



Universidad del Aconcagua
Repositorio Institucional

Determinación del ángulo de incidencia por signos balísticos en perforaciones efectuadas con un proyectil de arma de fuego en vidrio común plano

AUTOR/ES

HIDALGO, LEANDRO MAXIMILIANO

DIRECTOR

ESCUADERO, JOSE GUSTAVO

TIPO DE TRABAJO

TESINA

AÑO

2013

Documento disponible para su consulta y descarga en Biblioteca Digital,
Repositorio Institucional de la Universidad del Aconcagua (UDA)



Universidad del Aconcagua

Facultad de Psicología

Licenciatura en Criminalística

Tesina

Título: *Determinación del ángulo de incidencia por signos balísticos en perforaciones efectuadas con un proyectil de arma de fuego en vidrio común plano.*

Alumno: HIDALGO, Leandro Maximiliano.

Director de Tesina: Lic. ESCUDERO, José Gustavo.

Año: 2013

RESUMEN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo se planteó con la finalidad de determinar los signos que permiten identificar el ángulo de incidencia de un proyectil de arma de fuego que penetra un vidrio plano común.

Para realizar la experiencia se utilizó un arma de fuego del tipo pistola semiautomática, BERSA Thunder 22, calibre .22LR con munición CCI Blazer de punta de plomo redondeada (LRN).

Luego de realizar cada disparo, se analizó la superficie de vidrio mediante observación directa, se le tomó fotografías y se describieron los principales signos de sus partes: orificio y bisel.

Del análisis de la experiencia se concluyó que a partir de las características de los signos encontrados en las partes anteriormente mencionadas, no puede establecerse el ángulo de incidencia mediante el análisis aislado de un solo signo. Pero el análisis en conjunto de estos signos deja arribar a un rango de ángulos incidentes que permiten acotar la posición del tirador.

Este trabajo de investigación tuvo un fin criminalístico, el cual fue que el perito criminalístico pueda reconocer los signos que se generan en los ángulos de incidencia de la experiencia para luego poder acotar la posición del tirador.

PALABRAS CLAVE: balística, balística de efectos, impactos en vidrios, ángulo de incidencia, posición del tirador.

SUMMARY OF RESEARCH

This work was designed with the aim of determining the signs identifying the angle of incidence of a firearm projectile that penetrate a common flat glass.

To make the experience was used a firearm, a semiautomatic pistol BERSA Thunder 22, .22 LR gauge with CCI Blazer ammunition lead tip rounded (LRN)

After making each shot, the glass surface was analyzed by direct observation, were taken photographs and the main sings of its parts were described: hole and bezel.

From the analysis of the experience, was concluded that from the characteristics of the sings founded in the parts before named, can not be established the angle of incidence by analyzing isolated a single sing. But the analysis of the sings overall leaves arrive at a range of incidents angles that allows to narrow the shooter's position.

This research had a forensic order, which was that the forensic expert can recognize the sings generated in the angles of incidence of the research and then narrow the shooter's position.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN..... | 3 |
| SUMMARY OF RESEARCH | 4 |
| AGRADECIMIENTOS | 10 |
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| | |
| CAPÍTULO I..... | 13 |
| | |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 14 |
| OBJETIVOS..... | 14 |
| Objetivo general | 14 |
| Objetivos específicos..... | 15 |
| HIPÓTESIS | 15 |
| VARIABLES | 15 |
| Variable Cualitativa..... | 15 |
| Variables Cuantitativas | 15 |
| | |
| CAPÍTULO II | 17 |
| | |
| ANTECEDENTES | 18 |
| MARCO TEÓRICO | 20 |
| Balística..... | 20 |
| Propiedades de los materiales | 21 |
| Tipos básicos de tensión..... | 22 |
| 1. Tensión por Tracción | 22 |
| 2. Tensión por Compresión | 22 |
| 3. Tensión por Corte o Cizalladura | 23 |
| 4. Tensión por Flexión | 23 |
| Formas geométricas..... | 24 |
| 1. Círculo..... | 24 |
| 2. Circunferencia..... | 24 |

| | |
|---|--------|
| 3. Elipse..... | 25 |
| 4. Óvalo | 25 |
| 5. Corona Circular | 26 |
| 6. Aro Ovoidal..... | 26 |
| Vidrio | 27 |
| 1. Aspecto Químico..... | 27 |
| 2. Aspecto Físico | 27 |
| 2.1. Líquido sobre enfriado | 27 |
| 3. Propiedades Mecánicas | 28 |
| 3.1. Tracción..... | 28 |
| 3.2. Compresión | 28 |
| 3.3. Flexión..... | 29 |
| 4. Tipos de vidrios..... | 29 |
| 4.1. Sódico-cálcico o común | 29 |
| 5. Características de los impactos sobre vidrio | 29 |
| CAPÍTULO III | 32 |
| METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN | 33 |
| Tipo de investigación | 33 |
| 1. Análisis exploratorio y descriptivo | 33 |
| 2. Selección de elementos | 33 |
| 2.1. Elección del arma de fuego y munición | 33 |
| 2.2. Elección de la superficie de disparo | 34 |
| 2.3. Elección de la distancia de disparo | 34 |
| 2.4. Elección de los ángulos de incidencia..... | 34 |
| 2.5. Elección de Variable de Dirección de Tiro | 34 |
| 2.6. Consideración de la Perdida de Material..... | 35 |
| 3. Explicación de la metodología..... | 36 |
| 4. Elementos de experiencia..... | 37 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO IV | 40 |
| ANÁLISIS DE RESULTADOS | 41 |
| Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 90° | 41 |
| Morfología del orificio | 41 |
| Morfología del bisel | 43 |
| Dirección de Disparo..... | 44 |
| Pérdida de Material | 46 |
| Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 80° | 47 |
| Morfología del orificio | 47 |
| Morfología del bisel | 49 |
| Dirección de Disparo..... | 51 |
| Pérdida de Material | 52 |
| Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 70° | 53 |
| Morfología del orificio | 53 |
| Morfología del bisel | 55 |
| Dirección de Disparo..... | 57 |
| Pérdida de Material | 58 |
| Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 60° | 59 |
| Morfología del orificio | 59 |
| Morfología del bisel | 62 |
| Dirección de Disparo..... | 63 |
| Pérdida de Material | 64 |
| Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 50° | 66 |
| Morfología del orificio | 66 |
| Morfología del bisel | 68 |
| Dirección de Disparo..... | 69 |
| Pérdida de Material | 70 |
| Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 40° | 72 |
| Morfología del orificio | 72 |
| Morfología del bisel | 74 |
| Dirección de Disparo..... | 75 |

| | |
|--|--------|
| Pérdida de Material | 76 |
| Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 30° | 78 |
| Morfología del orificio | 78 |
| Morfología del bisel | 80 |
| Dirección de Disparo..... | 81 |
| Pérdida de Material | 82 |
| CAPÍTULO V | 84 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 85 |
| 1. Orificio | 85 |
| 1.1. Morfología..... | 85 |
| 1.2. Longitud de Ejes..... | 86 |
| 2. Bisel | 88 |
| 2.1. Morfología General | 88 |
| 2.2. Longitud de Ejes del Bisel | 89 |
| 2.3. Dirección de disparo..... | 91 |
| 2.4. Morfología de Límites Externos | 92 |
| 3. Perdida de material..... | 94 |
| CAPÍTULO VI..... | 95 |
| CONCLUSIONES | 96 |
| 1. Orificio | 96 |
| 1.1. Morfología..... | 96 |
| 1.2. Longitud de ejes horizontales y verticales | 96 |
| 2. Bisel | 97 |
| 2.1. Morfología general | 97 |
| 2.2. Longitud de ejes horizontales y verticales del bisel..... | 97 |
| 2.3. Longitud de semiejes horizontales | 98 |
| 2.4. Morfología de los límites externos..... | 98 |
| 2.4.1. Límite externo izquierdo (LEI) | 98 |

| | |
|---|-----|
| 2.4.2. Límite externo derecho (LED) | 99 |
| 3. Pérdida de material..... | 99 |
| 4. Consideraciones finales..... | 100 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 101 |
| ANEXO I..... | 103 |
| ANEXO II | 105 |

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo incondicional durante todo el camino en esta carrera, en especial a mis padres por su apoyo moral y económico.

A mi director de tesina por su tiempo, dedicación y paciencia.

A mi padrino de tiro Miguel Navarta por sus gestiones para hacer los ensayos en el Tiro Federal Mendoza.

Al profesor Diego Zambrano por su tiempo para la toma de las fotografías de la experiencia.

A mis amigos por la ayuda y el apoyo.

INTRODUCCIÓN

En un entorno urbano, el vidrio esta presente en casas, edificios, locales comerciales y vehículos; tanto en cerramientos de aberturas como de forma decorativa. Este protagonismo promueve estudiar los signos que se suscitan en el vidrio cuando es impactado por un proyectil de arma de fuego, para determinar el ángulo de incidencia.

Para esta investigación la metodología fue experimental. Se utilizaron 210 probetas de vidrio plano común de 2mm de espesor, a las cuales se le realizaron disparos con pistola calibre .22LR variando el ángulo de incidencia: 90°, 80°, 70°, 60°, 50°, 40°, 30°. Los daños producidos fueron observados y se describieron los signos hallados.

Con este estudio se pretende encontrar las características de los daños que se generan en vidrio plano común con impactos de proyectiles en cada ángulo de incidencia estudiado.

En el primer capítulo, se expresa el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la hipótesis y las variables.

En el segundo capítulo se exponen los antecedentes y el marco teórico.

En el tercer capítulo se explica la metodología de trabajo, la cual consiste en un estudio exploratorio y descriptivo. Se determina la selección del arma, de la superficie de impacto, la munición, la distancia y los ángulos de incidencia establecidos para cada disparo, la elección de variables, la problemática de la perdida de material, la metodología empleada y los elementos utilizados para realizar la experiencia.

En el cuarto capítulo se expone el análisis de los resultados de las experiencias de disparo realizadas en cada una de las series de ángulos de incidencia analizadas.

En el quinto capítulo se discuten los resultados que surgieron de las variables cuantitativas y cualitativas.

El sexto capítulo, se encuentra conformado por las conclusiones, la resolución del problema de investigación y las referencias bibliográficas. A demás se agregan los anexos con el libro de códigos y las tablas de datos con los valores de cada variable correspondiente a los orificios en los distintos ángulos de incidencia.

Este trabajo de investigación permite acotar la posición del tirador en el momento en el que el proyectil abandona la boca del cañón de acuerdo a los signos producidos por el mismo cuando penetra la superficie del vidrio. Para tal fin se recurre a una metodología de análisis cualitativo (morfología de los biseles, límites externos izquierdo y derecho formados en el blanco) y otra por medio de análisis cuantitativo (ángulo de incidencia, longitud de los orificios y biseles, relaciones longitud orificio/calibre y longitud bisel/calibre), para establecer la dirección y sentido de los disparos.

CAPÍTULO I

- *Planteamiento de Problema*
- *Objetivos*
- *Hipótesis*
- *Variables*

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En todo hecho donde participan armas de fuego quedan indicios materiales en la escena, como los daños producidos por la acción de los proyectiles. En ambientes urbanos estos daños pueden manifestarse en objetos de diferente naturaleza tales como el metal de autos, la madera de puertas y celosías y el vidrio de ventanas.

Cuando en el escenario del hecho se encuentran indicios de la participación de armas de fuego, a la justicia le interesa conocer, entre otras cosas, la posición del tirador al momento del hecho. Actualmente, para determinar la posición del tirador, el perito se apoya en la trayectoria que describió el proyectil disparado, uniendo con un cordel o un láser los puntos de impacto del proyectil en blancos fijos. Sin embargo a la hora de analizar la trayectoria de un proyectil de arma de fuego que ha atravesado un vidrio y no ha tenido un impacto posterior en un blanco fijo, lo único que el perito puede determinar con certeza es el sentido del disparo y, de forma relativa, la dirección del disparo.

De lo expuesto anteriormente surge el siguiente cuestionamiento: ¿Cuáles son los indicios que deja el paso de un proyectil de arma de fuego por un panel de vidrio que permiten diferenciar un ángulo de incidencia de otro?

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar las características de los signos balísticos en perforaciones efectuadas con un proyectil de cartucho .22LR de punta de plomo redondeada (LRN) en vidrio común, plano de 2mm para los ángulos de incidencia de 90°, 80°, 70°, 60°, 50°, 40° y 30°.

Objetivos específicos

- Analizar la morfología de los signos producidos por el paso del proyectil para cada ángulo de incidencia.
- Reconocer los signos comunes para cada ángulo de disparo.

HIPÓTESIS

“Si se conocen los indicios que deja el paso de un proyectil de arma de fuego por un vidrio plano común a diferentes ángulos de incidencia entonces se puede conocer la posición del tirador.”

VARIABLES

Para la presente investigación se utilizaron variables del tipo cuantitativas y cualitativas.

Variable Cualitativa

- **Morfología del orificio:** Se observaran los orificios, en cada ángulo de incidencia, de los cuales se tendrá en cuenta las características que registran en el borde del mismo, las pérdidas de material.
- **Morfología del bisel:** Se observará el aspecto que presenta el mismo y las características que se registran en los bordes.

Variables Cuantitativas

- **Ángulo de incidencia:** Es el ángulo formado por la trayectoria del proyectil y el plano que forma el blanco. Es medido en grados. Esta

variable es de carácter *independiente*, porque el experimentador los modifica a voluntad para observar diferentes resultados.

- **Longitud del eje horizontal y eje vertical del bisel:** Esta determinada por la longitud de los ejes mayores y menores de la figura que forma el daño como consecuencia del pasaje del proyectil por el blanco, generada por el impacto del mismo. Es medido en centímetros. Esta variable es de carácter *dependiente*, porque toma valores diferentes en función de las modificaciones que sufre la variable independiente.

CAPÍTULO II

- *Antecedentes*
- *Marco Teórico*

ANTECEDENTES

En un estudio de impactos sobre vidrios realizado por Locles (2005), hace una descripción de los diferentes tipos de vidrios que existen; expone las características que se observan cuando hay un orificio de bala y por último hace una experiencia disparando con tres armas distintas a láminas de vidrio especial antibala.

Ferreyro (2007) realizó estudios sobre los efectos de impactos balísticos sobre diferentes materiales como vidrio, madera y metal. Al referirse al vidrio indica que para determinar el sentido de las fuerzas es necesario analizar la concentración de fracturas radiales y concéntricas. La agrupación mayor de ellas indica que el proyectil proviene de la zona contraria. Por último indica que el diámetro del orificio puede verse deformado por pérdida de material producida por movimientos posteriores o el viento.

Guevara (2010) hizo un estudio del ángulo de incidencia de disparos efectuados en superficies metálicas, analizó la morfología del orificio de entrada y determinó que es posible acotar la posición del tirador en base a que la morfología del orificio varía claramente según cambie el ángulo de incidencia. Estableció dos grupos de ángulos en base a la morfología del orificio.

Peñaranda (2013) realizó un estudio de los signos balísticos producidos por proyectiles de arma de fuego sobre acrílico, analizó la morfología y dimensiones de los orificios y biseles a diferentes ángulos de incidencia. Estableció características comunes en los diferentes ángulos de incidencia y determinó que la longitud del eje vertical disminuye a medida que el ángulo de incidencia decrece.

La Policía Federal Argentina (1983) realizó un completo estudio químico analítico de materiales que se encuentran en los escenarios del crimen, entre ellos destina un capítulo al análisis de vidrios, describe la morfología del orificio de entrada de un proyectil de arma de fuego y de las fracturas producidas; y por último analiza el sentido de disparo.

En un estudio hecho por Burke y Rowe (1992), resumieron las principales conclusiones de las características de los rebotes de los proyectiles, los ángulos de incidencia y la penetración. En este trabajo destacan que toda superficie tiene un ángulo

crítico por debajo del cual los proyectiles rebotan al impactar con dicha superficie; y por arriba de este ángulo los proyectiles se desintegran o perforan la superficie.

MARCO TEÓRICO

BALÍSTICA

La Balística se encarga del estudio de la estructura y funcionamiento de las armas de fuego, los fenómenos físicos y químicos que se originan en su interior cuando la carga propulsora es activada, el alcance y dirección del proyectil expulsado a través de la boca del cañón y los efectos que produce cuando llega al blanco. (Juan, 2004, p.139)

Su estudio comienza con el proyectil (bala) en reposo dentro del arma, su movimiento dentro del cañón, salida al exterior y consiguiente recorrido por el aire, su impacto y los efectos de esta acción de incidencia en el blanco, hasta llegar nuevamente al estado de reposo del mencionado proyectil. (Guzmán, 2000, p. 231).

La Balística se la divide en tres ramas por su área de estudio: Interior, Exterior y de Efectos, siendo de interés para la presente investigación las dos últimas. La Balística Exterior comprende el estudio de la trayectoria del proyectil desde el momento en que abandona la boca del cañón del arma hasta el instante anterior a impactar en el blanco (Locles, 2000, p. 37). La Balística de Efectos estudia los fenómenos que produce el proyectil al impactar en el blanco y su trayectoria a través del mismo hasta llegar a su posición final de reposo. (Guzmán, 2000, p. 265)

La trayectoria se define como la línea que describe el proyectil entre la boca de fuego y el orificio de entrada; la trayectoria impacta al blanco con un ángulo de incidencia que esta formado en el plano horizontal del orificio de entrada (OE) del objeto afectado y la tangente de la trayectoria del proyectil (Guzmán, 2000, p. 317), cuyo vértice es el OE (Locles, 2000, p. 107).

El proyectil lleva consigo determinada **energía cinética**, que se origina en el ánima del cañón por la deflagración de los gases de la pólvora los cuales impulsan al proyectil fuera del cañón, es decir es la transformación de la energía química en energía cinética la cual es proporcional a la masa y el cuadrado de la velocidad, $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ (Guevara, 2010, p. 18). Esta energía puede ser transferida total o parcialmente al blanco al

momento de impactar, teniendo en cuenta el principio de conservación de la energía, la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma.

Como se dijo, el proyectil va animado por una velocidad que es máxima al instante de abandonar la boca del cañón, llamada *velocidad inicial* y va decreciendo paulatinamente a lo largo de su trayectoria por la acción del rozamiento del aire. La velocidad tomada en cualquier punto de la trayectoria es llamada *velocidad remanente*, y es inversamente proporcional a la distancia recorrida (Locles, 2000, p. 113).

Otro concepto íntimamente relacionado con la energía cinética y la velocidad remanente, es el de *fuerza viva*, que es la capacidad que tiene el proyectil de penetrar un cuerpo, por lo tanto a mayor distancia del arma habrá una menor velocidad y fuerza. (Locles, 2000, p. 113).

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Cuando a un material se le aplica una fuerza, esta hace que se deforme, por más rígido que sea el material. La *elasticidad* es la propiedad de los materiales de sufrir una deformación por una fuerza exterior y volver a su estado original una vez que la fuerza cesa.

