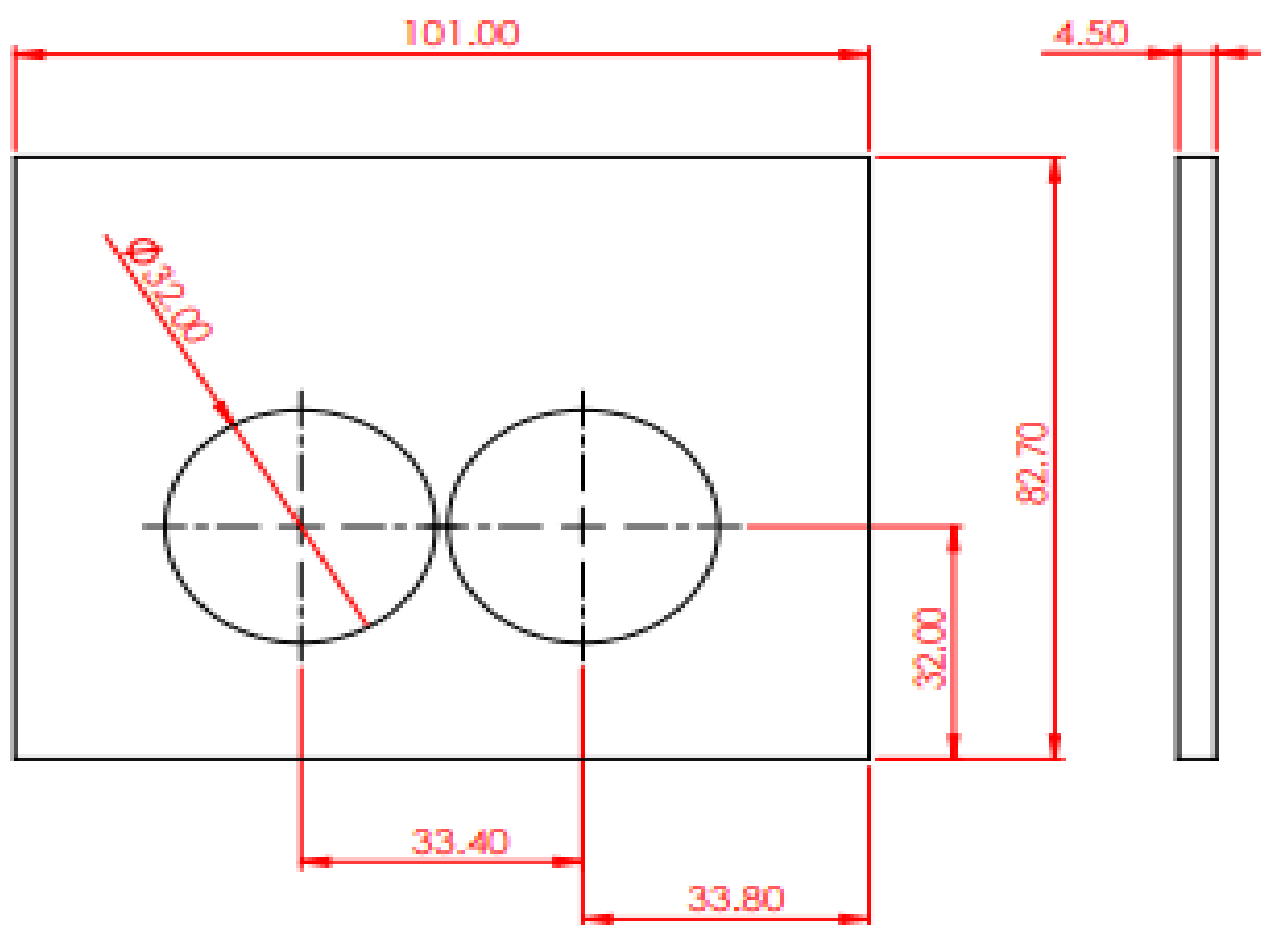
N.º DE DIBUJO
PL-008

A4

PESO:

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1



UNAM
Facultad de
Ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza FECHA: 23/02/21

NOMBRE:
Cristian aguilara

MATERIAL:
Acrílico negro

TÍTULO:
Base lupas

Las cotas se expresan
en MM

N.º DE DIBUJO
PL-009

A4

PESO:

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

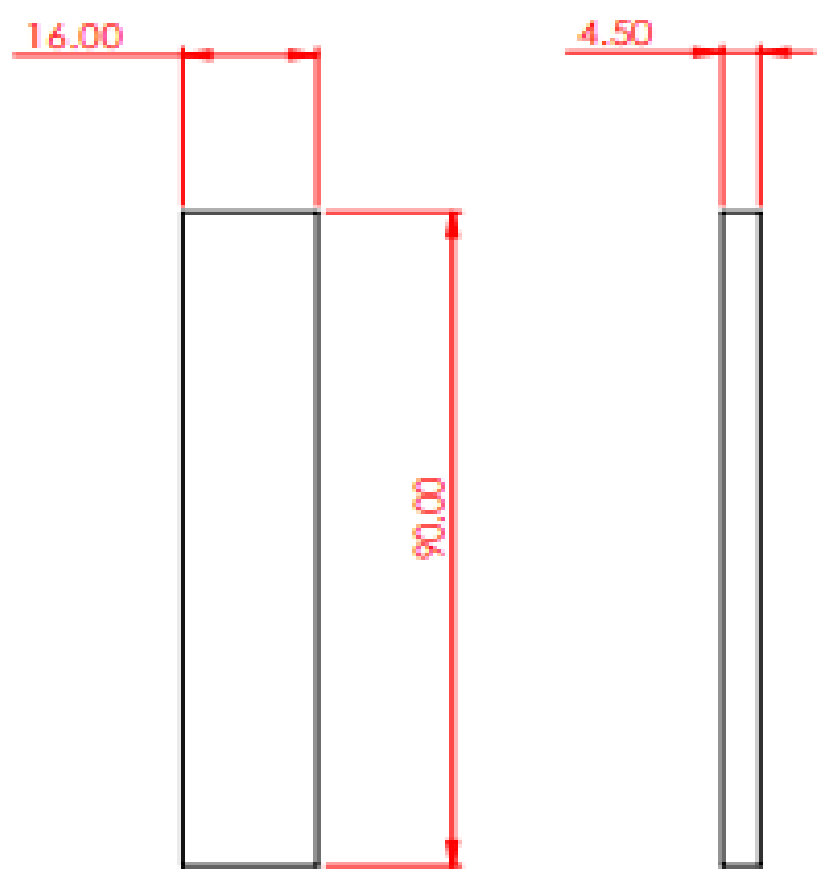
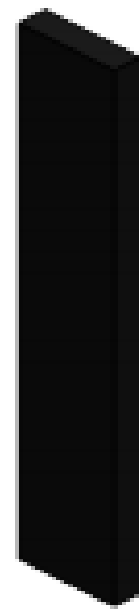
C

B

B

A

A



UNAM
Facultad de ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza FECHA: 23/02/21

NOMBRE: Cristian aguilara

MATERIAL:
Acrílico negro

TÍTULO:
Frente contenedor resorte

Las cotas se expresan en MM

N.º DE DIBUJO
PL-012

A4

PESO:

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

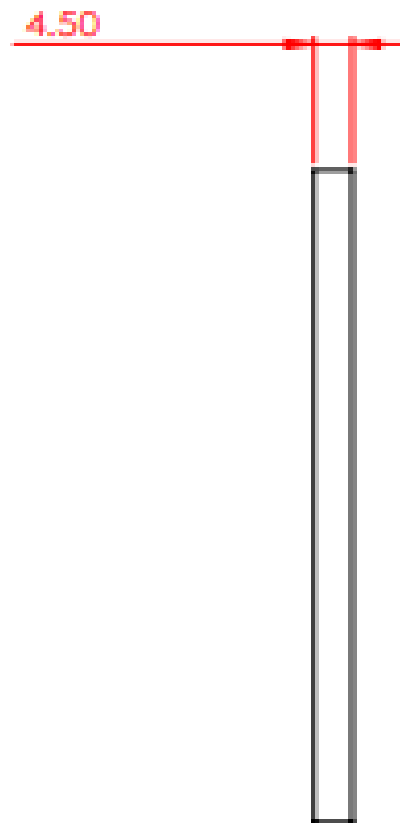
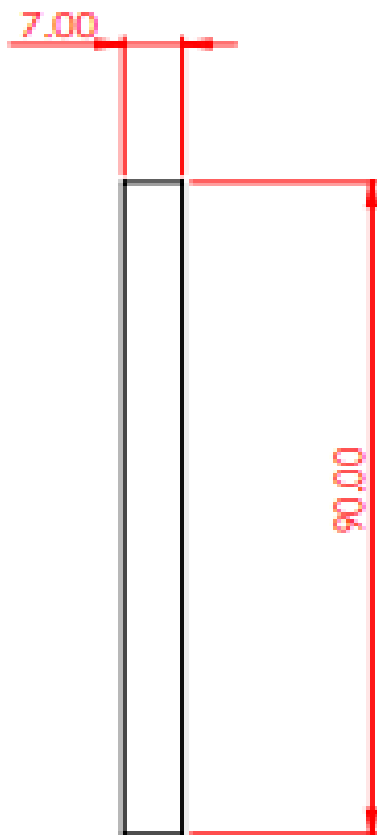
C