La deformación es directamente proporcional al esfuerzo o tensión y esa relación se la conoce como *ley de Hook* (Milachay, 23/04/09.):

$$\text{TENSIÓN} / \text{DEFORMACIÓN} = \text{MÓDULO DE ELASTICIDAD (K)}$$

Donde *K* es constante para todas las deformaciones y se la denomina *Módulo de Elasticidad*; *Deformación* es el cambio que sufre el cuerpo y *Tensión* es la magnitud de fuerza por unidad de área que causa la deformación:

$$\text{FUERZA} / \text{SUPERFICIE} = \text{TENSIÓN}$$

Sin embargo si la fuerza externa supera determinado valor, la deformación será permanente. A la máxima tensión que un cuerpo puede tolerar sin quedar permanentemente deformado se le llama *límite elástico* (Milachay, 23/04/09.)

TIPOS BÁSICOS DE TENSIÓN

Como se dijo anteriormente la tensión es la relación entre la fuerza y la superficie del cuerpo y esta tensión puede estar distribuida en cuatro tipos básicos: *tracción, compresión, corte o cizalladura y flexión* (CICA, 2000).

1. Tensión por Tracción

Esta originada por fuerzas perpendiculares al plano de la sección y hacen que las partículas tiendan a separar entre si tendiendo a alargar el cuerpo (CICA, 2000).



Ilustración 1: Tensión por tracción. Fuente: Elaboración propia

2. Tensión por Compresión

Al igual que la tensión por tracción, esta originada por fuerzas perpendiculares al plano de la sección pero en sentido contrario y hacen que las partículas tiendan a aproximarse entre ellas, produciendo en efecto de acortamiento o aplastamiento (CICA, 2000).



Ilustración 2: Tensión por compresión. Fuente: Elaboración propia

3. Tensión por Corte o Cizalladura

Esta originada por fuerzas que son contenidas en el plano de la sección y son perpendiculares al cuerpo, haciendo que las partículas tiendan a desplazarse sobre las otras (CICA, 2000).

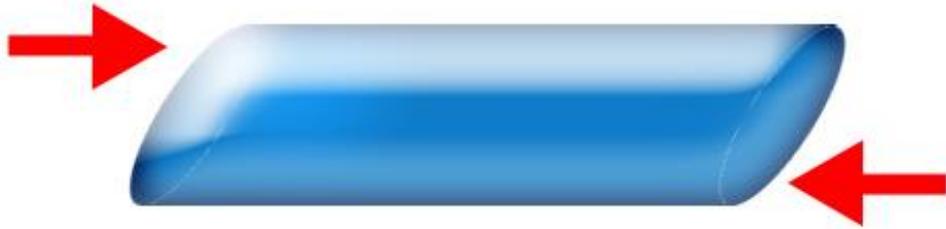


Ilustración 3: Tensión por corte. Fuente: Elaboración propia

4. Tensión por Flexión

Es una combinación de tracción y compresión, mientras que las partículas superiores sometidas a la fuerza se alargan, las inferiores se acortan o viceversa (CICA, 2000).

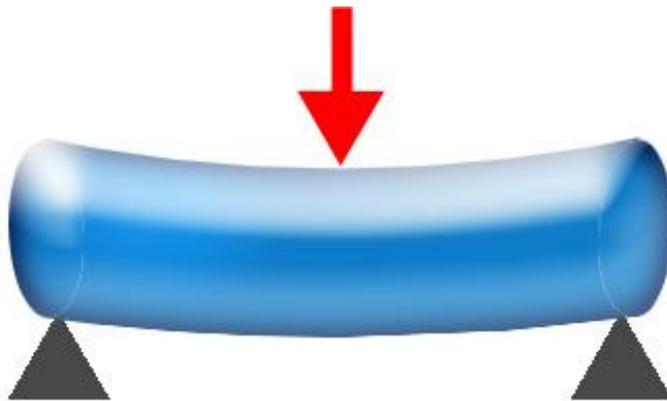


Ilustración 4: Tensión por flexión. Fuente: Elaboración propia

FORMAS GEOMÉTRICAS

1. Círculo

Es la región del plano delimitada por una circunferencia y que posee un área definida (*Lehmann, 1989*).

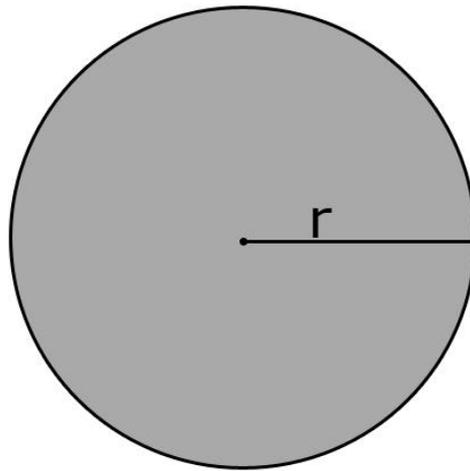


Ilustración 5: Círculo. Fuente: Elaboración propia

2. Circunferencia

Es una curva plana y cerrada donde todos sus puntos están a igual distancia del centro (*Lehmann, 1989, p. 99*).

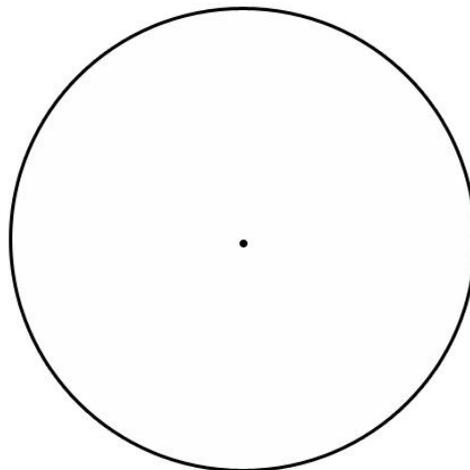


Ilustración 6: Circunferencia. Fuente: Elaboración propia

3. Elipse

Es una línea curva, cerrada y plana que se define como el lugar geométrico de todos los puntos de un plano, tales que la suma de las distancias a otros dos puntos fijos llamados focos es constante (*Lehmann, 1989, p. 173*).

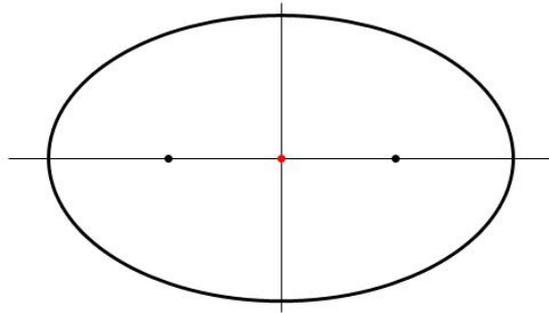


Ilustración 7: Elipse. Fuente: Elaboración propia

4. Óvalo

Es un círculo aplastado que se asemeja a una forma ovoide o elíptica. Suelen tener uno o dos ejes de simetría. Es una semicircunferencia vinculada a media elipse. La intersección del eje mayor con el eje menor se encuentra desplazado del centro de la figura.

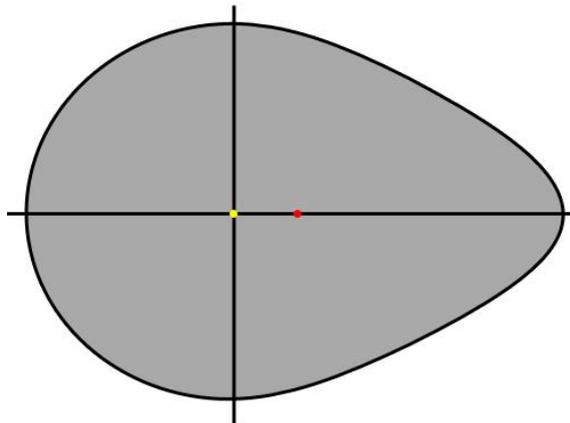


Ilustración 8: Óvalo. Fuente: Elaboración propia

5. Corona Circular

Es una figura plana delimitada por dos circunferencias concéntricas (*Favila, 2013*).

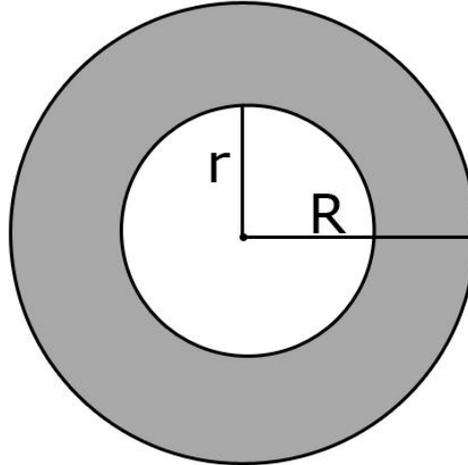
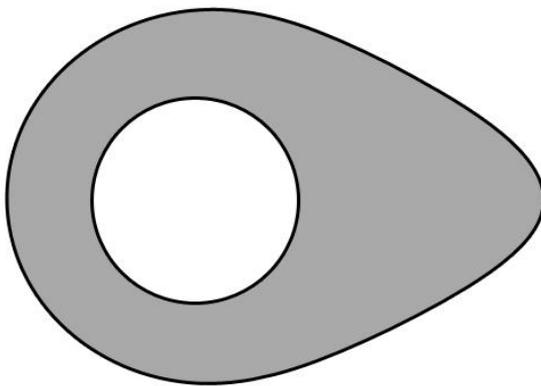


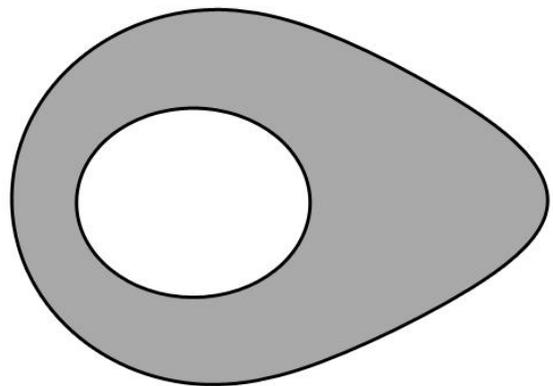
Ilustración 9: Corona Circular. Fuente: Elaboración propia

6. Aro Ovoidal

Es una figura plana delimitada por un óvalo y una circunferencia o por un óvalo y una elipse. No son concéntricas.



**Ilustración 10: Aro Ovoidal.
Óvalo/Circunferencia. Fuente: Elaboración
propia**



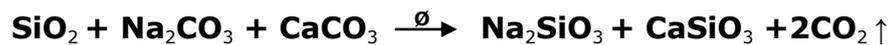
**Ilustración 11: Aro ovoidal. Óvalo/Elipse.
Fuente: Elaboración propia**

VIDRIO

El vidrio es un silicato artificial que se obtiene en un proceso donde las materias primas (arena silíceo, carbonato de sodio y carbonato de calcio) se calientan a temperaturas superiores a los 1500 °C en hornos de fusión, donde se obtiene una masa líquida, viscosa, transparente y homogénea, al ser sacado del horno, el vidrio adquiere rigidez y es posible su manipulación y modelado (*López y Martínez, 1995, p. 15*).

1. Aspecto Químico

Como se dijo, el vidrio es un silicato artificial, “*comúnmente es silicato de sodio (Na) y calcio (Ca); se obtienen tratando la arena (SiO₂) impura*” (*Locles, 2005, p. 162*) con carbonato de sodio (Na₂CO₃) y carbonato de calcio (CaCO₃):



2. Aspecto Físico

El vidrio es un cuerpo rígido, frágil, transparente y amorfo, sus partículas tienen una fuerte fuerza de cohesión, es decir existe una gran fuerza de atracción entre ellas; es un cuerpo isotrópico, es decir que sus propiedades son iguales en todas direcciones. Al no tener un punto de fusión definido, se dice que es un líquido sobre enfriado (*Locles, 2005, p.159*).

2.1. Líquido sobre enfriado

Un material que en un intervalo de valores de la temperatura, menor cada uno de ellos a la temperatura de fusión, el material subsiste como un líquido, decimos que es un líquido sobre enfriado. Existe una temperatura máxima más allá de la cual ya no es posible sobre enfriar al líquido y éste, inevitablemente se solidificará. Algunos líquidos pueden sobre enfriarse a temperaturas muy bajas y, aunque no aparentan solidificarse, su viscosidad empieza a aumentar violentamente a medida que la temperatura disminuye y así alcanza una consistencia que su endurecimiento los hace aparecer como sólidos, pero al radiografiarlos con rayos X, se ve que tienen prácticamente la misma

estructura atómica que un líquido. Se dice que líquido ha pasado a formar un *estado vítreo*. (García-Colín & Rodríguez, 1995)

Cuando un líquido se enfría, se convierte en un sólido cristalino, es decir, se cristaliza. En cambio si un líquido se enfría de manera que se pueda sobrellevarlo como un líquido sobre enfriado, no cristaliza. (García-Colín & Rodríguez, 1995)

Si a un sólido cristalino se lo somete a un esfuerzo elástico, aparece una deformación llamada deformación cortante. Si a un líquido se lo somete a un esfuerzo cortante, éste no se deforma, sino que fluye uniformemente con una rapidez que depende de su viscosidad. (García-Colín & Rodríguez, 1995)

Los cambios en la configuración molecular de estos líquidos, cuando se someten a esfuerzos externos, pueden ser tan lentos como la duración misma del experimento y este congelamiento de la estructura molecular es precisamente lo que caracteriza al vidrio. Nunca tiene tiempo de alcanzar su configuración estable como sólido cristalino y permanecen en una fase muy semejante a la del líquido, pero con las moléculas inmovilizadas por los efectos de tan alta viscosidad. (García-Colín & Rodríguez, 1995)

3. Propiedades Mecánicas

Una pieza de vidrio que es sometida a una fuerza externa deformante, regresará a su forma y tamaño original en el momento que se elimina esa fuerza, siempre que sea dentro de determinados límites de temperatura. Si las capas de vidrio se separan ligeramente por la acción de una fuerza deformante, las fuerzas moleculares se activan para volverlas a su posición original. (López & Martínez, 1995, p. 47,48)

3.1. Tracción

La resistencia a la tensión del vidrio común se ubica entre los 3000 N/cm² y 5500 N/cm² (Casa Saumell, 02/08/2013).

3.2. Compresión

Los vidrios tienen una resistencia muy alta a la compresión, siendo la resistencia promedio a la compresión de 1000 MPa. (Casa Saumell, 02/08/2013).

3.3. Flexión

Un vidrio sometido a flexión presenta en una de sus caras esfuerzos de compresión, y en la otra cara presenta esfuerzos de tensión. La resistencia a la ruptura de flexión es de 40 MPa para un vidrio pulido (*Casa Saumell, 02/08/2013*).

4. Tipos de vidrios

4.1. Sódico-cálcico o común

Como su nombre lo indica, esta compuesto principalmente por sílice, sodio y calcio. Este tipo de vidrio es comúnmente usado en las ventanas de casas y edificios, variando su grosor de acuerdo a sus dimensiones; en la industria botellera y en artesanías. (*López & Martínez, 1995, p. 27,28*)

5. Características de los impactos sobre vidrio

Al observar un impacto de un proyectil de arma de fuego se aprecia que el orificio tiene forma cónica, cuyo vértice indica el lado por donde entró el proyectil, expulsando de un solo lado del mismo numerosas y pequeñas escamas de vidrio despedidas con violencia. En caso de que el proyectil provenga del sector derecho (visto desde la posición del tirador), se encontrarán muy pocas de estas marcas en el sector derecho de la perforación, la mayoría se encontrará en el sector opuesto (*Guzmán, 2000, p. 304*).

Para Ferreyro (2007) el orificio esta formado por un cráter o cono de desprendimiento de fragmentos vítreos, donde las astillas que quedaron sueltas, al estirarse y contraerse el material por la acción de proyectil, se desprenden. Analizando la posición del cráter se determina la dirección de la fuerza por la ubicación del diámetro menor del mismo en la cara del impacto.

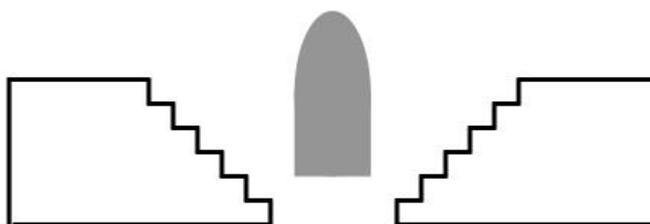


Ilustración 11: Cono de desprendimientos vítreos. Fuente: Elaboración Propia

También se observan alrededor del orificio dos tipos roturas, radiales y concéntricas. Las fracturas radiales son las primeras en producirse, comenzando por el punto donde impacta el proyectil hacia la periferia y se originan en la cara opuesta del vidrio. Las roturas concéntricas son líneas curvas que se producen en segundo lugar, en la cara frontal del vidrio (Guzmán, 2000, p. 305, 307) en forma de escamas. Colaboran en la formación del cono de desprendimiento de fragmentos vítreos y muchas veces lo delimitan (Ferreyro, 2007, p.49); Las mismas son interrumpidas por las fracturas radiales.



Ilustración 12: Roturas en la superficie del vidrio. Fuente: Elaboración propia

Las fracturas se deben a que la deformación que produce el proyectil supera el límite de elasticidad del vidrio, es decir antes de que el proyectil atravesase el vidrio, este

se deforma mínimamente hacia el lado contrario de donde se ejerce la fuerza, hasta que llega al límite de elasticidad, el cual es propio para cada material (Locles, 2005, p. 177).

Cuando al proyectil incide perpendicularmente, el orificio de entrada es circular y las líneas concéntricas se distribuyen equitativamente en todo el perímetro del orificio. En cambio cuando el proyectil incide por uno de los lados, el orificio presenta una forma ovoide y las líneas concéntricas se encuentran más agrupadas en el lado contrario de donde proviene el proyectil (Locles, 2005, p. 176).

CAPÍTULO III

- *Metodología de Investigación*

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

- Según su metodología es cuantitativa
- Según su diseño cuasi experimental
- Según su alcance es exploratorio y descriptivo

1. Análisis exploratorio y descriptivo

Con esta experiencia se busca conocer los signos del orificio y de las roturas periféricas del blanco al ser atravesado por un proyectil de arma de fuego, a través de distintos ángulos de incidencia. Para este trabajo el blanco elegido consiste en probetas de vidrio sobre los que se realizarán observaciones sistematizadas cuyos resultados se registran en planilla ad hoc (ver anexo II).

El arma de fuego y la munición que se usaran para la experiencia serán los mismos en todos los ensayos. Para el caso de la munición será del mismo tipo, marca y lote.

2. Selección de elementos

2.1. Elección del arma de fuego y munición

Para realizar la experiencia se utilizó un arma de fuego semiautomática del tipo pistola, calibre .22 LR, marca BERSA, modelo THUNDER 22.

En cuanto a la munición se usaron cartuchos calibre .22 LR, Marca CCI, modelo BLAZER de punta redondeada de plomo (LRN).

2.2. Elección de la superficie de disparo

Se eligió como superficie de disparo hojas de vidrio plano común, el cual es usado normalmente en ventanas y puertas de casas y edificios.