B

B

A

A



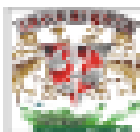
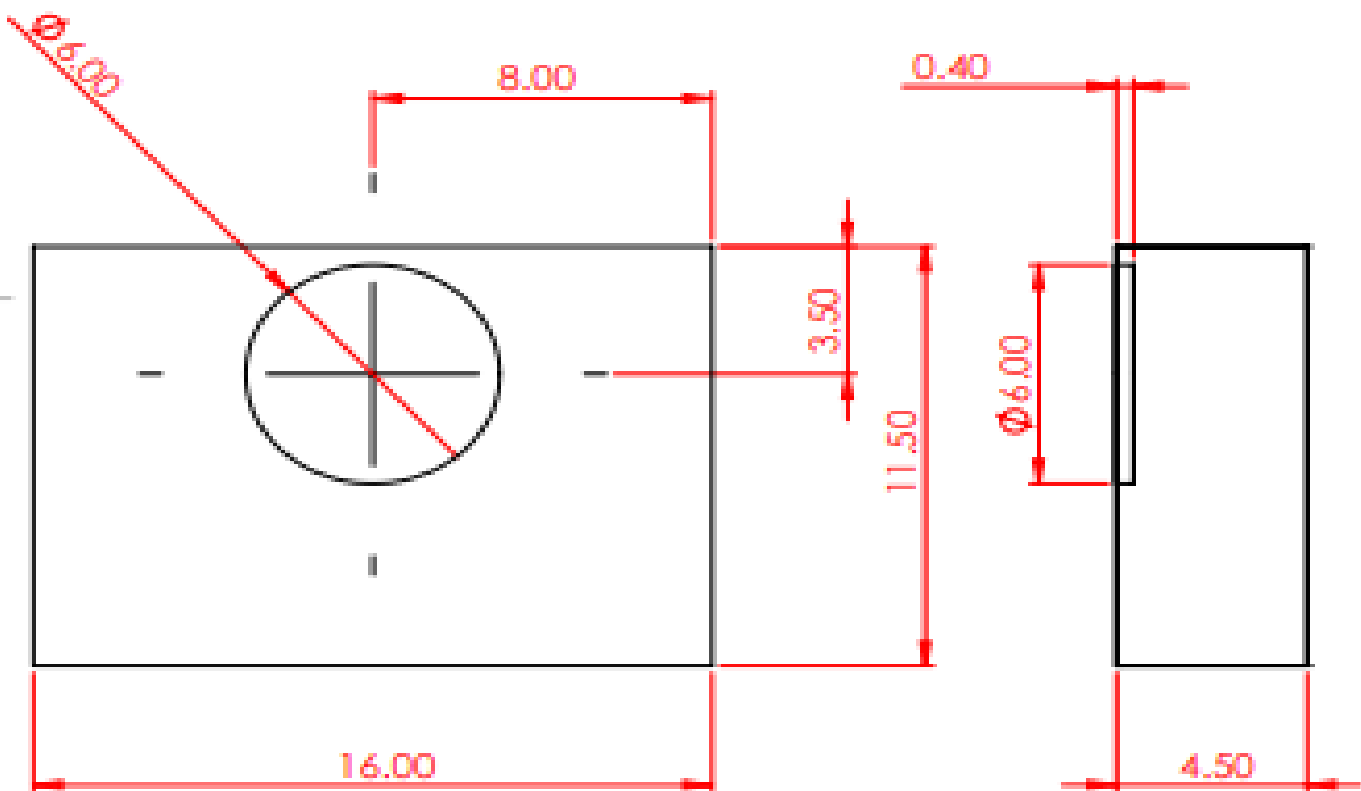
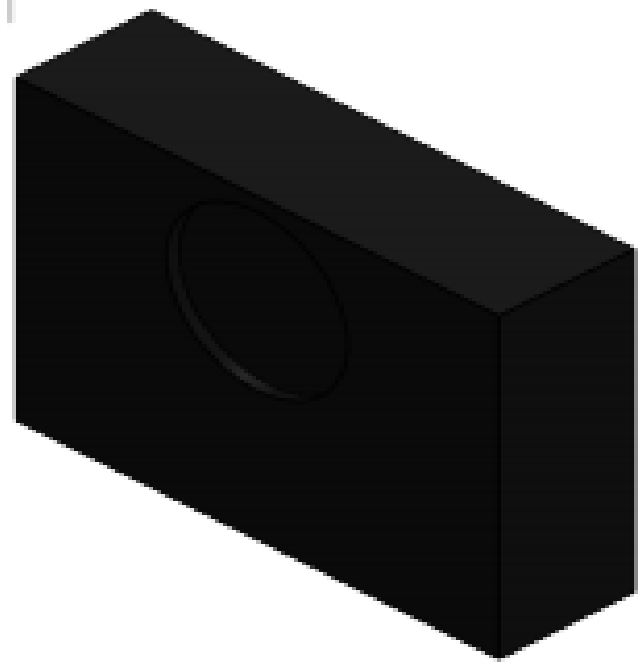
 UNAM Facultad de Ingeniería	REVISÓ: José Luis Espinoza FECHA: 23/02/21
	NOMBRE: Cristian aguiera
MATERIAL: Acrílico negro	TÍTULO: Costado contenedor resorte
Las cotas se expresan en MM	N.º DE DIBUJO PL-013
PESO:	ESCALA: 1:1 HOJA 1 DE 1

4

3

2

1



UNAM
Facultad de Ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza FECHA: 23/02/21

NOMBRE:
Cristian aguilara

MATERIAL:
Acrílico negro

TÍTULO:
**Base contenedor
resorte**

Las cotas se expresan
en MM

N.º DE DIBUJO
PL-014

A4

PESO:

ESCALA: S:1

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

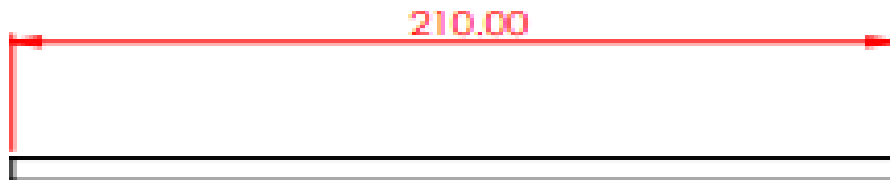
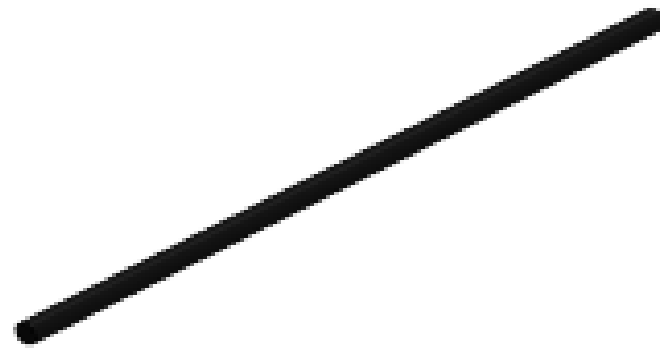
C

B

B

A

A



210.00

Ø 6.50

Ø 6.50



UNAM
Facultad de Ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza

FECHA: 23/02/21

NOMBRE:

Cristian aguilara

MATERIAL:

Acrílico negro

TÍTULO:

Soporte
marcadores

Las cotas se expresan en MM

N.º DE DIBUJO

PL-015

A4

PESO:

ESCALA: 1:2

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

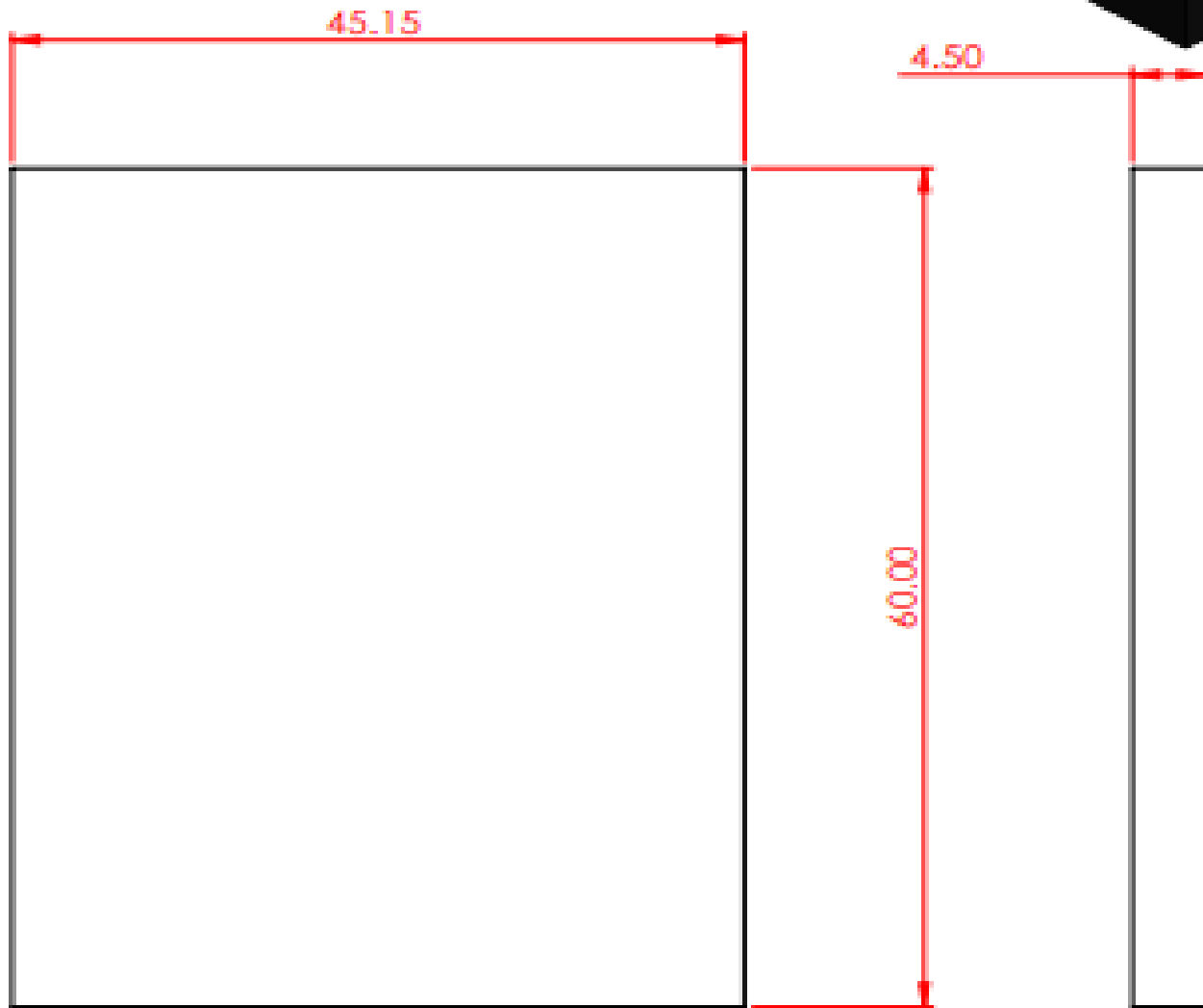
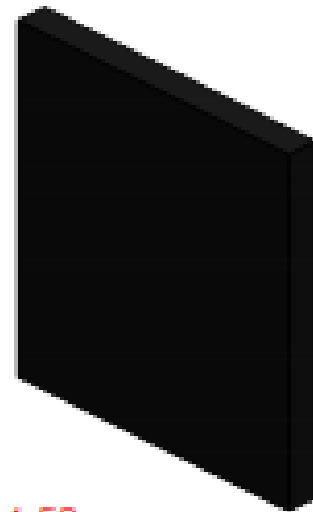
C

B

B

A

A



UNAM
Facultad de Ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza FECHA: 23/02/21

NOMBRE: Cristian aguillera

MATERIAL:
Acrílico negro

TÍTULO:
Guía

Las cotas se expresan en MM

N.º DE DIBUJO
PL-016

A4

PESO:

ESCALA: 2:1

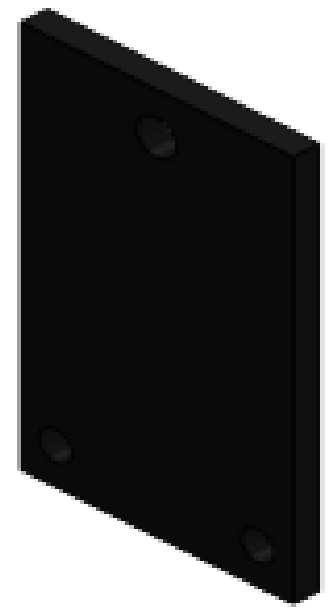
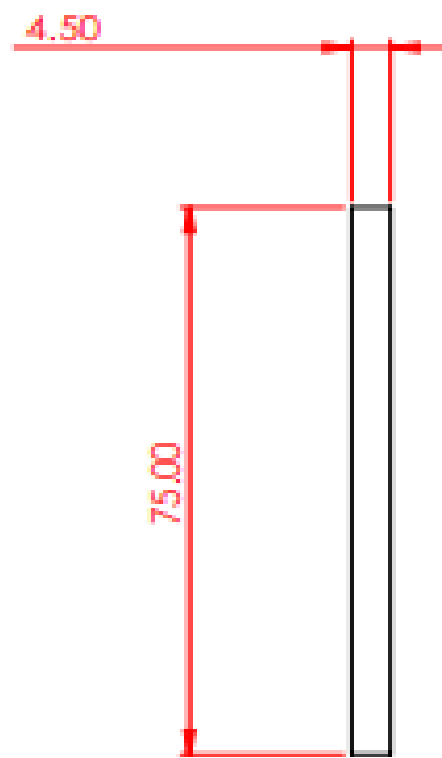
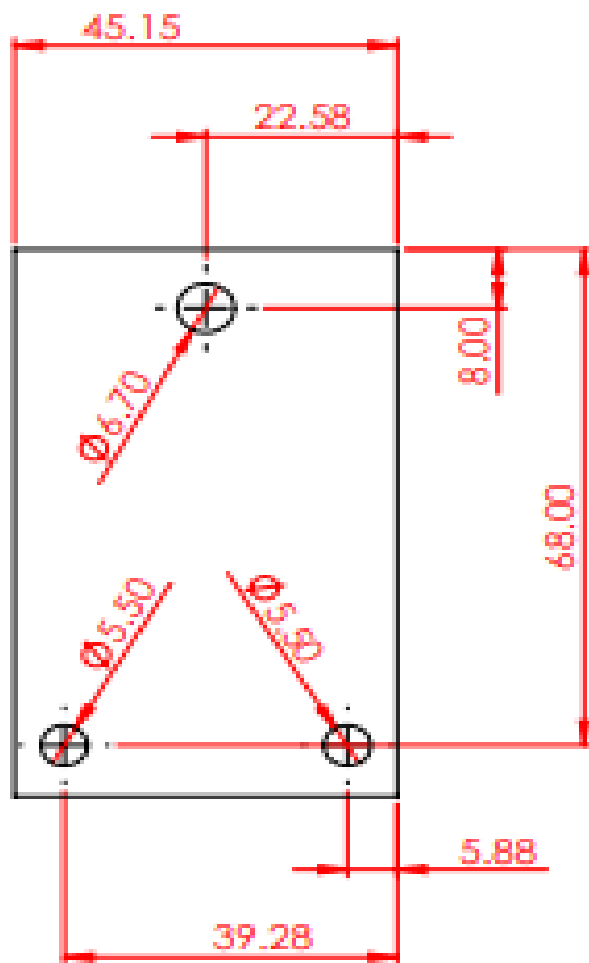
HOJA 1 DE 1

4

3

2

1



NOTA:
*Los tres barrenos son pasados.