Para los ensayos se utilizaron 210 probetas de vidrio plano común de 150mm x 150mm x 2mm.

2.3. Elección de la distancia de disparo

A los efectos de esta investigación se buscó una distancia en la cual el proyectil no sufriera las consecuencias de la pérdida de velocidad y por lo tanto de energía. También una distancia donde los signos que quedarán en el vidrio no se vieran modificados por los gases producidos por la deflagración de la pólvora. Por lo cual se estableció una distancia de disparo de 3 (tres) metros.

2.4. Elección de los ángulos de incidencia

Teniendo en cuenta investigaciones anteriores se establecieron como ángulos de incidencia: 90°, 80°, 70°, 60°, 50°, 40° y 30°.

Se observó que los orificios y roturas a 30° perdían regularidad por lo que se lo consideró ángulo crítico.

2.5. Elección de Variable de Dirección de Tiro

Se buscó que la apreciación y toma de los signos sobre el vidrio fuera *práctica, sencilla y que no sea afectada por la pérdida de material*. Por esta razón se decidió descartar el uso del agrupamiento de roturas concéntricas sobre los márgenes derecho e izquierdo del bisel y en su lugar usar una descripción geométrica plana de los límites externos, derecho (LED) e izquierdo (LEI), del bisel. Se los clasificó como semicírculo y semielipse respectivamente.

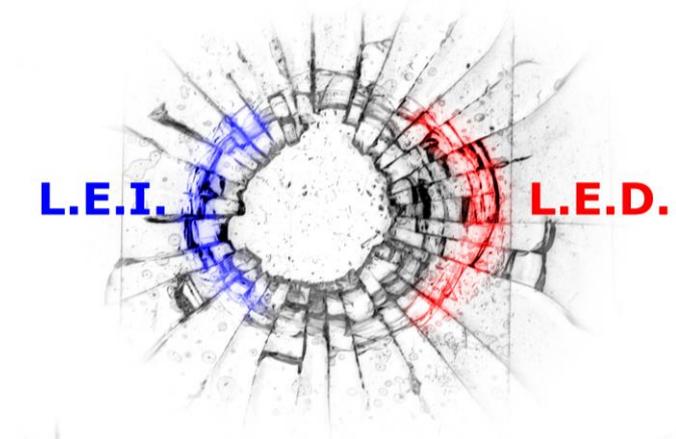


Ilustración 13: Límites Externos. Fuente: Elaboración Propia

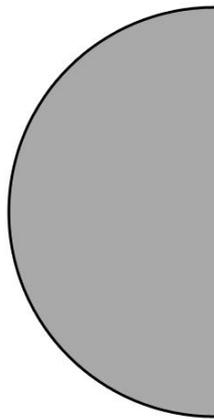


Ilustración 14: Semicírculo. Fuente: Elaboración Propia

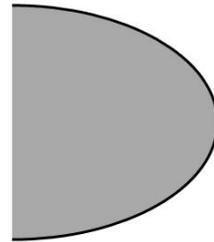


Ilustración 15: Semiélpse. Fuente: Elaboración Propia

2.6. Consideración de la Pérdida de Material

La pérdida de material, entendiéndola como la caída y/o desprendimiento de material no propio del orificio producido por el paso del proyectil, es un factor que influye directamente en las dimensiones del orificio y los semiejes del bisel. Las mediciones que se lleven a cabo se harán incluyendo a la pérdida de material.

3. Explicación de la metodología

La experiencia se realizó en una pedana de tiro al aire libre. Debido a que se trata de un ambiente abierto, no se pueden controlar los factores meteorológicos, pero al ser una distancia de disparo reducida los efectos pertinentes a la balística exterior son mínimos.

A las probetas se las identificó con una etiqueta con el ángulo y número de muestra y se las aseguró en los bordes con cinta adhesiva para evitar que se desarmaran o destruyeran luego de cada disparo. Para el montaje de las mismas, se fabricó un bastidor metálico en el cual quedaban firmemente sujetas las muestras evitando movimientos que pudieran alterar las características resultantes.

Se realizaron 7 series de 30 disparos cada una, cada serie correspondía a un ángulo de incidencia. Se comenzó con el ángulo de 90° y posteriormente se fue reduciendo el ángulo de 10° hasta llegar al ángulo de incidencia de 30° . La variación del ángulo se realizó mediante el giro graduado del cabezal del bastidor en sentido antihorario, produciendo que los impactos sean de izquierda a derecha.

Luego de cada disparo, se inspeccionó la probeta, fotografió de ambos lados y se la aseguró con cinta adhesiva sobre el orificio y la zona periférica para evitar pérdidas de material durante el desmontaje y transporte de la misma. Una vez desmontada se tomaron medidas longitudinales y transversales (ejes X-Y) del diámetro del orificio y el bisel.

Posteriormente se fotografiaron las probetas en una mesa de copiado, usando un fondo negro y luz rasante por los costados. Se utilizó una cámara NIKON D3000 con un objetivo NIKKOR 18-55mm 1:3.5-5.6 y los siguientes parámetros de toma:

- Modo: Manual
- Distancia focal: 28mm
- Velocidad de obturación: 1/1.6
- Diafragma: f/8
- ISO: 400
- Iluminación: Luz continua, bombilla 100W Luz día

Con las fotografías se midieron nuevamente, con el software Corel Draw, las dimensiones longitudinales y transversales (eje X-Y) del diámetro del bisel y del orificio y las dimensiones longitudinales (eje X) del bisel izquierdo y derecho.

4. Elementos de experiencia

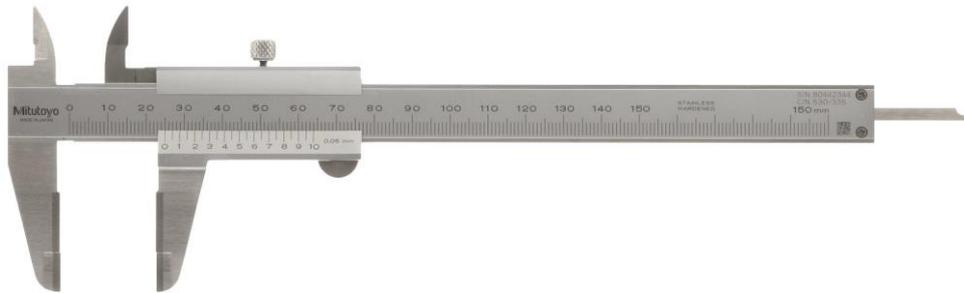
- Pistola semiautomática calibre .22 LR, marca BERSA, modelo Thunder 22, número de serie 545689, cuyo largo del cañón es de 90mm.



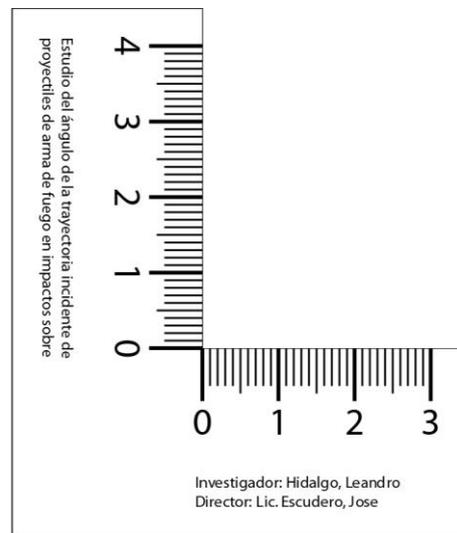
- Munición calibre .22 LR, marca CCI, modelo Blazer, de punta redondeada de plomo (LRN).



➤ Calibre de Vernier.



➤ Testigo métrico.



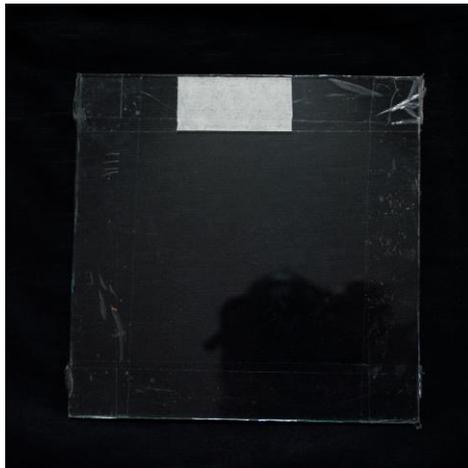
➤ Bastidor metálico



- Soporte graduado.



- Probeta de vidrio plano común de 150mm x 150mm y 2mm de espesor.



CAPÍTULO IV

- *Análisis de Resultados*

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De las series de ensayos realizados a los diferentes ángulos de incidencia, se obtuvieron los siguientes resultados:

Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 90°

Morfología del orificio

Del análisis de las probetas se observó que del total de 30 muestras, el 46,67% tiene un aspecto regular (*imagen n°6*), es decir con forma circular, bordes aguzados y sin pérdida de material; y el 53,33% restante es irregular (*imagen n°7*), es decir con forma ovalada o amorfa, bordes romos y con pérdida de material.

De las experiencias de aspecto irregular, el 81,25% presenta el borde del orificio discontinuo (*imagen n°8*), es decir un corte abrupto en la línea que forma el borde; mientras que el 18,75% tiene el borde continuo (*imagen n°9*). (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)



**Imagen n°6: Aspecto regular. Fuente:
Elaboración Propia**



**Imagen n°7: Aspecto irregular. Fuente:
Elaboración Propia**



Imagen n°8: Discontinuo. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°9: Con continuo. Fuente: Elaboración Propia

Eje Horizontal

| Longitud eje horizontal – ORIFICIO 90° | | | | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,70 - 0,94) | 0,82 | 15 | 15 | 0,50 | 50% | 12,28 |
| [0,94 - 1,17) | 1,06 | 5 | 20 | 0,17 | 17% | 5,28 |
| [1,17 - 1,41) | 1,29 | 3 | 23 | 0,10 | 10% | 3,88 |
| [1,41 - 1,65) | 1,53 | 4 | 27 | 0,13 | 13% | 6,12 |
| [1,65 - 1,89) | 1,77 | 0 | 27 | 0,00 | 0% | 0,00 |
| [1,89 - 2,12) | 2,01 | 3 | 30 | 0,10 | 10% | 6,02 |
| Total | | 30 | | 1,00 | 100% | 33,58 |
| Media Aritmética | 1,12 | | | | | |

Tabla 90°-1: Distribución de frecuencias eje horizontal. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 90°-1 de distribución de frecuencias, el valor promedio de las longitudes del orificio es de 1,12 cm sobre un total de 30 ensayos. El intervalo de [0,70 – 0,94) centímetros es el que más se repite con 15 unidades.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud orificio /calibre, el mismo dio como resultado 1,99. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Eje Vertical

| Longitud eje vertical – ORIFICIO 90° | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,68 - 0,93) | 0,80 | 16 | 16 | 0,53 | 53% | 12,85 |
| [0,93 - 1,18) | 1,05 | 3 | 19 | 0,10 | 10% | 3,16 |
| [1,18 - 1,43) | 1,31 | 4 | 23 | 0,13 | 13% | 5,22 |
| [1,43 - 1,68) | 1,56 | 4 | 27 | 0,13 | 13% | 6,22 |
| [1,68 - 1,93) | 1,81 | 2 | 29 | 0,07 | 7% | 3,61 |
| [1,93 - 2,18) | 2,06 | 1 | 30 | 0,03 | 3% | 2,06 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 33,13 |
| Media Aritmética | 1,10 | | | | | |

Tabla 90°-2: Distribución de frecuencias eje vertical. Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 90°-2 de distribución de frecuencias se desprende que el valor promedio es de 1,10cm. Y el intervalo [0,68 – 0,93) centímetros se repite 16 veces sobre un total de 30 ensayos, representando el 53%.

En la medición del eje horizontal (X) y vertical (Y) se observó que en el 50% de los orificios el eje X es mayor que el eje Y. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Morfología del bisel

Del total de 30 probetas, se observó que el 100% tiene una morfología de corona circular y que tanto el límite externo izquierdo (LEI) y el límite externo derecho (LED) tienen un aspecto semicircular (*imágenes n° 6, 7, 8, 9*). (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Eje Horizontal

| Longitud total eje horizontal – BISEL 90° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [2,44 - 2,78) | 2,61 | 8 | 8 | 0,27 | 27% | 20,90 |
| [2,78 - 3,12) | 2,95 | 9 | 17 | 0,30 | 30% | 26,59 |
| [3,12 - 3,47) | 3,30 | 7 | 24 | 0,23 | 23% | 23,07 |
| [3,47 - 3,81) | 3,64 | 3 | 27 | 0,10 | 10% | 10,91 |
| [3,81 - 4,15) | 3,98 | 0 | 27 | 0,00 | 0% | 0,00 |
| [4,15 - 4,49) | 4,32 | 3 | 30 | 0,10 | 10% | 12,96 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 94,43 |
| Media Aritmética | 3,15 | | | | | |

Tabla 90°-3: Distribución de frecuencias eje horizontal-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla, el valor medio de las longitudes horizontales del bisel es de 3,15cm. Y en el intervalo de [2,78 – 3,12) centímetros hay 9 ensayos de 30, que representan el 30%.

La relación entre el valor medio de las longitudes y el calibre dio como resultado 5,69. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Eje Vertical

| Longitud total eje vertical – BISEL 90° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [2,22 - 2,55) | 2,38 | 2 | 2 | 0,07 | 7% | 4,76 |
| [2,55 - 2,88) | 2,71 | 8 | 10 | 0,27 | 27% | 21,70 |
| [2,88 - 3,21) | 3,04 | 11 | 21 | 0,37 | 37% | 33,48 |
| [3,21 - 3,54) | 3,37 | 6 | 27 | 0,20 | 20% | 20,25 |
| [3,54 - 3,87) | 3,71 | 0 | 27 | 0,00 | 0% | 0,00 |
| [3,87 - 4,20) | 4,04 | 3 | 30 | 0,10 | 10% | 12,11 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 92,30 |
| Media Aritmética | 3,08 | | | | | |

Tabla 90°-4: Distribución de frecuencias eje vertical-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 90°-3 de distribución de frecuencias, sobre un total de 30 ensayos, el promedio de las longitudes es de 3,08cm. El intervalo de [2,88 – 3,21) centímetros es el que más se repite con 11 unidades.

En la medición de los ejes horizontal y vertical, se observó que en el 66,67% de los casos la longitud del eje horizontal es mayor que la del eje vertical. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Dirección de Disparo

A fin de conocer la dirección del disparo, se analizaron separadamente la parcialidad izquierda y derecha del eje horizontal del bisel, para lo cual se midió desde el límite externo del bisel hasta el borde del orificio. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Semieje Horizontal Izquierdo

| BISEL IZQUIERDO - 90° | | | | | | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,58 - 0,73) | 0,66 | 7 | 7 | 0,23 | 23% | 4,59 |
| [0,73 - 0,89) | 0,81 | 4 | 11 | 0,13 | 13% | 3,25 |
| [0,89 - 1,05) | 0,97 | 7 | 18 | 0,23 | 23% | 6,80 |
| [1,05 - 1,21) | 1,13 | 6 | 24 | 0,20 | 20% | 6,78 |
| [1,21 - 1,37) | 1,29 | 4 | 28 | 0,13 | 13% | 5,15 |
| [1,37 - 1,52) | 1,45 | 2 | 30 | 0,07 | 7% | 2,89 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 29,46 |
| Media Aritmética | 0,98 | | | | | |

Tabla 90-5: Distribución de frecuencias bisel izquierdo. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla de distribución de frecuencias, los intervalos de [0,58 – 0,73) centímetros y [0,89 – 1,05) centímetros son donde mas ensayos se repiten con 7 unidades sobre 30 experiencias, representando el 23% cada uno. También se observa que el promedio de las longitudes del semieje izquierdo es de 0,98cm.

Semieje Horizontal Derecho

| BISEL DERECHO - 90° | | | | | | |
|---------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,63 - 0,81) | 0,72 | 5 | 5 | 0,17 | 17% | 3,61 |
| [0,81 - 0,98) | 0,89 | 7 | 12 | 0,23 | 23% | 6,26 |
| [0,98 - 1,15) | 1,07 | 8 | 20 | 0,27 | 27% | 8,54 |
| [1,15 - 1,33) | 1,24 | 5 | 25 | 0,17 | 17% | 6,20 |
| [1,33 - 1,50) | 1,41 | 3 | 28 | 0,10 | 10% | 4,24 |
| [1,50 - 1,67) | 1,59 | 2 | 30 | 0,07 | 7% | 3,17 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 32,02 |
| Media Aritmética | 1,07 | | | | | |

Tabla 90-6: Distribución de frecuencias bisel derecho. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla de distribución de frecuencias, el valor medio de las mediciones del semieje derecho es de 1,07cm. El intervalo [0,81 – 0,98) centímetros se repite 7 veces sobre el total de 30.

Teniendo en cuenta que en el ángulo de incidencia a 90° el proyectil incide perpendicularmente, se esperaba que tanto la longitud del semieje izquierdo y la del

semieje derecho fueran similares pero se observó que el 56,67% de los casos el lado izquierdo era menor, en 40% el lado derecho era menor y en el 3,33% eran iguales.

| x_i | f_i | F_i | h_i | h_i (%) |
|-------------|-------|-------|-------|-----------|
| [0% - 10%) | 8 | 8 | 0,27 | 27% |
| [10% - 20%) | 13 | 21 | 0,43 | 43% |
| [20% - 29%) | 1 | 22 | 0,03 | 3% |
| [29% - 39%) | 4 | 26 | 0,13 | 13% |
| [39% - 49%) | 3 | 29 | 0,10 | 10% |
| [49% - 59%) | 1 | 30 | 0,03 | 3% |
| | 30 | | 1,00 | 100% |

Tabla 90°-7: Distribución de frecuencias diferencia bisel. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla, en el intervalo [10% - 20%) de diferencia entre el eje izquierdo y derecho es el que mas se repite con 13 unidades sobre 30.

Pérdida de Material

Para explicar las diferencias entre los semiejes izquierdo y derecho, se analizó la pérdida de material de cada probeta, siguiendo un sistema de referencia circular dividido en 12 zonas como las horas de un reloj, midiendo en sentido horario. (Ver *anexo I – Libro de Códigos*)

| Distribución de frecuencias PERDIDA DE MATERIAL – 90° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0 - 1) | 0,50 | 11 | 11 | 0,07 | 7% | 71,50 |
| [1 - 2) | 1,50 | 9 | 20 | 0,05 | 5% | 13,50 |
| [2 - 3) | 2,50 | 12 | 32 | 0,07 | 7% | 30,00 |
| [3 - 4) | 3,50 | 14 | 46 | 0,08 | 8% | 49,00 |
| [4 - 5) | 4,50 | 17 | 63 | 0,10 | 10% | 76,50 |
| [5 - 6) | 5,50 | 13 | 76 | 0,08 | 8% | 71,50 |
| [6 - 7) | 6,50 | 12 | 88 | 0,07 | 7% | 78,00 |
| [7 - 8) | 7,50 | 18 | 106 | 0,11 | 11% | 135,00 |
| [8 - 9) | 8,50 | 18 | 124 | 0,11 | 11% | 153,00 |
| [9 - 10) | 9,50 | 16 | 140 | 0,10 | 10% | 152,00 |
| [10 - 11) | 10,50 | 14 | 154 | 0,08 | 8% | 147,00 |
| [11 - 12) | 11,50 | 12 | 166 | 0,07 | 7% | 138,00 |
| Total | | 166 | | 1,00 | 100% | 1115,00 |

Tabla 90°-8: Distribución de frecuencias perdida de material. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla la pérdida de material se distribuye alrededor de todo el orificio, siendo en los intervalos [7 - 8) y [8 - 9) donde se repite mas veces la pérdida de material, con 18 unidades.

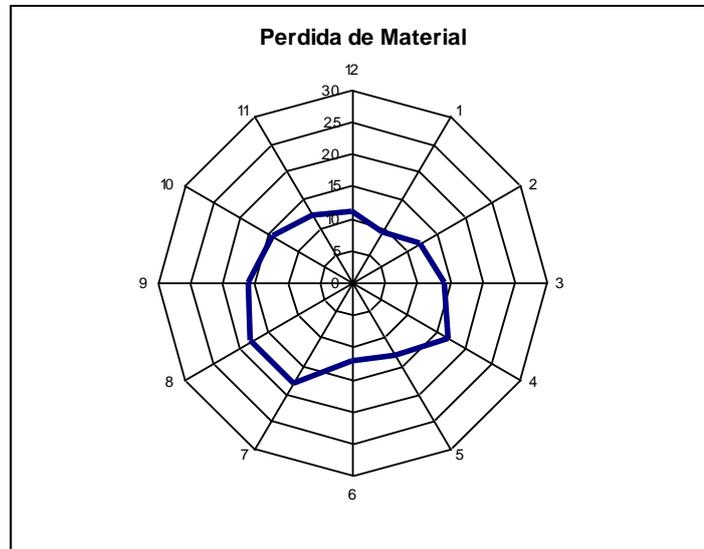


Ilustración 90°-7. Fuente: Elaboración Propia

Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 80°

Morfología del orificio

Se observó que del total de 30 experiencias, el 30% tiene un aspecto regular (*imagen n°10*), es decir con forma circular, bordes aguzados y sin pérdida de material; y el 70% restante es irregular (*imagen n°11*), es decir con forma ovalada o amorfa, bordes romos y con pérdida de material.

De las experiencias de aspecto irregular, el 80,95% presenta el borde del orificio discontinuo (*imagen n°12*), es decir un corte abrupto en la línea que forma el borde; mientras que el 19,05% tiene el borde continuo (*imagen n°13*). (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)



Imagen n°10: Aspecto regular. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°11: Aspecto irregular. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°12: Discontinuo. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°3: Continuo. Fuente: Elaboración Propia

Eje Horizontal

| Longitud eje horizontal - ORIFICIO 80° | | | | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,71 - 1,00) | 0,85 | 15 | 15 | 0,50 | 50% | 12,81 |
| [1,00 - 1,28) | 1,14 | 2 | 17 | 0,07 | 7% | 2,28 |
| [1,28 - 1,57) | 1,42 | 5 | 22 | 0,17 | 17% | 7,12 |
| [1,57 - 1,85) | 1,71 | 5 | 27 | 0,17 | 17% | 8,55 |
| [1,85 - 2,14) | 2,00 | 1 | 28 | 0,03 | 3% | 2,00 |

| | | | | | | |
|------------------|------|----|----|------|------|-------|
| [2,14 - 2,42) | 2,28 | 2 | 30 | 0,07 | 7% | 4,56 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 37,32 |
| Media Aritmética | 1,24 | | | | | |

Tabla 80°-1: Distribución de frecuencias eje horizontal. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 80°-1 de distribución de frecuencias, el valor promedio de las longitudes del orificio es de 1,24cm. El intervalo de [0,71 – 1,00) centímetros es el que más se repite con 15 unidades sobre un total de 30 ensayos.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud orificio /calibre, el mismo dio como resultado 2,25. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Eje Vertical

| Longitud eje vertical – ORIFICIO 80° | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,72 - 0,92) | 0,82 | 6 | 6 | 0,20 | 20% | 4,94 |
| [0,92 - 1,13) | 1,03 | 7 | 13 | 0,23 | 23% | 7,19 |
| [1,13 - 1,33) | 1,23 | 6 | 19 | 0,20 | 20% | 7,38 |
| [1,33 - 1,54) | 1,43 | 5 | 24 | 0,17 | 17% | 7,17 |
| [1,54 - 1,74) | 1,64 | 1 | 25 | 0,03 | 3% | 1,64 |
| [1,74 - 1,94) | 1,84 | 5 | 30 | 0,17 | 17% | 9,20 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 37,51 |
| Media Aritmética | 1,25 | | | | | |

Tabla 80°-2: Distribución de frecuencias eje vertical. Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 80°-2 de distribución de frecuencias se desprende que el valor promedio es de 1,25cm. El intervalo [0,92 – 1,13) centímetros se repite 7 veces sobre un total de 30 muestras, representando el 23%.

En la medición del eje horizontal (X) y vertical (Y) se observó que en el 33,33% de los orificios, el eje X es mayor que el eje Y. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Morfología del bisel

Del total de 30 probetas, se observó que el 86,67% tiene una morfología de corona circular y el 13,33% tiene una morfología de aro ovoidal y que en el 100% de los ensayos tanto su LEI y LED tienen un aspecto semicircular (imágenes n° 10, 11, 12, 13). (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Eje Horizontal

| Longitud total eje horizontal – BISEL 80° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [2,77 - 2,99) | 2,88 | 2 | 2 | 0,07 | 7% | 5,76 |
| [2,99 - 3,21) | 3,10 | 5 | 7 | 0,17 | 17% | 15,50 |
| [3,21 - 3,43) | 3,32 | 13 | 20 | 0,43 | 43% | 43,19 |
| [3,43 - 3,65) | 3,54 | 4 | 24 | 0,13 | 13% | 14,17 |
| [3,65 - 3,87) | 3,76 | 3 | 27 | 0,10 | 10% | 11,29 |
| [3,87 - 4,10) | 3,99 | 3 | 31 | 0,10 | 10% | 11,96 |
| | | 31 | | 1,03 | 103% | 101,87 |
| Media Aritmética | 3,41 | | | | | |

Tabla 80°-3: Distribución de frecuencias eje horizontal-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 80°-3, el valor medio de las longitudes horizontales del bisel es de 3,41cm. En el intervalo de [3,21 – 3,43) centímetros hay 13 ensayos de 30, que representan el 43%.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud bisel /calibre, el mismo dio como resultado 6,16. (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Eje Vertical

| Longitud total eje vertical – BISEL 80° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [2,70 - 2,99) | 2,84 | 4 | 4 | 0,13 | 13% | 11,37 |
| [2,99 - 3,27) | 3,13 | 10 | 14 | 0,33 | 33% | 31,27 |
| [3,27 - 3,55) | 3,41 | 10 | 24 | 0,33 | 33% | 34,11 |
| [3,55 - 3,84) | 3,69 | 3 | 27 | 0,10 | 10% | 11,08 |
| [3,84 - 4,12) | 3,98 | 1 | 28 | 0,03 | 3% | 3,98 |
| [4,12 - 4,40) | 4,26 | 2 | 30 | 0,07 | 7% | 8,52 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 100,35 |
| Media Aritmética | 3,34 | | | | | |

Tabla 80°-4: Distribución de frecuencias eje vertical-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 80°-4 de distribución de frecuencias, sobre un total de 30 ensayos, el promedio de las longitudes es de 3,34cm. Los intervalos de [2,99 – 3,27) centímetros y [3,27 – 3,55) centímetros son los que más se repiten con 10 unidades cada uno.

En la medición de de los ejes horizontal y vertical, se observó que en el 60% de los casos la longitud del eje horizontal es mayor que la del eje vertical. (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Dirección de Disparo

A fin de conocer la dirección del disparo, se analizaron separadamente la parcialidad izquierda y derecha del eje horizontal del bisel, para lo cual se midió desde el límite externo del bisel hasta el borde del orificio. (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Semieje Horizontal Izquierdo

| BISEL IZQUIERDO – 80° | | | | | | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,61 - 0,82) | 0,72 | 8 | 8 | 0,27 | 27% | 5,72 |
| [0,82 - 1,04) | 0,93 | 6 | 14 | 0,20 | 20% | 5,60 |
| [1,04 - 1,26) | 1,15 | 12 | 26 | 0,40 | 40% | 13,83 |
| [1,26 - 1,48) | 1,37 | 3 | 29 | 0,10 | 10% | 4,11 |
| [1,48 - 1,70) | 1,59 | 0 | 29 | 0,00 | 0% | 0,00 |
| [1,70 - 1,92) | 1,81 | 1 | 30 | 0,03 | 3% | 1,81 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 31,08 |
| Media Aritmética | 1,04 | | | | | |

Tabla 80°-5: Distribución de frecuencias bisel izquierdo. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla de distribución de frecuencias 80°-5, el intervalo de [1,04 – 1,26) centímetros es donde más muestras se repiten con 12 unidades sobre 30 ensayos, representando el 40%. También se observa que el promedio de las longitudes del semieje izquierdo es de 1,04cm.

Semieje Horizontal Derecho

| BISEL DERECHO – 80° | | | | | | |
|---------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,67 - 0,89) | 0,78 | 4 | 4 | 0,13 | 13% | 3,12 |
| [0,89 - 1,10) | 0,99 | 12 | 16 | 0,40 | 40% | 11,90 |
| [1,10 - 1,31) | 1,20 | 11 | 27 | 0,37 | 37% | 13,24 |
| [1,31 - 1,52) | 1,42 | 2 | 29 | 0,07 | 7% | 2,83 |
| [1,52 - 1,73) | 1,63 | 0 | 29 | 0,00 | 0% | 0,00 |
| [1,73 - 1,95) | 1,84 | 1 | 30 | 0,03 | 3% | 1,84 |

| | | | | | |
|------------------|------|----|------|------|-------|
| | | 30 | 1,00 | 100% | 32,93 |
| Media Aritmética | 1,10 | | | | |

Tabla 80°-6: Distribución de frecuencias bisel derecho. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla de distribución de frecuencias, el valor medio de las mediciones del semieje derecho es de 1,07cm. El intervalo [0,81 – 0,98) centímetros se repite 7 veces sobre el total de 30.

Con el ángulo de incidencia a 80° el proyectil no incide perpendicularmente, por lo que se esperaba observar que la longitud del semieje izquierdo fuera menor a la del semieje derecho y se observó que el 56,67% de los casos el lado izquierdo era menor y en el 43,33% el lado derecho era menor.

| x_i | f_i | F_i | h_i | h_i (%) |
|--------------|-------|-------|-------|-----------|
| [01 % - 08%) | 7 | 7 | 0,23 | 23% |
| [08% - 15%) | 6 | 13 | 0,20 | 20% |
| [15% - 22%) | 4 | 17 | 0,13 | 13% |
| [22% - 29%) | 6 | 23 | 0,20 | 20% |
| [29% - 35%) | 3 | 26 | 0,10 | 10% |
| [35% - 42%) | 4 | 30 | 0,13 | 13% |
| | 30 | | 1,00 | 100% |

Tabla 80°-7: Distribución de frecuencias diferencia bisel. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 80°7, en el intervalo [01% - 08%) de diferencia entre el eje izquierdo y derecho es el que mas se repite con 7 unidades sobre 30.

Pérdida de Material

Para explicar las diferencias entre los semiejes izquierdo y derecho, se analizó la pérdida de material de cada probeta, siguiendo un sistema de referencia circular dividido en 12 zonas como las horas de un reloj, midiendo en sentido horario. (Ver *anexo I – Libro de Códigos*)

| Distribución de frecuencias PERDIDA DE MATERIAL - 80 | | | | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0 - 1) | 0,50 | 16 | 16 | 0,09 | 9% | 104,00 |
| [1 - 2) | 1,50 | 15 | 31 | 0,08 | 8% | 22,50 |
| [2 - 3) | 2,50 | 18 | 49 | 0,10 | 10% | 45,00 |
| [3 - 4) | 3,50 | 15 | 64 | 0,08 | 8% | 52,50 |
| [4 - 5) | 4,50 | 17 | 81 | 0,09 | 9% | 76,50 |
| [5 - 6) | 5,50 | 17 | 98 | 0,09 | 9% | 93,50 |

| | | | | | | |
|-----------|-------|-----|-----|------|------|---------|
| [6 - 7) | 6,50 | 18 | 116 | 0,10 | 10% | 117,00 |
| [7 - 8) | 7,50 | 14 | 130 | 0,08 | 8% | 105,00 |
| [8 - 9) | 8,50 | 11 | 141 | 0,06 | 6% | 93,50 |
| [9 - 10) | 9,50 | 12 | 153 | 0,07 | 7% | 114,00 |
| [10 - 11) | 10,50 | 14 | 167 | 0,08 | 8% | 147,00 |
| [11 - 12) | 11,50 | 14 | 181 | 0,08 | 8% | 161,00 |
| Total | | 181 | | 1,00 | 100% | 1131,50 |

Tabla 80°-8: Distribución de frecuencias perdida de material. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla 80°-8 la perdida de material se distribuye alrededor de todo el orificio, siendo en los intervalos [2 - 3) y [6 - 7) donde se repite mas veces la perdida de material, con 18 unidades.

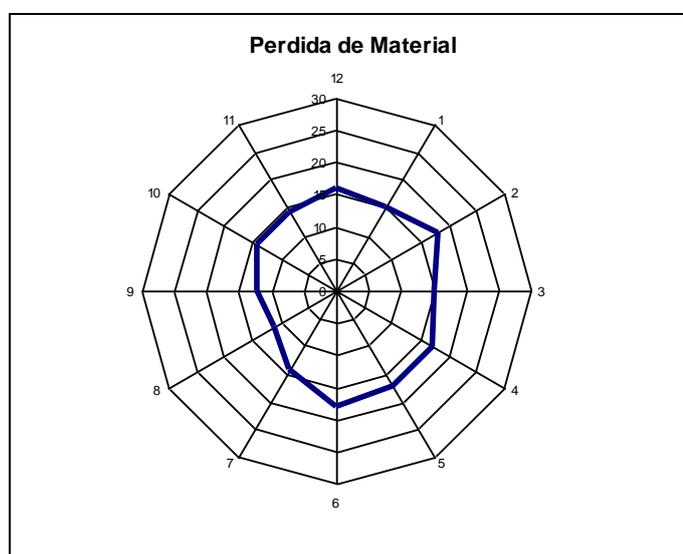


Ilustración 80°-7. Fuente: Elaboración Propia

Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 70°

Morfología del orificio

Se observó que del total de 30 ensayos, el 13,33% tiene un aspecto regular (*imagen n°14*), es decir con forma circular, bordes aguzados y sin perdida de material; y el 86,67% restante es irregular (*imagen n°15*), es decir con forma ovalada o amorfa, bordes romos y con perdida de material.

De los ensayos de aspecto irregular, el 80,77% presenta el borde del orificio discontinuo (*imagen n°16*), es decir un corte abrupto en la línea que forma el borde;

mientras que el 19,23% tiene el borde continuo. (imagen n°17). (Ver anexo I – Libro de Códigos)



Imagen n°14: Aspecto regular. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°15: Aspecto irregular. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°16: Discontinuo. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°17: Continuo. Fuente: Elaboración Propia

Eje Horizontal

| Longitud eje horizontal – ORIFICIO 70° | | | | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,71 - 0,92) | 0,82 | 14 | 14 | 0,47 | 47% | 11,41 |
| [0,92 - 1,14) | 1,03 | 5 | 19 | 0,17 | 17% | 5,16 |

| | | | | | | |
|------------------|------|----|----|------|------|-------|
| [1,14 - 1,36) | 1,25 | 1 | 20 | 0,03 | 3% | 1,25 |
| [1,36 - 1,58) | 1,47 | 5 | 25 | 0,17 | 17% | 7,33 |
| [1,58 - 1,79) | 1,68 | 3 | 28 | 0,10 | 10% | 5,05 |
| [1,79 - 2,01) | 1,90 | 2 | 30 | 0,07 | 7% | 3,80 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 34,01 |
| Media Aritmética | 1,13 | | | | | |

Tabla 70°-1: Distribución de frecuencias eje horizontal. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 70°-1 de distribución de frecuencias, el valor promedio de las longitudes del orificio es de 1,13cm. El intervalo de [0,71 – 0,92) centímetros es el que más se repite con 14 unidades sobre un total de 30 ensayos.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud orificio /calibre, el mismo dio como resultado 2,07. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Eje Vertical

| Longitud eje vertical – ORFICIO 70° | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,69 - 0,92) | 0,81 | 14 | 14 | 0,47 | 47% | 11,29 |
| [0,92 - 1,16) | 1,04 | 6 | 20 | 0,20 | 20% | 6,23 |
| [1,16 - 1,39) | 1,27 | 3 | 23 | 0,10 | 10% | 3,82 |
| [1,39 - 1,62) | 1,50 | 1 | 24 | 0,03 | 3% | 1,50 |
| [1,62 - 1,85) | 1,74 | 3 | 27 | 0,10 | 10% | 5,21 |
| [1,85 - 2,09) | 1,97 | 3 | 30 | 0,10 | 10% | 5,91 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 33,96 |
| Media Aritmética | 1,13 | | | | | |

Tabla 70°-2: Distribución de frecuencias eje vertical. Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 70°-2 de distribución de frecuencias se desprende que el valor promedio es de 1,13cm. Y el intervalo [0,69 – 0,92) centímetros se repite 14 veces sobre un total de 30 ensayos, representando el 47%.