UNAM
Facultad de
Ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza FECHA: 23/02/21

NOMBRE:
Cristian aguiera

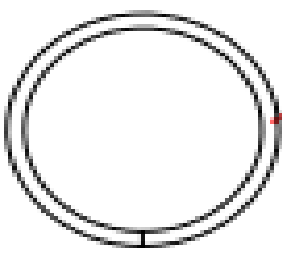
MATERIAL:
Acrílico negro

TÍTULO:
Base marcadores

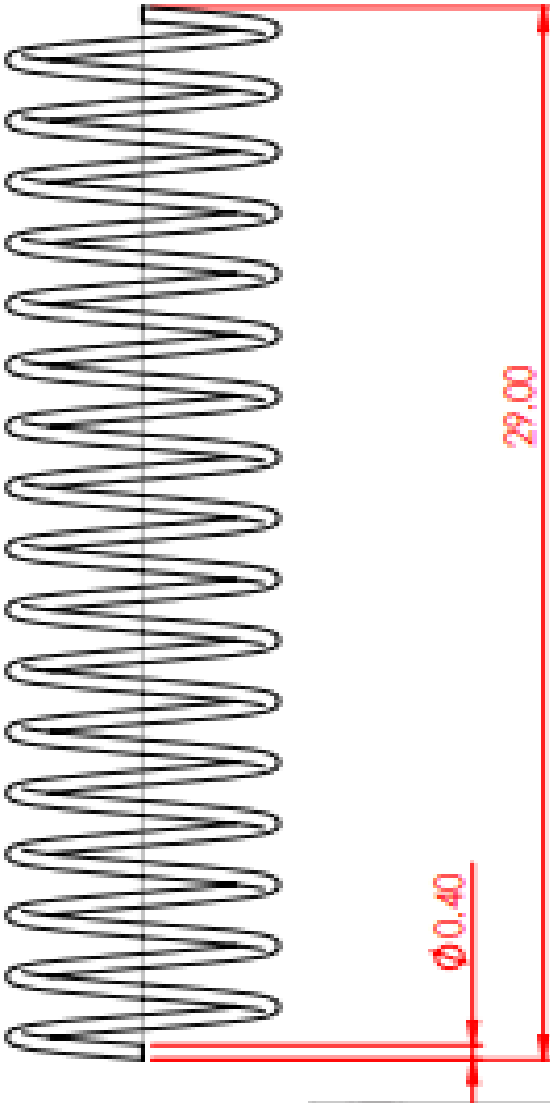
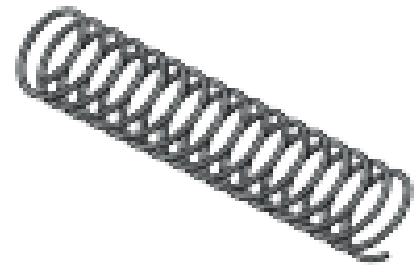
Los cotas se expresan
en MM

N.º DE DIBUJO
PL-017 A4

PESO: ESCALA: 1:1 HOJA 1 DE 1



diámetro exterior de 6mm



NOTAS:
*El alambre es de 0.4 mm de diámetro.
*El resorte cuenta con 17 revoluciones



UNAM
Facultad de Ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza FECHA: 23/02/21

NOMBRE:
Cristian aguilera

MATERIAL:
Alambre de acero

TÍTULO:
Resorte

Las cotas se expresan en MM

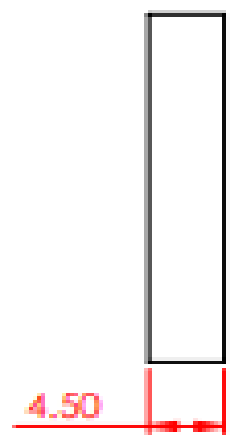
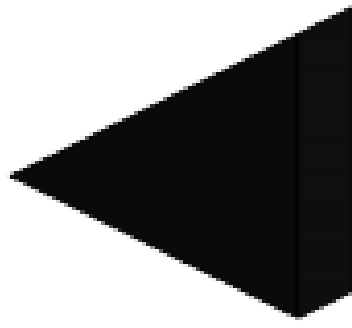
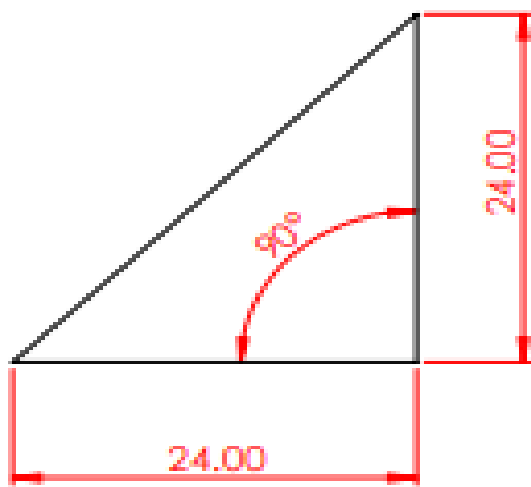
N.º DE DIBUJO
PL-019

A4

PESO:

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1



UNAM
Facultad de Ingeniería

REVISÓ: José Luis Espinoza

FECHA: 23/02/21

NOMBRE:

Cristian aguilara

MATERIAL:

Acrílico negro

TÍTULO:

Triángulo chico

Las cotas se expresan en MM

N.º DE DIBUJO

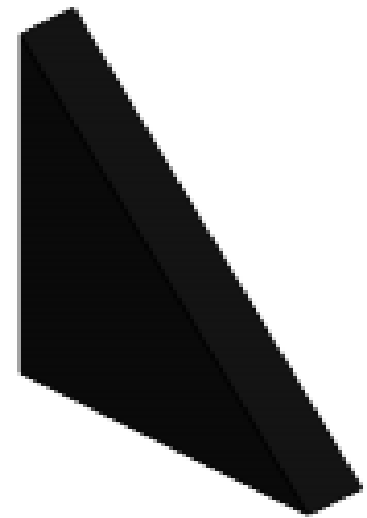
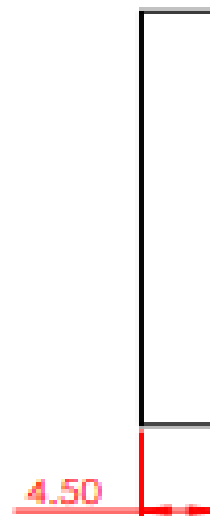
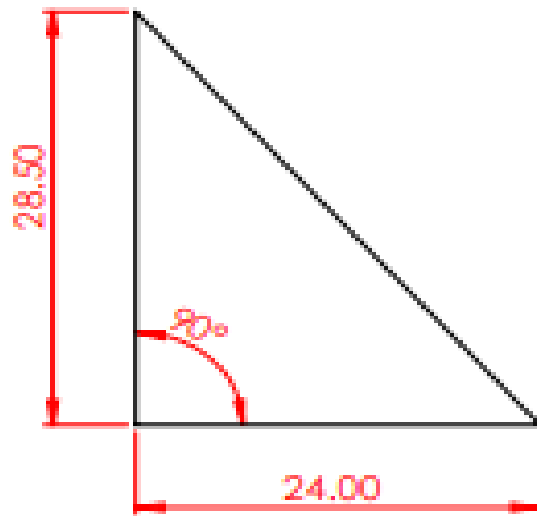
PL-020


A4

PESO:

ESCALA: 2:1

HOJA 1 DE 1



 UNAM Facultad de Ingeniería	REVISÓ: José Luis Espinosa	FECHA: 23/02/21
	NOMBRE: Cristian aguilara	
MATERIAL: Acrílico negro	TÍTULO: Triángulo grande	
Las cotas se expresan en MM	N.º DE DIBUJO PL-021	A4
	ESCALA: 2:1	HOJA 1 DE 1

Bibliografía

- Benito, A., & Villegas, E. (2001). *MONTAJE y APLICACIONES DE LENTES OFTÁLMICAS* [Libro electrónico].
https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/19771/1/Montaje_y_aplicaciones_de_lentes_oft%C3%A1micas_UMU_2001.pdf
- Alvarado Lemus, J. A., Valdes Castro, P., & Varela Nájera, J. B. (2012). *Óptica bachillerato universitario* (1.^a ed.). Once Ríos Editores.
- Montalvo Arenas, C. E. (2010, agosto). *MICROSCOPIA*. Facultad de Medicina UNAM.
http://www.facmed.unam.mx/deptos/biocetis/PDF/Portal%20de%20Recursos%20en%20Linea/Apuntes/2_microscopia.pdf
- *Lentes oftálmicas* | *Ópticas Lux*. (s. f.). Ópticas LUX, confianza a la vista. Recuperado 24 de junio de 2019, de <https://lux.mx/pages/lentes-ofthalmicas>

- *Tipos de lentes oftálmicas.* (s. f.). ÓPTICOS-
OPTOMETRISTAS 1ª DELEGACIÓN CNOO.
Recuperado 24 de junio de 2019, de
<https://cnoodr1.es/tipos-lentes-oftalmicas/>
- Departamento de prensa de Serigraph 2001. (2002, 1
febrero). *La Tampografía: la versatilidad de la
impresión.* Interempresas.
<http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/8308-La-Tampografia-la-versatilidad-de-la-impresion.html>
- Impresiones tampograficas. (2008a, junio 2). *El
proceso tampográfico.*
<https://tampograficas.com/tampografia/historia-y-desarrollo-de-la-tampografia/el-proceso-tampografico/>
- Impresiones tampograficas. (2008b, noviembre 13).
Las diferentes tintas de tampografía.
<https://tampograficas.com/tampografia/tintas-para-tampografia/tintas-con-solventes-por-oxidacion-y-epoxicas/>

- Pelayo, N. (s. f.). *Lentes progresivas*. Lentes progresivas. Recuperado 24 de junio de 2019, de <http://metodos.fam.cie.uva.es/ftao/optica/Practicas/sigundo/TecnOptical/lentprogresiv/clentprogresiv.htm>
- Especialistas ópticos S.A. de C.V. (s. f.). *Tipos de lentes graduados*. Lentes oftálmicos y graduación de lentes. Recuperado 2 de mayo de 2020, de <https://www.especialistasopticos.com.mx/lentes-oftalmicos.html>
- Ópticas Lux. (s. f.). *Tipos de lentes oftálmicas*. Lentes oftálmicas | Ópticas Lux. Recuperado 2 de mayo de 2020, de <https://lux.mx/pages/lentes-oftalmicas>
- *Todo sobre el material de lente plástica estándar CR39*. (s. f.). Gafas-para. Recuperado 7 de mayo de 2020, de <http://gafas-para.com/todo-sobre-el-material-de-lente-plastica-estandar-cr39/>