En la medición del eje horizontal (X) y vertical (Y) se observó que en el 63,33% de los orificios, el eje X es mayor que el eje Y, esta diferencia se explica por la pérdida de material. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Morfología del bisel

Del total de 30 probetas, se observó que el 73,33% tiene una morfología de corona circular y la del restante 16,67% es de aro ovoidal. En cuanto al su LEI, el 100%

tiene un aspecto semicircular, mientras que en el LED el 70% tiene un aspecto semicircular y el 30% semioval (*imágenes n° 14, 15, 16, 17*). (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Eje Horizontal

| Longitud total eje horizontal – BISEL 70° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [2,46 - 2,69) | 2,58 | 1 | 1 | 0,03 | 3% | 2,58 |
| [2,69 - 2,93) | 2,81 | 3 | 4 | 0,10 | 10% | 8,43 |
| [2,93 - 3,16) | 3,04 | 7 | 11 | 0,23 | 23% | 21,30 |
| [3,16 - 3,39) | 3,27 | 7 | 18 | 0,23 | 23% | 22,92 |
| [3,39 - 3,62) | 3,51 | 8 | 26 | 0,27 | 27% | 28,06 |
| [3,62 - 3,86) | 3,74 | 4 | 30 | 0,13 | 13% | 14,96 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 98,24 |
| Media Aritmética | 3,27 | | | | | |

Tabla 70°-3: Distribución de frecuencias eje horizontal-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 70°-3, el valor medio de las longitudes horizontales del bisel es de 3,27cm. En el intervalo de [3,39 – 3,62) centímetros hay 8 ensayos de 30, que representan el 27%.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud bisel /calibre, el mismo dio como resultado 5,97. (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Eje Vertical

| Longitud total eje vertical – 70° | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [2,60 - 2,79) | 2,69 | 6 | 6 | 0,20 | 20% | 16,16 |
| [2,79 - 2,98) | 2,89 | 4 | 10 | 0,13 | 13% | 11,55 |
| [2,98 - 3,18) | 3,08 | 4 | 14 | 0,13 | 13% | 12,32 |
| [3,18 - 3,37) | 3,27 | 11 | 25 | 0,37 | 37% | 36,02 |
| [3,37 - 3,57) | 3,47 | 3 | 28 | 0,10 | 10% | 10,41 |
| [3,57 - 3,76) | 3,66 | 2 | 30 | 0,07 | 7% | 7,33 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 93,79 |
| Media Aritmética | 3,13 | | | | | |

Tabla 70°-4: Distribución de frecuencias eje vertical-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 70°-4 de distribución de frecuencias, sobre un total de 30 ensayos, el promedio de las longitudes es de 3,13cm. El intervalo de [3,18 – 3,37) centímetros es el que más se repite con 11 unidades cada uno.

En la medición de de los ejes horizontal y vertical, se observó que en el 66,67% de los casos la longitud del eje horizontal es mayor que la del eje vertical y se comienza a apreciar un aplanamiento del bisel sobre el eje horizontal. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Dirección de Disparo

A fin de conocer la dirección del disparo, se analizaron separadamente la parcialidad izquierda y derecha del eje horizontal del bisel, para lo cual se midió desde el límite externo del bisel hasta el borde del orificio. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Semieje Horizontal Izquierdo

| BISEL IZQUIERDO – 70° | | | | | | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,59 - 0,73) | 0,66 | 5 | 5 | 0,17 | 17% | 3,31 |
| [0,73 - 0,87) | 0,80 | 3 | 8 | 0,10 | 10% | 2,40 |
| [0,87 - 1,01) | 0,94 | 4 | 12 | 0,13 | 13% | 3,76 |
| [1,01 - 1,15) | 1,08 | 10 | 22 | 0,33 | 33% | 10,81 |
| [1,15 - 1,29) | 1,22 | 4 | 26 | 0,13 | 13% | 4,88 |
| [1,29 - 1,43) | 1,36 | 4 | 30 | 0,13 | 13% | 5,44 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 30,60 |
| Media Aritmética | 1,02 | | | | | |

Tabla 70°-5: Distribución de frecuencias bisel izquierdo. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla de distribución de frecuencias 70°-5, el intervalo de [1,01 – 1,15) centímetros es donde más experiencias se repiten con 10 unidades sobre 30 ensayos, representando el 33%. También se observa que el promedio de las longitudes del semieje izquierdo es de 1,02cm.

Semieje Horizontal Derecho

| BISEL DERECHO – 70° | | | | | | |
|---------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,76 - 0,91) | 0,83 | 5 | 5 | 0,17 | 17% | 4,17 |
| [0,91 - 1,06) | 0,98 | 7 | 12 | 0,23 | 23% | 6,87 |
| [1,06 - 1,20) | 1,13 | 9 | 21 | 0,30 | 30% | 10,16 |
| [1,20 - 1,35) | 1,28 | 4 | 25 | 0,13 | 13% | 5,11 |
| [1,35 - 1,50) | 1,42 | 2 | 27 | 0,07 | 7% | 2,85 |

| | | | | | | |
|------------------|------|----|----|------|------|-------|
| [1,50 - 1,65) | 1,57 | 3 | 30 | 0,10 | 10% | 4,72 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 33,88 |
| Media Aritmética | 1,13 | | | | | |

Tabla 70°-6: Distribución de frecuencias bisel derecho. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla de distribución de frecuencias, el valor medio de las mediciones del semieje derecho es de 1,13cm. El intervalo [1,06 – 1,20) centímetros se repite 9 veces sobre el total de 30.

Con el ángulo de incidencia a 70° el proyectil no incide perpendicularmente, por lo que se esperaba observar que la longitud del semieje izquierdo fuera menor a la del semieje derecho y se observó que el 66,67% de los casos el lado izquierdo era menor y en el 33,33% el lado derecho era menor.

| x_i | f_i | F_i | h_i | h_i (%) |
|-------------|-------|-------|-------|-----------|
| [02% - 11%) | 10 | 10 | 0,33 | 33% |
| [11% - 19%) | 10 | 20 | 0,33 | 33% |
| [19% - 28%) | 4 | 24 | 0,13 | 13% |
| [28% - 36%) | 2 | 26 | 0,07 | 7% |
| [36% - 45%) | 2 | 28 | 0,07 | 7% |
| [45% - 53%) | 2 | 30 | 0,07 | 7% |
| | 30 | | 1,00 | 100% |

Tabla 70°-7: Distribución de frecuencias diferencia bisel. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 70°7, en los intervalos [02% - 11%) y [11% - 19%) de diferencia entre el eje izquierdo y derecho son los que más se repiten con 10 unidades sobre 30.

Pérdida de Material

Para explicar las diferencias entre los semiejes izquierdo y derecho, se analizó la pérdida de material de cada probeta, siguiendo un sistema de referencia circular dividido en 12 zonas como las horas de un reloj, midiendo en sentido horario. (Ver *anexo I – Libro de Códigos*)

| Distribución de frecuencias PERDIDA DE MATERIAL – 70° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0 - 1) | 0,50 | 18 | 18 | 0,092 | 9,2% | 117,00 |
| [1 - 2) | 1,50 | 23 | 41 | 0,118 | 11,8% | 34,50 |
| [2 - 3) | 2,50 | 26 | 67 | 0,133 | 13,3% | 65,00 |

| | | | | | | |
|-----------|-------|-----|-----|-------|-------|---------|
| [3 - 4) | 3,50 | 25 | 92 | 0,128 | 12,8% | 87,50 |
| [4 - 5) | 4,50 | 19 | 111 | 0,97 | 9,7% | 85,50 |
| [5 - 6) | 5,50 | 14 | 125 | 0,072 | 7,2% | 77,00 |
| [6 - 7) | 6,50 | 10 | 135 | 0,051 | 5,1% | 65,00 |
| [7 - 8) | 7,50 | 13 | 148 | 0,067 | 6,7% | 97,50 |
| [8 - 9) | 8,50 | 13 | 161 | 0,067 | 6,7% | 110,50 |
| [9 - 10) | 9,50 | 11 | 172 | 0,056 | 5,6% | 104,50 |
| [10 - 11) | 10,50 | 10 | 182 | 0,051 | 5,1% | 105,00 |
| [11 - 12) | 11,50 | 13 | 195 | 0,067 | 6,7% | 149,50 |
| Total | | 195 | | 1,00 | 100% | 1098,50 |

Tabla 70°-8: Distribución de frecuencias perdida de material. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla 70°-8 la perdida de material se distribuye alrededor de todo el orificio, siendo en el intervalo [2 - 3) donde se repite mas veces la perdida de material, con 26 unidades.

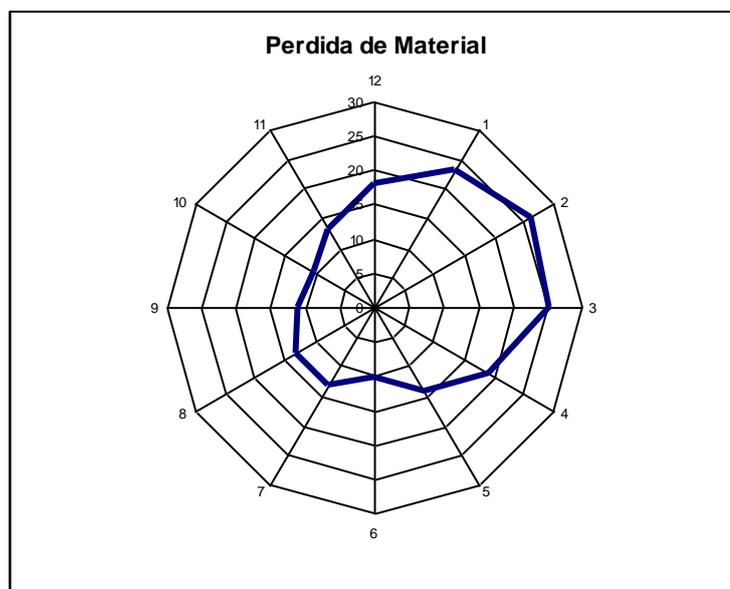


Ilustración 70°-7. Fuente: Elaboración Propia

Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 60°

Morfología del orificio

Se observó que del total de 30 experiencias, el 3,33% tiene un aspecto regular (*imagen n°18*), es decir con forma circular, bordes aguzados y sin perdida de material; y el 96,67% restante es irregular (*imagen n°19*), es decir con forma ovalada o amorfa, bordes romos y con perdida de material.

De los ensayos de aspecto irregular, el 86,21% presenta el borde del orificio discontinuo (*imagen n°20*), es decir un corte abrupto en la línea que forma el borde; mientras que el 13,79% tiene el borde continuo (*imagen n°21*). (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)



Imagen n°18: Aspecto regular. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°19: Aspecto irregular. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°20: Sin continuidad. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°21: Con continuidad. Fuente: Elaboración Propia

Eje Horizontal

| Longitud eje horizontal – ORIFICIO 60° | | | | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |

| | | | | | | |
|------------------|------|----|----|------|------|-------|
| [0,84 - 1,11) | 0,97 | 4 | 4 | 0,13 | 13% | 3,89 |
| [1,11 - 1,37) | 1,24 | 6 | 10 | 0,20 | 20% | 7,43 |
| [1,37 - 1,63) | 1,50 | 2 | 12 | 0,07 | 7% | 3,00 |
| [1,63 - 1,90) | 1,77 | 10 | 22 | 0,33 | 33% | 17,67 |
| [1,90 - 2,16) | 2,03 | 6 | 28 | 0,20 | 20% | 12,19 |
| [2,16 - 2,43) | 2,30 | 2 | 30 | 0,07 | 7% | 4,59 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 48,77 |
| Media Aritmética | 1,63 | | | | | |

Tabla 60°-1: Distribución de frecuencias eje horizontal. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 60°-1 de distribución de frecuencias, el valor promedio de las longitudes del bisel es de 1,63cm. El intervalo de [1,63 – 2,16) centímetros es el que más se repite con 10 unidades sobre un total de 30 ensayos.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud orificio /calibre, el mismo dio como resultado 2,98. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Eje Vertical

| Longitud eje vertical – 60° | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,80 - 1,05) | 0,92 | 3 | 3 | 0,10 | 10% | 2,77 |
| [1,05 - 1,29) | 1,17 | 4 | 7 | 0,13 | 13% | 4,67 |
| [1,29 - 1,53) | 1,41 | 1 | 8 | 0,03 | 3% | 1,41 |
| [1,53 - 1,78) | 1,66 | 10 | 18 | 0,33 | 33% | 16,55 |
| [1,78 - 2,02) | 1,90 | 7 | 25 | 0,23 | 23% | 13,29 |
| [2,02 - 2,26) | 2,14 | 5 | 30 | 0,17 | 17% | 10,71 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 49,42 |
| Media Aritmética | 1,65 | | | | | |

Tabla 60°-2: Distribución de frecuencias eje vertical. Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 60°-2 de distribución de frecuencias se desprende que el valor promedio es de 1,65cm. El intervalo [1,53 – 1,78) centímetros se repite 10 veces sobre un total de 30 experiencias, representando el 33%.

En la medición del eje horizontal (X) y vertical (Y) se observó que en el 56,67% de los orificios, el eje X es mayor que el eje Y. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Morfología del bisel

Del total de 30 probetas, se observó que el 23,33% tiene una morfología de corona circular y el restante 76,67% es de aro ovoidal. En cuanto al su LEI el 100% tiene un aspecto semicircular, mientras que en el LED, el 36,67% tiene un aspecto semicircular y el 63,33% es semioval (*imágenes n° 18,19,20,21*). (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Eje Horizontal

| Longitud total eje horizontal – BISEL 60° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [2,57 - 2,89) | 2,73 | 2 | 2 | 0,07 | 7% | 5,46 |
| [2,89 - 3,21) | 3,05 | 2 | 4 | 0,07 | 7% | 6,10 |
| [3,21 - 3,53) | 3,37 | 3 | 7 | 0,10 | 10% | 10,12 |
| [3,53 - 3,86) | 3,69 | 15 | 22 | 0,50 | 50% | 55,42 |
| [3,86 - 4,18) | 4,02 | 5 | 27 | 0,17 | 17% | 20,08 |
| [4,18 - 4,50) | 4,34 | 3 | 30 | 0,10 | 10% | 13,02 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 110,20 |
| Media Aritmética | 3,67 | | | | | |

Tabla 60°-3: Distribución de frecuencias eje horizontal-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 60°-3, el valor medio de las longitudes horizontales del bisel es de 3,67cm. En el intervalo de [3,53 – 3,86) centímetros hay 15 ensayos de 30, que representan el 50%.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud bisel /calibre, el mismo dio como resultado 6,68. (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Eje Vertical

| Longitud total eje vertical – BISEL 60° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [1,87 - 2,30) | 2,08 | 1 | 1 | 0,03 | 3% | 2,08 |
| [2,30 - 2,73) | 2,51 | 1 | 2 | 0,03 | 3% | 2,51 |
| [2,73 - 3,16) | 2,94 | 4 | 6 | 0,13 | 13% | 11,77 |
| [3,16 - 3,59) | 3,37 | 15 | 21 | 0,50 | 50% | 50,61 |
| [3,59 - 4,02) | 3,81 | 7 | 28 | 0,23 | 23% | 26,64 |
| [4,02 - 4,45) | 4,24 | 2 | 30 | 0,07 | 7% | 8,47 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 102,09 |

| | |
|------------------|------|
| Media Aritmética | 3,40 |
|------------------|------|

Tabla 60°-4: Distribución de frecuencias eje vertical-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 60°-4 de distribución de frecuencias, sobre un total de 30 experiencias, el promedio de las longitudes es de 3,40cm. El intervalo de [3,16 – 3,59) centímetros es el que más se repite con 15 unidades cada uno.

En la medición de de los ejes horizontal y vertical, se observó que en el 83,33% de los casos la longitud del eje horizontal es mayor que la del eje vertical y se aprecia un aplastamiento del bisel sobre el eje horizontal. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Dirección de Disparo

A fin de conocer la dirección del disparo, se analizaron separadamente la parcialidad izquierda y derecha del eje horizontal del bisel, para lo cual se midió desde el límite externo del bisel hasta el borde del orificio. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Semieje Horizontal Izquierdo

| BISEL IZQUIERDO – 60° | | | | | | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,35 - 0,51) | 0,43 | 3 | 3 | 0,10 | 10% | 1,29 |
| [0,51 - 0,66) | 0,58 | 1 | 4 | 0,03 | 3% | 0,58 |
| [0,66 - 0,82) | 0,74 | 8 | 12 | 0,27 | 27% | 5,92 |
| [0,82 - 0,97) | 0,90 | 7 | 19 | 0,23 | 23% | 6,27 |
| [0,97 - 1,13) | 1,05 | 5 | 24 | 0,17 | 17% | 5,25 |
| [1,13 - 1,28) | 1,21 | 6 | 30 | 0,20 | 20% | 7,24 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 26,54 |
| Media Aritmética | 0,88 | | | | | |

Tabla 60°-5: Distribución de frecuencias bisel izquierdo. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla de distribución de frecuencias 60°-5, el intervalo de [0,66 – 0,85) centímetros es donde más ensayos se repiten con 8 unidades sobre 30 muestras, representando el 27%. También se observa que el promedio de las longitudes del semieje izquierdo es de 0,88cm.

Semieje Horizontal Derecho

| BISEL DERECHO – 60° | | | | | | |
|---------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |

| | | | | | | |
|------------------|------|----|----|------|------|-------|
| [0,70 - 0,84) | 0,77 | 3 | 3 | 0,10 | 10% | 2,31 |
| [0,84 - 0,99) | 0,91 | 3 | 6 | 0,10 | 10% | 2,74 |
| [0,99 - 1,13) | 1,06 | 8 | 14 | 0,27 | 27% | 8,46 |
| [1,13 - 1,27) | 1,20 | 8 | 22 | 0,27 | 27% | 9,62 |
| [1,27 - 1,42) | 1,35 | 5 | 27 | 0,17 | 17% | 6,73 |
| [1,42 - 1,56) | 1,49 | 4 | 31 | 0,13 | 13% | 5,96 |
| | | 31 | | 1,03 | 103% | 35,82 |
| Media Aritmética | 1,16 | | | | | |

Tabla 60°-6: Distribución de frecuencias bisel derecho. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla de distribución de frecuencias, el valor medio de las mediciones del semieje derecho es de 1,16cm. Los intervalos [0,99 – 1,13) centímetros y [1,13 – 1,27) son los que se repiten más veces, con 8 unidades sobre el total de 30.

Con el ángulo de incidencia a 60° el proyectil no incide perpendicularmente, por lo que se esperaba observar que la longitud del semieje izquierdo fuera menor a la del semieje derecho y se observó que el 83,33% de los casos el lado izquierdo era menor y en el 16,67% el lado derecho era menor.

| x_i | f_i | F_i | h_i | h_i (%) |
|-------------|-------|-------|-------|-----------|
| [02% - 12%) | 7 | 7 | 0,23 | 23% |
| [12% - 23%) | 3 | 10 | 0,10 | 10% |
| [23% - 34%) | 4 | 14 | 0,13 | 13% |
| [34% - 45%) | 12 | 26 | 0,40 | 40% |
| [45% - 56%) | 2 | 28 | 0,07 | 7% |
| [56% - 67%) | 2 | 30 | 0,07 | 7% |
| | 30 | | 1,00 | 100% |

Tabla 60°-7: Distribución de frecuencias diferencia bisel. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 60°7, en el intervalo [34% - 45%) diferencia entre el eje izquierdo y derecho es el que más se repite con 12 unidades sobre 30.

Pérdida de Material

Para explicar las diferencias entre los semiejes izquierdo y derecho, se analizó la pérdida de material de cada probeta, siguiendo un sistema de referencia circular dividido en 12 zonas como las horas de un reloj, midiendo en sentido horario. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

| Distribución de frecuencias PERDIDA DE MATERIAL 60° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0 - 1) | 0,50 | 24 | 24 | 0,079 | 7,9% | 156,00 |
| [1 - 2) | 1,50 | 27 | 51 | 0,089 | 8,9% | 40,50 |
| [2 - 3) | 2,50 | 29 | 80 | 0,096 | 9,6% | 72,50 |
| [3 - 4) | 3,50 | 29 | 109 | 0,096 | 9,6% | 101,50 |
| [4 - 5) | 4,50 | 27 | 136 | 0,089 | 8,9% | 121,50 |
| [5 - 6) | 5,50 | 24 | 160 | 0,079 | 7,9% | 132,00 |
| [6 - 7) | 6,50 | 25 | 185 | 0,083 | 8,3% | 162,50 |
| [7 - 8) | 7,50 | 23 | 208 | 0,076 | 7,6% | 172,50 |
| [8 - 9) | 8,50 | 24 | 232 | 0,079 | 7,9% | 204,00 |
| [9 - 10) | 9,50 | 23 | 255 | 0,076 | 7,6% | 218,50 |
| [10 - 11) | 10,50 | 23 | 278 | 0,076 | 7,6% | 241,50 |
| [11 - 12) | 11,50 | 24 | 302 | 0,079 | 7,9% | 276,00 |
| Total | | 302 | | 1,00 | 100% | 1899,00 |

Tabla 60°-8: Distribución de frecuencias perdida de material. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla 60°-8 la perdida de material se distribuye alrededor de todo el orificio, siendo en los intervalo [2 - 3) y [3 - 4) donde se repiten más veces la perdida de material, con 29 unidades.

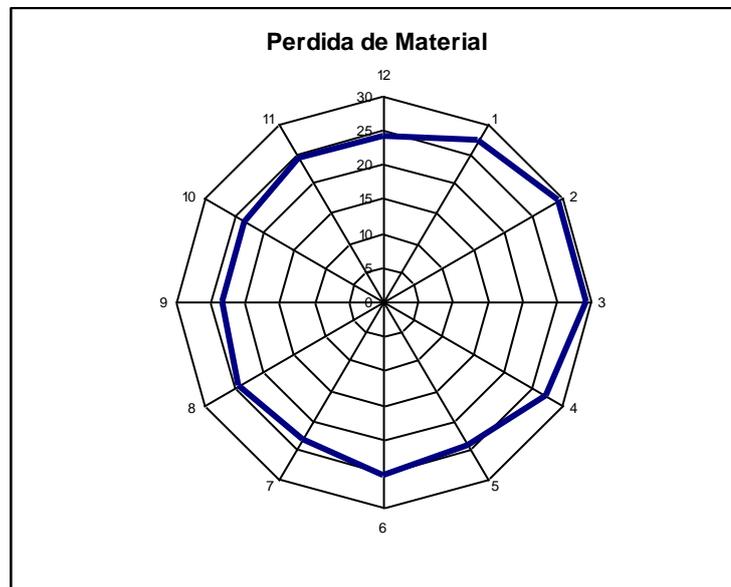


Ilustración 60°-7. Fuente: Elaboración Propia

Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 50°

Morfología del orificio

Se observó que del total de 30 experiencias, el 100% es irregular (*imagen n°22*), es decir con forma ovalada o amorfa, bordes romos y con pérdida de material.

De los ensayos de aspecto irregular, el 86,67% presenta el borde del orificio discontinuo (*imagen n°23*), es decir un corte abrupto en la línea que forma el borde; mientras que el 13,33% tiene borde continuo (*imagen n°24*). (*Ver anexo I*)



Imagen n°22: Aspecto irregular. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°23: Discontinuo. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°24: Continuo. Fuente: Elaboración Propia

Eje Horizontal

| Longitud eje horizontal – ORIFICIO 50° | | | | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,90 - 1,28) | 1,09 | 7 | 7 | 0,23 | 23% | 7,62 |
| [1,28 - 1,67) | 1,47 | 4 | 11 | 0,13 | 13% | 5,89 |
| [1,67 - 2,05) | 1,86 | 8 | 19 | 0,27 | 27% | 14,86 |
| [2,05 - 2,43) | 2,24 | 5 | 24 | 0,17 | 17% | 11,21 |
| [2,43 - 2,82) | 2,63 | 1 | 25 | 0,03 | 3% | 2,63 |
| [2,82 - 3,20) | 3,01 | 5 | 30 | 0,17 | 17% | 15,05 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 57,25 |
| Media Aritmética | 1,91 | | | | | |

Tabla 50°-1: Distribución de frecuencias eje horizontal. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 50°-1 de distribución de frecuencias, el valor promedio de las longitudes del orificio es de 1,91cm. El intervalo de [1,67 – 2,05) centímetros es el que más se repite con 8 unidades sobre un total de 30 experiencias.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud orificio /calibre, el mismo dio como resultado 3,48. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Eje Vertical

| Longitud eje vertical – ORIFICIO 50 | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,86 - 1,26) | 1,06 | 6 | 6 | 0,20 | 20% | 6,36 |
| [1,26 - 1,65) | 1,46 | 5 | 11 | 0,17 | 17% | 7,28 |
| [1,65 - 2,05) | 1,85 | 6 | 17 | 0,20 | 20% | 11,11 |
| [2,05 - 2,44) | 2,25 | 7 | 24 | 0,23 | 23% | 15,73 |
| [2,44 - 2,84) | 2,64 | 4 | 28 | 0,13 | 13% | 10,57 |
| [2,84 - 3,24) | 3,04 | 2 | 30 | 0,07 | 7% | 6,08 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 57,13 |
| Media Aritmética | 1,90 | | | | | |

Tabla 50°-2: Distribución de frecuencias eje vertical. Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 50°-2 de distribución de frecuencias se desprende que el valor promedio es de 1,90cm. El intervalo [2,05 – 2,44) centímetros se repite 7 veces sobre un total de 30 ensayos, representando el 23%.

En la medición del eje horizontal (X) y vertical (Y) se observó que en el 46,67% de los orificios, el eje X es mayor que el eje Y. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Morfología del bisel

Del total de 30 probetas, se observó que el 10% tiene una morfología de corona circular y el restante 90% es de aro ovoidal. En cuanto al su LEI el 96.67% tiene un aspecto semicircular y el 3,33% es semioval, mientras que en el LED el 30% tiene un aspecto semicircular y el 70% es semioval (*imágenes n° 22,23,24,25*). (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Eje Horizontal

| Longitud total eje horizontal – BISEL 50° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [3,17 - 3,54) | 3,36 | 3 | 3 | 0,10 | 10% | 10,08 |
| [3,54 - 3,92) | 3,73 | 16 | 19 | 0,53 | 53% | 59,69 |
| [3,92 - 4,29) | 4,10 | 3 | 22 | 0,10 | 10% | 12,31 |
| [4,29 - 4,66) | 4,47 | 4 | 26 | 0,13 | 13% | 17,90 |
| [4,66 - 5,03) | 4,85 | 1 | 27 | 0,03 | 3% | 4,85 |
| [5,03 - 5,40) | 5,22 | 3 | 30 | 0,10 | 10% | 15,65 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 120,47 |
| Media Aritmética | 4,02 | | | | | |

Tabla 50°-3: Distribución de frecuencias eje horizontal-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 50°-3, el valor medio de las longitudes horizontales es de 4,02cm. En el intervalo de [3,54 – 3,92) centímetros hay 16 ensayos de 30, que representan el 53%.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud bisel /calibre, el mismo dio como resultado 7,30. (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Eje Vertical

| Longitud total eje vertical – BISEL 50° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [2,77 - 3,13) | 2,95 | 6 | 6 | 0,20 | 20% | 17,71 |
| [3,13 - 3,50) | 3,31 | 9 | 15 | 0,30 | 30% | 29,83 |
| [3,50 - 3,86) | 3,68 | 8 | 23 | 0,27 | 27% | 29,43 |
| [3,86 - 4,22) | 4,04 | 4 | 27 | 0,13 | 13% | 16,17 |
| [4,22 - 4,59) | 4,41 | 1 | 28 | 0,03 | 3% | 4,41 |
| [4,59 - 4,95) | 4,77 | 2 | 30 | 0,07 | 7% | 9,54 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 107,08 |

| | |
|------------------|------|
| Media Aritmética | 3,57 |
|------------------|------|

Tabla 50°-4: Distribución de frecuencias eje vertical-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 50°-4 de distribución de frecuencias, sobre un total de 30 ensayos, el promedio de las longitudes es de 3,57cm. El intervalo de [3,13 – 3,50) centímetros es el que más se repite con 9 unidades.

En la medición de de los ejes horizontal y vertical, se observó que en el 93,33% de los casos la longitud del eje horizontal es mayor que la del eje vertical y se aprecia un aplastamiento del bisel sobre el eje horizontal. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Dirección de Disparo

A fin de conocer la dirección del disparo, se analizaron separadamente la parcialidad izquierda y derecha del eje horizontal del bisel, para lo cual se midió desde el límite externo del bisel hasta el borde del orificio. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Semieje Horizontal Izquierdo

| BISEL IZQUIERDO – 50° | | | | | | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,51 - 0,65) | 0,58 | 3 | 3 | 0,10 | 10% | 1,74 |
| [0,65 - 0,79) | 0,72 | 8 | 11 | 0,27 | 27% | 5,79 |
| [0,79 - 0,94) | 0,87 | 4 | 15 | 0,13 | 13% | 3,46 |
| [0,94 - 1,08) | 1,01 | 7 | 22 | 0,23 | 23% | 7,06 |
| [1,08 - 1,22) | 1,15 | 6 | 28 | 0,20 | 20% | 6,91 |
| [1,22 - 1,37) | 1,29 | 2 | 30 | 0,07 | 7% | 2,59 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 27,55 |
| Media Aritmética | 0,92 | | | | | |

Tabla 50°-5: Distribución de frecuencias bisel izquierdo. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla de distribución de frecuencias 50°-5, el intervalo de [0,65 – 0,79) centímetros es donde más experiencias se repiten con 8 unidades sobre 30 muestras, representando el 27%. También se observa que el promedio de las longitudes del semieje izquierdo es de 0,92cm.

Semieje Horizontal Derecho

| BISEL DERECHO – 50° | | | | | | |
|---------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |

| | | | | | | |
|------------------|------|----|----|------|------|-------|
| [0,48 - 0,68) | 0,58 | 1 | 1 | 0,03 | 3% | 0,58 |
| [0,68 - 0,87) | 0,78 | 2 | 3 | 0,07 | 7% | 1,55 |
| [0,87 - 1,07) | 0,97 | 5 | 8 | 0,17 | 17% | 4,87 |
| [1,07 - 1,27) | 1,17 | 10 | 18 | 0,33 | 33% | 11,71 |
| [1,27 - 1,47) | 1,37 | 9 | 27 | 0,30 | 30% | 12,31 |
| [1,47 - 1,66) | 1,56 | 3 | 30 | 0,10 | 10% | 4,69 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 35,71 |
| Media Aritmética | 1,19 | | | | | |

Tabla 50°-6: Distribución de frecuencias bisel derecho. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla de distribución de frecuencias, el valor medio de las mediciones del semieje derecho es de 1,19cm. El intervalo [1,07 – 1,27) centímetros es el que se repite más veces, con 10 unidades sobre el total de 30.

Con el ángulo de incidencia a 50° el proyectil no incide perpendicularmente, por lo que se esperaba observar que la longitud del semieje izquierdo fuera menor a la del semieje derecho y se observó que el 76,67% de los casos el lado izquierdo era menor y en el 23,33% el lado derecho era menor.

| x_i | f_i | F_i | h_i | h_i (%) |
|-------------|-------|-------|-------|-----------|
| [03% - 12%) | 4 | 4 | 0,13 | 13% |
| [12% - 21%) | 6 | 10 | 0,20 | 20% |
| [21% - 30%) | 4 | 14 | 0,13 | 13% |
| [30% - 39%) | 7 | 21 | 0,23 | 23% |
| [39% - 48%) | 6 | 27 | 0,20 | 20% |
| [48% - 57%) | 3 | 30 | 0,10 | 10% |
| | 30 | | 1,00 | 100% |

Tabla 50°-7: Distribución de frecuencias diferencia bisel. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 50°7, en el intervalo [30% - 49%) diferencia entre el eje izquierdo y derecho es el que más se repite con 7 unidades sobre 30.

Pérdida de Material

Para explicar las diferencias entre los semiejes izquierdo y derecho, se analizó la pérdida de material de cada probeta, siguiendo un sistema de referencia circular dividido en 12 zonas como las horas de un reloj, midiendo en sentido horario. (Ver *anexo I – Libro de Códigos*)

| Distribución de frecuencias PERDIDA DE MATERIAL – 50° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |

| | | | | | | |
|-----------|-------|-----|-----|-------|--------|---------|
| [0 - 1) | 0,50 | 25 | 25 | 0,084 | 8,4% | 162,50 |
| [1 - 2) | 1,50 | 29 | 54 | 0,098 | 9,8% | 43,50 |
| [2 - 3) | 2,50 | 30 | 84 | 0,101 | 10,1% | 75,00 |
| [3 - 4) | 3,50 | 30 | 114 | 0,101 | 10,1% | 105,00 |
| [4 - 5) | 4,50 | 27 | 141 | 0,091 | 9,1% | 121,50 |
| [5 - 6) | 5,50 | 25 | 166 | 0,084 | 8,4% | 137,50 |
| [6 - 7) | 6,50 | 22 | 188 | 0,074 | 7,4% | 143,00 |
| [7 - 8) | 7,50 | 21 | 209 | 0,071 | 7,1% | 157,50 |
| [8 - 9) | 8,50 | 22 | 231 | 0,074 | 7,4% | 187,00 |
| [9 - 10) | 9,50 | 21 | 252 | 0,071 | 7,1% | 199,50 |
| [10 - 11) | 10,50 | 22 | 274 | 0,074 | 7,4% | 231,00 |
| [11 - 12) | 11,50 | 22 | 296 | 0,074 | 7,4% | 253,00 |
| Total | | 296 | | 1,000 | 100,0% | 1816,00 |

Tabla 50°-8: Distribución de frecuencias perdida de material. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla 50°-8 la perdida de material se distribuye alrededor de todo el orificio, siendo en los intervalo [2 - 3) y [3 - 4) donde se repiten más veces la perdida de material, con 30 unidades.

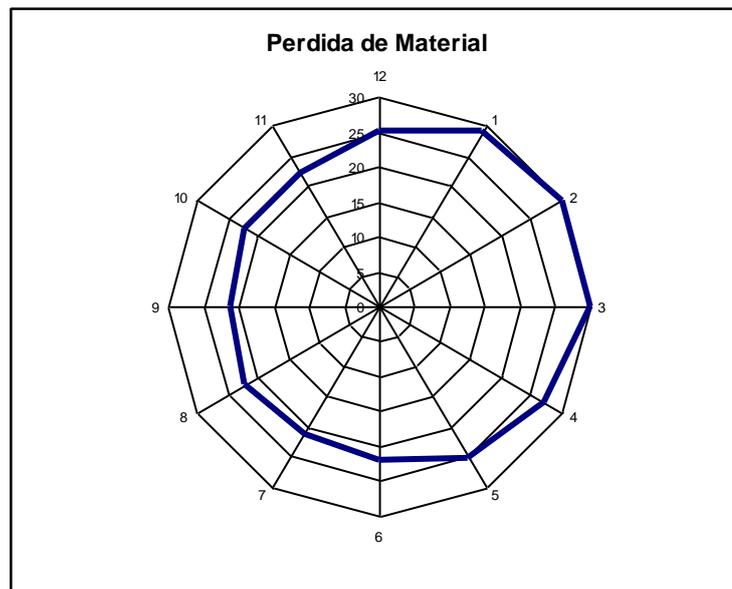


Ilustración 50°-7. Fuente: Elaboración Propia

Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 40°

Morfología del orificio

Se observó que del total de 30 ensayos, el 100% es irregular (*imagen n°25*), es decir con forma ovalada o amorfa, bordes romos y con pérdida de material.

De las experiencias de aspecto irregular, el 100% presenta el borde del orificio discontinuo (*imagen n°26*), es decir un corte abrupto en la línea que forma el borde. (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)



Imagen n°25: Aspecto irregular. Fuente: Elaboración Propia

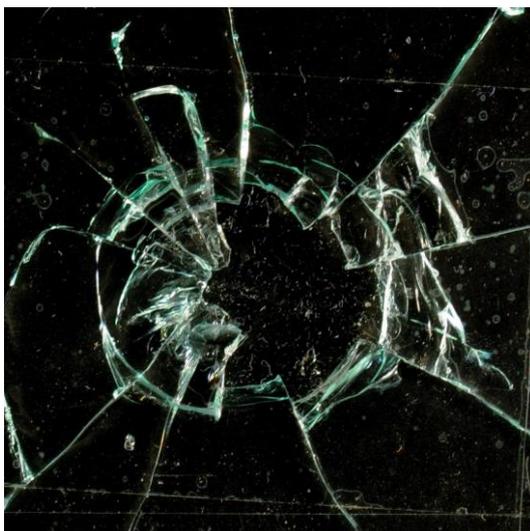


Imagen n°26: Discontinuo. Fuente: Elaboración Propia

Eje Horizontal

| Longitud eje horizontal - ORIFICIO 40° | | | | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [1,51 - 2,31) | 1,91 | 5 | 5 | 0,17 | 17% | 9,54 |
| [2,31 - 3,10) | 2,70 | 14 | 19 | 0,47 | 47% | 37,84 |
| [3,10 - 3,90) | 3,50 | 6 | 25 | 0,20 | 20% | 20,99 |
| [3,90 - 4,69) | 4,29 | 2 | 27 | 0,07 | 7% | 8,59 |
| [4,69 - 5,49) | 5,09 | 2 | 29 | 0,07 | 7% | 10,18 |
| [5,49 - 6,28) | 5,89 | 1 | 30 | 0,03 | 3% | 5,89 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 93,03 |
| Media Aritmética | 3,10 | | | | | |

Tabla 40°-1: Distribución de frecuencias eje horizontal. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 40°-1 de distribución de frecuencias, el valor promedio de las longitudes del orificio es de 3,10cm. El intervalo de [2,31 – 3,10) centímetros es el que más se repite con 14 unidades sobre un total de 30 experiencias.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud orificio /calibre, el mismo dio como resultado 5,53. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Eje Vertical

| Longitud eje vertical - ORIFICIO 40° | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [1,90 - 2,60) | 2,25 | 17 | 17 | 0,57 | 57% | 38,31 |
| [2,60 - 3,30) | 2,95 | 3 | 20 | 0,10 | 10% | 8,86 |
| [3,30 - 4,00) | 3,65 | 5 | 25 | 0,17 | 17% | 18,26 |
| [4,00 - 4,70) | 4,35 | 1 | 26 | 0,03 | 3% | 4,35 |
| [4,70 - 5,40) | 5,05 | 1 | 27 | 0,03 | 3% | 5,05 |
| [5,40 - 6,10) | 5,75 | 3 | 30 | 0,10 | 10% | 17,25 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 92,09 |
| Media Aritmética | 3,07 | | | | | |

Tabla 40°-2: Distribución de frecuencias eje vertical. Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 40°-2 de distribución de frecuencias se desprende que el valor promedio es de 3,07cm. El intervalo [1,90 – 2,60) centímetros se repite 17 veces sobre un total de 30 ensayos, representando el 57%.