- Banner Engineering. (s. f.). *Improving detection of surface imperfections with green led light*. Recuperado 7 de mayo de 2020, de <https://www.bannerengineering.com/mx/es/solutions/visual-inspection/improving-detection-of-surface-imperfections-with-green-led-light.html>
- *Sistemas de iluminación para aplicaciones de visión artificial*. (2017, 11 abril). Visión artificial. <https://www.bcnvision.es/blog-vision-artificial/iluminacion-vision-artificial2/>
- NOGUÉ, A. L. B. E. R. T., & ANTIGA, J. O. R. D. I. (2012, abril). *Aplicación práctica de la visión artificial en el control de procesos industriales*. Info PLC. http://www.infoplac.net/files/documentacion/vision_artificial/infoPLC_net_Conocimientos_vISIONARTIFICIAL.pdf
- Plataforma de Teleformación de la Intranet Educativa Municipal. (s. f.). *Lupa*. Lupa. Recuperado 5 de febrero de 2021, de <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/Instrumentos/lupas/Lupa.htm>

- Ópticas Lux. (s. f.). *¿Qué son las Dioptrías y para Qué Sirven?* | Ópticas Lux. Recuperado 9 de febrero de 2021, de <https://lux.mx/blogs/salud-visual/dioptrias-que-son-y-para-que-sirven>
- Hospital general de Culiacán. (s. f.). *Errores Refractivos y Cirugía Refractiva*. Recuperado 25 de febrero de 2021, de <http://www.hgculiacan.com/biblioteca%20medica/oftalmologia/refractivos.htm#:~:text=Los%20rayos%20de%20luz%20que,vergencia%20es%20medida%20en%20dioptr%C3%ADas>
- Vision. (2015, 1 diciembre). *La tampografía, evoluciona: una alternativa verde*. Visión Digital. <http://vision-digital.com.mx/2015/12/01/la-tampografia-evolucion-a-una-alternativa-verde/>
- Arroyo, R. (2015). *Medida y clasificación de lentes oftálmicas de adición progresiva* (Doctorado). UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID FACULTAD DE ÓPTICA Y OPTOMETRÍA.

- Alejandro, M. V. (2019). Microscopio simple: mucho más que una simple lupa. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2), 240105–240109.
<https://doi.org/10.25267/RevEurekaensdivulgcienc.2019.v16.i2.2401>
- Grupo Franja. (s. f.). *Identificación de las marcas y su identificación* [Ilustración]. Grupo Franja.
http://images.slideplayer.es/11/3154578/slides/slide_5.jpg
- S. Buezas, F. (2017, 27 agosto). *Óptica Instrumental*. *Óptica Instrumental*.
http://www.fisica.uns.edu.ar/download/download.php?t=Zw&ts=Y6CjZmVaYw&file=2855074480_apunte5-9-16.pdf
- Corominas, N. T., & Joan, R. A. (1996). *Optica Instrumental* (Primera ed.) [Libro electrónico]. Editions UPC.
https://www.researchgate.net/publication/242727035_Optica_instrumental

- González Marcos, A., Martínez de Pisón Ascacibar, F. J., Pernía Espinoza, A. V., Alba Elías, F., Castejón Limas, M., Ordieres Meré, J., & Vergara Gonzáles, E. (2006). *Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial* [Libro electrónico]. Universidad de La Rioja. Servicio de publicaciones.
<https://publicaciones.unirioja.es/catalogo/online/VisionArtificial.pdf>
- Junior Achievement Córdoba. (2015, septiembre). *¿CÓMO DETERMINAR EL PRECIO DE MI PRODUCTO?* JA Córdoba. <http://jacordoba.org.ar/wp-content/uploads/2015/09/Material-complementario-JEI-An%C3%A1lisis-de-Costos.pdf>
- GÓMEZ ALAMILLA, M. (2001). "Proyecto de Inversión para la Instalación de un Gimnasio en el Municipio de Tultitlán, Estado de México" (Licenciatura). Facultad de Economía UNAM.

- MAZÓN AREVALO, L., VILLAO BURGOS, D., NÚÑEZ, W., & SERRANO LUYÓ, M. (2017, junio). Análisis de punto de equilibrio en la toma de decisiones de un negocio: caso Grand Bazar Riobamba –Ecuador. *Revista de Estrategias del Desarrollo Empresarial*, 3(8).
https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Estrategias_del_Desarrollo_Empresarial/vol3num8/Revista_de_Estrategias_del_Desarrollo_Empresarial_V3_N8_2.pdf
- Baca Urbina, G. (2010). *Evaluación de proyectos* (6ta ed.). McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. https://www.academia.edu/37915939/Gabriel_baca_urbina_evaluacion_de_proyectos_6ta_edicion
- SAT Sistemas y Aplicaciones Telemáticas. (s. f.). *Sistemas de iluminación. Visión Artificial e Identificación para la Industria - SAT*. Recuperado 24 de agosto de 2021, de <http://www.satvision.es/productos/sistemas-de-iluminacion/>