En la medición del eje horizontal (X) y vertical (Y) se observó que en el 56,67% de los orificios, el eje X es mayor que el eje Y. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Morfología del bisel

Del total de 30 probetas, se observó que el 90% tiene una morfología de aro ovoidal y el 10% restante amorfa. En cuanto a su LEI el 66,67% tiene un aspecto semicircular, el 23,33% es semielíptico y el 10% es amorfo; mientras que en el LED el 90% tiene un aspecto semielíptico y el 10% amorfo (*imágenes n° 26, 27, 28, 29*). (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Eje Horizontal

| Longitud total eje horizontal – BISEL 40° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [4,00 - 4,71) | 4,36 | 14 | 14 | 0,47 | 47% | 60,99 |
| [4,71 - 5,42) | 5,07 | 5 | 19 | 0,17 | 17% | 25,34 |
| [5,42 - 6,14) | 5,78 | 6 | 25 | 0,20 | 20% | 34,69 |
| [6,14 - 6,85) | 6,49 | 4 | 29 | 0,13 | 13% | 25,97 |
| [6,85 - 7,56) | 7,21 | 0 | 29 | 0,00 | 0% | 0,00 |
| [7,56 - 8,27) | 7,92 | 1 | 30 | 0,03 | 3% | 7,92 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 154,90 |
| Media Aritmética | 5,16 | | | | | |

Tabla 40°-3: Distribución de frecuencias eje horizontal-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 40°-3, el valor medio de las longitudes horizontales del bisel es de 4,02cm. En el intervalo de [4,00 – 4,71) centímetros hay 14 experiencias de 30, que representan el 47%.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud bisel /calibre, el mismo dio como resultado 9,37. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Eje Vertical

| Longitud total eje vertical – BISEL 40° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [3,48 - 4,07) | 3,78 | 10 | 10 | 0,33 | 33% | 37,75 |
| [4,07 - 4,66) | 4,36 | 8 | 18 | 0,27 | 27% | 34,91 |
| [4,66 - 5,25) | 4,95 | 7 | 25 | 0,23 | 23% | 34,67 |

| | | | | | | |
|------------------|------|----|----|------|------|--------|
| [5,25 - 5,84) | 5,54 | 2 | 27 | 0,07 | 7% | 11,08 |
| [5,84 - 6,43) | 6,13 | 0 | 27 | 0,00 | 0% | 0,00 |
| [6,43 - 7,01) | 6,72 | 3 | 30 | 0,10 | 10% | 20,16 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 138,58 |
| Media Aritmética | 4,62 | | | | | |

Tabla 40°-4: Distribución de frecuencias eje vertical-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 40°-4 de distribución de frecuencias, sobre un total de 30 muestras, el promedio de las longitudes es de 4,62cm. El intervalo de [3,48 – 4,07) centímetros es el que más se repite con 10 unidades.

En la medición de de los ejes horizontal y vertical, se observó que en el 93,33% de los casos la longitud del eje horizontal es mayor que la del eje vertical y se aprecia un aplanamiento del bisel sobre el eje horizontal. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Dirección de Disparo

A fin de conocer la dirección del disparo, se analizaron separadamente la parcialidad izquierda y derecha del eje horizontal del bisel, para lo cual se midió desde el límite externo del bisel hasta el borde del orificio. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Semieje Horizontal Izquierdo

| BISEL IZQUIERDO - 40° | | | | | | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,23 - 0,49) | 0,36 | 3 | 3 | 0,10 | 10% | 1,08 |
| [0,49 - 0,74) | 0,61 | 3 | 6 | 0,10 | 10% | 1,84 |
| [0,74 - 1,00) | 0,87 | 12 | 18 | 0,40 | 40% | 10,44 |
| [1,00 - 1,25) | 1,13 | 8 | 26 | 0,27 | 27% | 9,00 |
| [1,25 - 1,51) | 1,38 | 3 | 29 | 0,10 | 10% | 4,14 |
| [1,51 - 1,76) | 1,64 | 1 | 30 | 0,03 | 3% | 1,64 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 28,14 |
| Media Aritmética | 0,94 | | | | | |

Tabla 40°-5: Distribución de frecuencias bisel izquierdo. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla de distribución de frecuencias 40°-5, el intervalo de [0,74 – 1,0) centímetros es donde más ensayos se repiten con 12 unidades sobre 30, representando el 40%. También se observa que el promedio de las longitudes del semieje izquierdo es de 0,94cm.

Semieje Horizontal Derecho

| BISEL DERECHO – 40° | | | | | | |
|---------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,49 - 0,77) | 0,63 | 2 | 2 | 0,07 | 7% | 1,26 |
| [0,77 - 1,05) | 0,91 | 8 | 10 | 0,27 | 27% | 7,27 |
| [1,05 - 1,33) | 1,19 | 10 | 20 | 0,33 | 33% | 11,87 |
| [1,33 - 1,61) | 1,47 | 7 | 27 | 0,23 | 23% | 10,26 |
| [1,61 - 1,88) | 1,75 | 2 | 29 | 0,07 | 7% | 3,49 |
| [1,88 - 2,16) | 2,02 | 1 | 30 | 0,03 | 3% | 2,02 |
| | | 30 | | 1,00 | 100% | 36,18 |
| Media Aritmética | 1,21 | | | | | |

Tabla 40°-6: Distribución de frecuencias bisel derecho. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla de distribución de frecuencias, el valor medio de las mediciones del semieje derecho es de 1,21cm. El intervalo [1,05 – 1,33) centímetros es el que se repite más veces, con 10 unidades sobre el total de 30.

Con el ángulo de incidencia a 40° el proyectil no incide perpendicularmente, por lo que se esperaba observar que la longitud del semieje izquierdo fuera menor a la del semieje derecho y se observó que el 73,33% de los casos el lado izquierdo era menor y en el 26,27% el lado derecho era menor.

| x_i | f_i | F_i | h_i | h_i (%) |
|-------------|-------|-------|-------|-----------|
| [03% - 15%) | 8 | 8 | 0,27 | 27% |
| [15% - 27%) | 9 | 17 | 0,30 | 30% |
| [27% - 39%) | 5 | 22 | 0,17 | 17% |
| [39% - 51%) | 1 | 23 | 0,03 | 3% |
| [51% - 63%) | 5 | 28 | 0,17 | 17% |
| [63% - 75%) | 2 | 30 | 0,07 | 7% |
| | 30 | | 1,00 | 100% |

Tabla 40°-7: Distribución de frecuencias diferencia bisel. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 40°-7, en el intervalo [15% - 27%) diferencia entre el eje izquierdo y derecho es el que más se repite con 9 unidades sobre 30.

Pérdida de Material

Para explicar las diferencias entre los semiejes izquierdo y derecho, se analizó la pérdida de material de cada probeta, siguiendo un sistema de referencia circular

dividido en 12 zonas como las horas de un reloj, midiendo en sentido horario. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

| Distribución de frecuencias PERDIDA DE MATERIAL – 40° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0 – 1) | 0,50 | 29 | 29 | 0,088 | 8,8% | 188,50 |
| [1 – 2) | 1,50 | 30 | 59 | 0,091 | 9,1% | 45,00 |
| [2 – 3) | 2,50 | 30 | 89 | 0,091 | 9,1% | 75,00 |
| [3 – 4) | 3,50 | 30 | 119 | 0,091 | 9,1% | 105,00 |
| [4 – 5) | 4,50 | 30 | 149 | 0,091 | 9,1% | 135,00 |
| [5 – 6) | 5,50 | 30 | 179 | 0,091 | 9,1% | 165,00 |
| [6 – 7) | 6,50 | 27 | 206 | 0,082 | 8,2% | 175,50 |
| [7 – 8) | 7,50 | 25 | 231 | 0,076 | 7,6% | 187,50 |
| [8 – 9) | 8,50 | 24 | 255 | 0,073 | 7,3% | 204,00 |
| [9 – 10) | 9,50 | 24 | 279 | 0,073 | 7,3% | 228,00 |
| [10 – 11) | 10,50 | 25 | 304 | 0,076 | 7,6% | 262,50 |
| [11 – 12) | 11,50 | 27 | 331 | 0,082 | 8,2% | 310,50 |
| Total | | 331 | | 1,00 | 100% | 2081,50 |

Tabla 40°-8: Distribución de frecuencias perdida de material. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla 40°-8 la perdida de material se distribuye alrededor de todo el orificio, siendo en los intervalos [2 – 3), [3 – 4), [4 – 5) y [5 – 6) donde se repiten más veces la perdida de material, con 30 unidades.

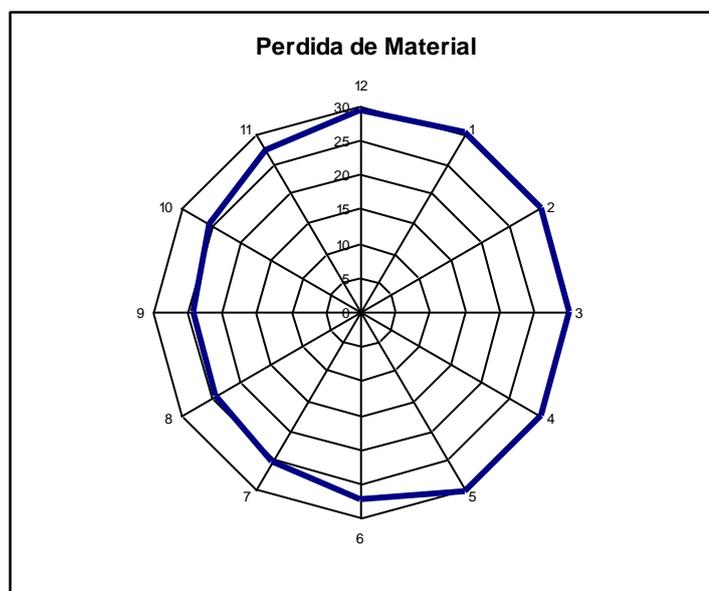


Ilustración 40°-7. Fuente: Elaboración Propia

Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 30°

Morfología del orificio

Se observó que del total de 30 experiencias, el 100% es irregular (*imagen n°27*), es decir con forma ovalada o amorfa, bordes romos y con pérdida de material.

De las experiencias de aspecto irregular, el 100% presenta borde del orificio discontinuo (*imagen n°28*), es decir un corte abrupto en la línea que forma el borde. (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)



Imagen n°27: Aspecto irregular. Fuente: Elaboración Propia



Imagen n°28: Discontinuo. Fuente: Elaboración Propia

Eje Horizontal

| Longitud eje horizontal – ORIFICIO 30° | | | | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [2,17 - 3,27) | 2,72 | 6 | 6 | 0,22 | 22% | 16,33 |
| [3,27 - 4,37) | 3,82 | 11 | 17 | 0,41 | 41% | 42,03 |
| [4,37 - 5,47) | 4,92 | 6 | 23 | 0,22 | 22% | 29,52 |
| [5,47 - 6,57) | 6,02 | 2 | 25 | 0,07 | 7% | 12,04 |
| [6,57 - 7,67) | 7,12 | 1 | 26 | 0,04 | 4% | 7,12 |
| [7,67 - 8,77) | 8,22 | 1 | 27 | 0,04 | 4% | 8,22 |
| | | 27 | | 1,00 | 100% | 115,26 |
| Media Aritmética | 4,27 | | | | | |

Tabla 30°-1: Distribución de frecuencias eje horizontal. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 30°-1 de distribución de frecuencias, el valor promedio de las longitudes del orificio es de 4,27cm. El intervalo de [3,27 – 4,37) centímetros es el que más se repite con 11 unidades sobre un total de 27 ensayos.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud orificio /calibre, el mismo dio como resultado 7,58. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Eje Vertical

| Longitud eje vertical – ORIFICIO 30° | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [2,17 - 3,47) | 2,82 | 12 | 12 | 0,44 | 44% | 33,86 |
| [3,47 - 4,77) | 4,12 | 7 | 19 | 0,26 | 26% | 28,84 |
| [4,77 - 6,07) | 5,42 | 4 | 23 | 0,15 | 15% | 21,67 |
| [6,07 - 7,37) | 6,72 | 3 | 26 | 0,11 | 11% | 20,15 |
| [7,37 - 8,66) | 8,01 | 0 | 26 | 0,00 | 0% | 0,00 |
| [8,66 - 9,96) | 9,31 | 1 | 27 | 0,04 | 4% | 9,31 |
| | | 27 | | 1,00 | 100% | 113,84 |
| Media Aritmética | 4,22 | | | | | |

Tabla 30°-2: Distribución de frecuencias eje vertical. Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 30°-2 de distribución de frecuencias se desprende que el valor promedio es de 4,22cm. El intervalo [2,17 – 3,47) centímetros se repite 12 veces sobre un total de 27 ensayos, representando el 44%.

En la medición del eje horizontal (X) y vertical (Y) se observó que en el 51,85% de los orificios, el eje X es mayor que el eje Y. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

Morfología del bisel

Del total de 27 probetas, se observó que el 7,41% tiene una morfología de corona circular, el 81,48% tiene una morfología de aro ovoidal y el 11,11% restante amorfa. En cuanto al su LEI el 77,78% tiene un aspecto semicircular, el 11,11% es semielíptico y el 11,11% es amorfo, mientras que en el borde derecho el 81,48% tiene un aspecto semielíptico, el 7,41% es semicircular y el 11,11% es amorfo (*imágenes n° 26, 27, 28, 29*). (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Eje Horizontal

| Longitud total eje horizontal – BISEL 30° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [3,81 - 4,63) | 4,22 | 3 | 3 | 0,11 | 11% | 12,66 |
| [4,63 - 5,46) | 5,05 | 9 | 12 | 0,33 | 33% | 45,43 |
| [5,46 - 6,29) | 5,87 | 8 | 20 | 0,30 | 30% | 47,00 |
| [6,29 - 7,12) | 6,70 | 5 | 25 | 0,19 | 19% | 33,51 |
| [7,12 - 7,94) | 7,53 | 1 | 26 | 0,04 | 4% | 7,53 |
| [7,94 - 8,77) | 8,36 | 1 | 27 | 0,04 | 4% | 8,36 |
| | | 27 | | 1,00 | 100% | 154,49 |
| Media Aritmética | 5,72 | | | | | |

Tabla 30°-3: Distribución de frecuencias eje horizontal-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 40°-3, el valor medio de las longitudes horizontales del bisel es de 5,72cm. En el intervalo de [4,63 – 5,46) centímetros hay 9 experiencias de 27, que representan el 33%.

Con el valor medio de las longitudes se obtuvo la relación longitud bisel /calibre, el mismo dio como resultado 12,37. (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Eje Vertical

| Longitud total eje vertical – BISEL 30° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [3,30 - 4,04) | 3,67 | 4 | 4 | 0,15 | 15% | 14,67 |
| [4,04 - 4,78) | 4,41 | 8 | 12 | 0,30 | 30% | 35,25 |
| [4,78 - 5,51) | 5,15 | 6 | 18 | 0,22 | 22% | 30,87 |
| [5,51 - 6,25) | 5,88 | 5 | 23 | 0,19 | 19% | 29,42 |
| [6,25 - 6,99) | 6,62 | 2 | 25 | 0,07 | 7% | 13,25 |
| [6,99 - 7,73) | 7,36 | 2 | 27 | 0,07 | 7% | 14,72 |

| | | | | | |
|------------------|------|----|------|------|--------|
| | | 27 | 1,00 | 100% | 138,18 |
| Media Aritmética | 5,12 | | | | |

Tabla 30°-4: Distribución de frecuencias eje vertical-bisel. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 30°-4 de distribución de frecuencias, sobre un total de 27 ensayos, el promedio de las longitudes es de 5,12cm. El intervalo de [4,04 – 4,48) centímetros es el que más se repite con 8 unidades.

En la medición de de los ejes horizontal y vertical, se observó que en el 88,89% de los casos la longitud del eje horizontal es mayor que la del eje vertical y se aprecia un aplanamiento del bisel sobre el eje horizontal. (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Dirección de Disparo

A fin de conocer la dirección del disparo, se analizaron separadamente la parcialidad izquierda y derecha del eje horizontal del bisel, para lo cual se midió desde el límite externo del bisel hasta el borde del orificio. (*Ver anexo I – Libro de Códigos*)

Semieje Horizontal Izquierdo

| BISEL IZQUIERDO – 30° | | | | | | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,00 - 0,23) | 0,12 | 3 | 3 | 0,11 | 11% | 0,35 |
| [0,23 - 0,47) | 0,35 | 4 | 7 | 0,15 | 15% | 1,40 |
| [0,47 - 0,70) | 0,58 | 6 | 13 | 0,22 | 22% | 3,50 |
| [0,70 - 0,93) | 0,82 | 7 | 20 | 0,26 | 26% | 5,71 |
| [0,93 - 1,17) | 1,05 | 6 | 26 | 0,22 | 22% | 6,30 |
| [1,17 - 1,40) | 1,28 | 1 | 27 | 0,04 | 4% | 1,28 |
| | | 27 | | 1,00 | 100% | 18,54 |
| Media Aritmética | 0,69 | | | | | |

Tabla 30°-5: Distribución de frecuencias bisel izquierdo. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla de distribución de frecuencias 30°-5, el intervalo de [0,70 – 0,93) centímetros es donde más ensayos se repiten con 7 unidades sobre 27, representando el 26% También se observa que el promedio de las longitudes del semieje izquierdo es de 0,69cm.

Semieje Horizontal Derecho

| BISEL DERECHO – 30° | | | | | | |
|---------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0,00 - 0,29) | 0,14 | 3 | 3 | 0,11 | 11% | 0,43 |
| [0,29 - 0,57) | 0,43 | 5 | 8 | 0,19 | 19% | 2,15 |
| [0,57 - 0,86) | 0,72 | 7 | 15 | 0,26 | 26% | 5,02 |
| [0,86 - 1,15) | 1,00 | 4 | 19 | 0,15 | 15% | 4,02 |
| [1,15 - 1,43) | 1,29 | 7 | 26 | 0,26 | 26% | 9,04 |
| [1,43 - 1,72) | 1,58 | 1 | 27 | 0,04 | 4% | 1,58 |
| | | 27 | | 1,00 | 100% | 22,23 |
| Media Aritmética | 0,82 | | | | | |

Tabla 30°-6: Distribución de frecuencias bisel derecho. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla de distribución de frecuencias, el valor medio de las mediciones del semieje derecho es de 0,82cm. El intervalo [0,57 – 0,86) centímetros es el que se repite más veces, con 10 unidades sobre el total de 27.

Con el ángulo de incidencia a 30° el proyectil no incide perpendicularmente, por lo que se esperaba observar que la longitud del semieje izquierdo fuera menor a la del semieje derecho y se observó que el 66,67% de los casos el lado izquierdo era menor y en el 33,33% el lado derecho era menor.

| x_i | f_i | F_i | h_i | h_i (%) |
|-------------|-------|-------|-------|-----------|
| [0% - 15%) | 7 | 7 | 0,26 | 26% |
| [15% - 30%) | 5 | 12 | 0,19 | 19% |
| [30% - 45%) | 8 | 20 | 0,30 | 30% |
| [45% - 60%) | 4 | 24 | 0,15 | 15% |
| [60% - 74%) | 1 | 25 | 0,04 | 4% |
| [74% - 89%) | 2 | 27 | 0,07 | 7% |
| | 27 | | 1,00 | 100% |

Tabla 30°-7: Distribución de frecuencias diferencia bisel. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 30°-7, en el intervalo [30% - 45%) diferencia entre el eje izquierdo y derecho es el que más se repite con 8 unidades sobre 27.

Pérdida de Material

Para explicar las diferencias entre los semiejes izquierdo y derecho, se analizó la pérdida de material de cada probeta, siguiendo un sistema de referencia circular

dividido en 12 zonas como las horas de un reloj, midiendo en sentido horario. (Ver anexo I – Libro de Códigos)

| Distribución de frecuencias PERDIDA DE MATERIAL - 30° | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-----------|----------------------|
| x_i | Marca de clase | f_i | F_i | h_i | h_i (%) | Marca de clase f_i |
| [0 – 1) | 0,50 | 26 | 26 | 0,084 | 8,4% | 169,00 |
| [1 – 2) | 1,50 | 27 | 53 | 0,087 | 8,7% | 40,50 |
| [2 – 3) | 2,50 | 27 | 80 | 0,087 | 8,7% | 67,50 |
| [3 – 4) | 3,50 | 27 | 107 | 0,087 | 8,7% | 94,50 |
| [4 – 5) | 4,50 | 27 | 134 | 0,087 | 8,7% | 121,50 |
| [5 – 6) | 5,50 | 26 | 160 | 0,084 | 8,4% | 143,00 |
| [6 – 7) | 6,50 | 25 | 185 | 0,081 | 8,1% | 162,50 |
| [7 – 8) | 7,50 | 25 | 210 | 0,081 | 8,1% | 187,50 |
| [8 – 9) | 8,50 | 24 | 234 | 0,077 | 7,7% | 204,00 |
| [9 – 10) | 9,50 | 24 | 258 | 0,077 | 7,7% | 228,00 |
| [10 – 11) | 10,50 | 26 | 284 | 0,084 | 8,4% | 273,00 |
| [11 – 12) | 11,50 | 26 | 310 | 0,084 | 8,4% | 299,00 |
| Total | | 310 | | 1,00 | 100% | 1990,00 |

Tabla 30°-8: Distribución de frecuencias perdida de material. Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla 30°-8 la perdida de material se distribuye alrededor de todo el orificio, siendo en los intervalos [1 – 2), [2 - 3), [3 – 4) y [4 – 5) donde se repiten más veces la perdida de material, con 27 unidades.

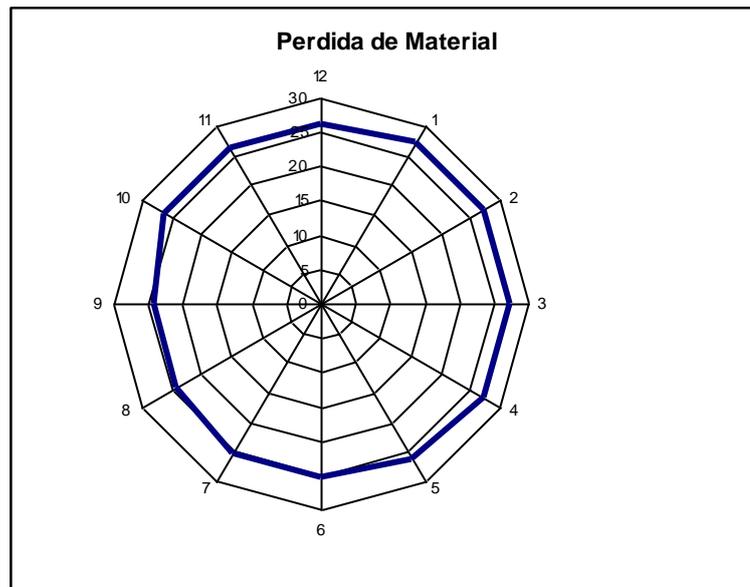


Ilustración 30°-7. Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

- *Discusión de Resultados*

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Orificio

1.1. Morfología

Locles (2005) indica que cuando un proyectil incide perpendicularmente en un vidrio, el orificio de entrada es circular. En cambio cuando el proyectil incide por uno de los lados, el orificio presenta una forma ovoide.

De acuerdo a la investigación realizada, la forma de los orificios para el ángulo de 90° donde el proyectil incidió de manera perpendicular, fue circular. Esta característica solo pudo observarse en menos de la mitad de los ensayos (46,67%) debido a que en gran parte de las experiencias, las probetas sufrieron pérdida de material, imposibilitando la apreciación de la morfología original del mismo. En el 53,33% restante se encontraron diferentes formas irregulares como oval o amorfo.

A medida que el ángulo fue decreciendo, se advirtió que la proporción de orificios con forma irregular fue aumentando.

Para las incidencias de 80° se observó que el 30% de las probetas presentaron orificios con forma circular frente al 70% con forma irregular con pérdida de material.

En el ángulo de incidencia de 70° , los orificios irregulares con pérdida de material se presentaron en el 86,67% de los ensayos, mientras que solo en el 13,33% de probetas los orificios fueron circulares.

En la trayectoria incidente de 60° solo un ensayo (3,33%) tenía una forma circular; los 29 ensayos restantes presentaban pérdida de material por lo que no se pudo apreciar la forma original del orificio.

A partir de los ángulos de incidencia de 50° la totalidad de las probetas presentaban orificios con pérdida de material y diferentes formas.

Con lo analizado anteriormente se cumple parcialmente lo que indica Locles que el orificio tiene forma circular cuando el proyectil incide perpendicularmente, solo en aquellos que no fueron afectados por la pérdida de material. En cuanto a los ensayos con

incidencia oblicua, en lo que no fueron afectados por la pérdida de material, la forma observada fue circular.

En coincidencia con Peñaranda (2013) se observa un predominio de formas irregulares en todos los ángulos.

1.2. Longitud de Ejes

En la medición del eje horizontal y vertical, se observó en el ángulo de incidencia de 90° , pese a la pérdida de material existente, un equilibrio en las longitudes. El 50% de los casos el eje horizontal mayor que el eje vertical. También se observó que los valores medios fueron muy próximos entre sí, con 1,12cm para el eje horizontal y 1,10cm para el eje vertical. La relación longitud orificio /calibre que se obtuvo para este ángulo incidente fue de 1,99.

En las trayectorias incidentes a 80° se apreció una menor cantidad de ensayos con el eje horizontal mayor al eje vertical (33,33%), teniendo en cuenta la pérdida de material. En cuanto a los valores promedios, se apreció un leve aumento con respecto a los ensayos a 90° , con una longitud en el eje horizontal de 1,24cm y en el eje vertical 1,25cm; como se puede observarse, al igual que en los casos de 90° los valores son muy próximos entre sí. Por último la relación longitud orificio /calibre correspondiente para este ángulo de incidencia fue de 2,25.

En el caso de las experimentaciones a 70° , se volvió a observar un mayor número de ensayos con el eje horizontal mayor al vertical, siendo las proporciones 63,33% y 36,67% respectivamente. Se advirtió que las medias de los ambos ejes tienen el mismo valor con 1,13cm y al contrario de lo que se esperaba tienen un valor menor a las del ángulo de incidencia anterior. La relación longitud orificio /calibre obtenida fue de 2,07.

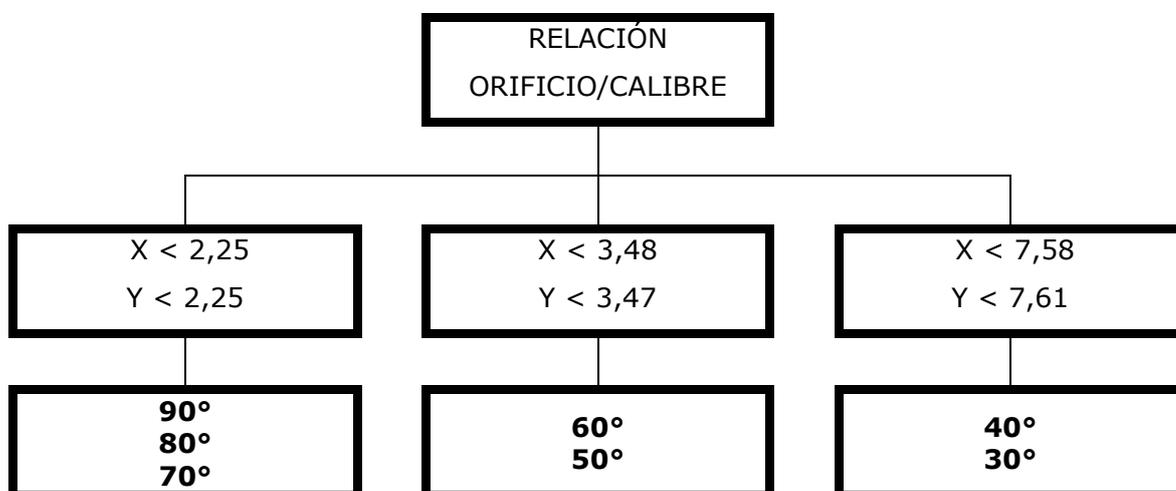
En las trayectorias incidentes con un ángulo de 60° se advirtió un mayor equilibrio que el ángulo precedente, teniendo el 56,67% de los ensayos el eje horizontal mayor al eje vertical, considerando en la medición a la pérdida de material. Respecto sus valores centrales, el correspondiente al eje horizontal fue de 1,63cm y el del eje vertical fue de 1,65cm; se advierte un aumento mayor en los valores y se sigue manteniendo un equilibrio entre ambos valores. La relación(orificio)/calibre observada fue de 2,98

En los ensayos a 50° se revirtió la tendencia de los ángulos anteriores. La proporción de las longitudes del eje horizontal sobre el vertical es menor con un 46,67% y un 50% respectivamente; el 3,33% faltante corresponde a un ensayo donde las longitudes de ambos ejes fueron iguales. Los valores medios volvieron a ser cercanos, con 1,90cm en el eje horizontal y 1,91cm en el eje vertical. La relación longitud orificio /calibre correspondiente a este ángulo incidente fue de 3,48.

En los ángulos de incidencia a 40° se observó que en el 56,67% de los ensayos el eje horizontal es mayor que el eje vertical, teniendo en cuenta la pérdida de material. Con respecto a los valores medios, se registró un aumento notable de los valores, siendo para el eje horizontal 3,10cm y para el eje vertical 3,07cm. En este caso se repite la semejanza entre los valores horizontal y vertical como en los ángulos precedentes. Por último la relación longitud orificio /calibre obtenida fue de 5,53.

Por último en la trayectoria incidente de 30° la proporción de ensayos donde el eje horizontal es mayor al vertical es de 51,85%. En cuanto a los valores promedios, los mismos fueron de 4,27cm para el eje horizontal y de 4,22cm para el eje vertical, se observa otro aumento notable de los promedios y al igual que los casos anteriores los valores son próximos en si. La relación longitud orificio /calibre correspondiente a este ángulo de incidencia fue de 7,58.

De lo anteriormente expuesto se advierte una preponderancia de la longitud del eje horizontal sobre el vertical en los ángulos ensayados salvo en el caso de las experimentaciones a 50° , siempre teniendo en cuenta que la pérdida de material influye directamente en las mediciones. También se advierte que los valores medios de las longitudes horizontales y verticales aumentan a medida que el ángulo decrece.



2. Bisel

2.1. Morfología General

Al hablar sobre el orificio en vidrios, Guzmán (2000) dice que este tiene forma cónica, cuyo vértice indica el lado por donde entró el proyectil, expulsando de un solo lado del mismo numerosas y pequeñas escamas de vidrio despedidas con violencia. Esta definición se ajusta más a la descripción del bisel que del orificio.

En la investigación se observó que la morfología de los biseles de los ensayos a 90° , donde el proyectil incide perpendicularmente, era de corona circular en el 100% de los casos.

En los ensayos con ángulo de incidencia a 80° , la forma de corona circular alcanzó el 86,67% de los experimentos, mientras que el 13,33% restante presentó una forma de aro ovoidal.

La trayectoria incidente a 70° presentó en el 73,33% de las probetas una morfología de corona circular y en el 26,67% una morfología de aro ovoidal.

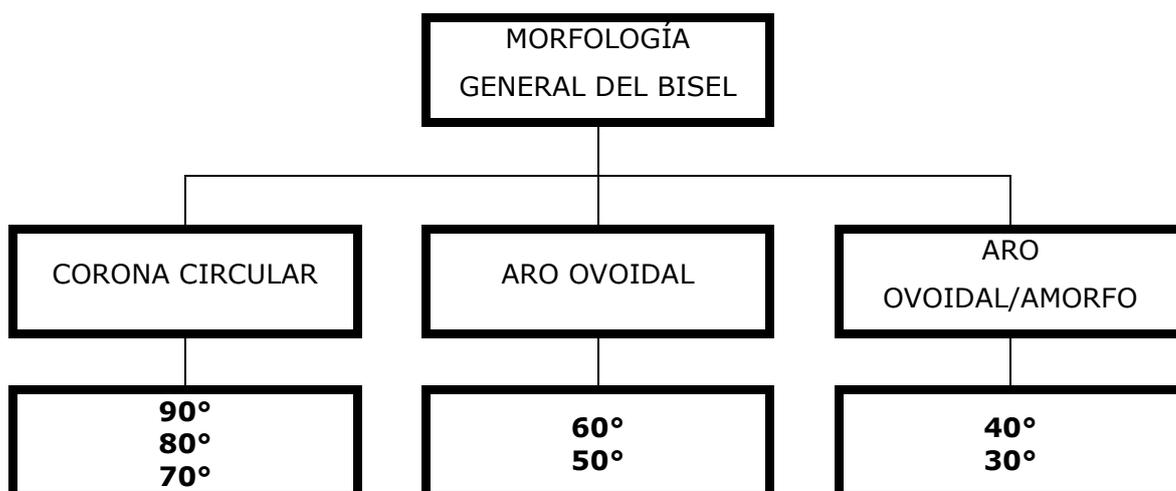
Para el ángulo de incidencia de 60° se observó que el 23,33% de los ensayos tiene una forma de corona circular y el 76,66% tiene forma de aro ovoidal.

En los ensayos a 50° la morfología de corona circular alcanzó solo al 10% de las probetas, teniendo el 90% una morfología de aro ovoidal.

En el caso de los ensayos a 40° el 90% de las probetas presentó una morfología de aro ovoidal y el 10% restante amorfa.

Finalmente en la trayectoria incidente a 30° se observó que el 7,41% tenía una forma de corona circular, el 81,48% presentaba una morfología de aro ovoidal y el restante 11,11% amorfa.

De lo enunciado anteriormente se advierte que a medida que el ángulo de incidencia decrece, la predominancia de la morfología cambia de corona circular a la de aro ovoidal.



2.2. Longitud de Ejes del Bisel

En la medición del eje horizontal y vertical, se observó en el ángulo de 90° que en un 63,67% de los casos el eje horizontal es mayor que el eje vertical. También se observó una similitud en los valores medios, con 3,15cm para el eje horizontal y 3,08cm para el eje vertical. La relación longitud bisel /calibre observada fue de 5,69.

En la trayectoria incidente de 80° se observó que el eje horizontal es mayor al eje vertical en un 60% de los ensayos. En cuanto a los valores promedios, se apreció un leve aumento con respecto a la muestra anterior, teniendo el eje horizontal 3,41cm de longitud y el eje vertical 3,34cm; como se puede observarse, al igual que en los casos de 90° los valores son muy próximos entre sí. La relación longitud bisel /calibre correspondiente para este ángulo de incidencia fue de 6,16.

En el caso de los ensayos a 70° , se volvió a observar un mayor número de ensayos con el eje horizontal mayor al vertical, siendo las proporciones 66,67% y 33,33% respectivamente. Con respecto a los promedios, para el eje horizontal es de 3,27cm y para el eje vertical es 3,13cm y al contrario de lo que se esperaba tienen un valor menor a las del ángulo anterior. La relación longitud bisel /calibre observada en este ángulo incidente fue de 5,97.

Para la trayectoria de incidencia a 60° se observó que el 83,33% de los ensayos que el eje horizontal es mayor al eje vertical. Respecto a sus valores promedio, el correspondiente al eje horizontal fue de 3,67cm y el del eje vertical fue de 3,40cm; se

advierte un aumento mayor en los valores. La relación longitud bisel /calibre que se observó en este ángulo de incidencia fue de 6,68.

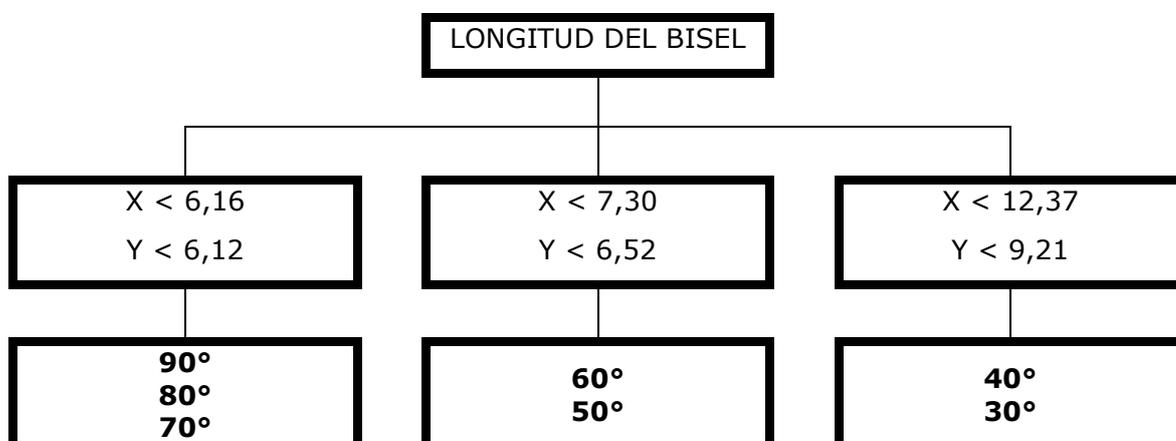
En los ensayos a 50° la proporción de la longitud del eje horizontal mayor al eje vertical es de 93,33%. Los valores medios registrados son 4,02cm en el eje horizontal y 3,57cm en el eje vertical. La relación longitud bisel /calibre observada fue de 7,30.

En los ensayos a 40° se observó que en el 93,33% de los ensayos el eje horizontal es mayor que el eje vertical. Con respecto a los valores medios observó que para el eje horizontal es de 5,16cm y para el eje vertical es de 4,62cm. Por último La relación longitud bisel /calibre que se observó fue de 9,37.

Por último en el ángulo de incidencia a 30° la proporción de ensayos donde el eje horizontal es mayor al vertical es de 88,89%. En cuanto a los valores promedios, los mismos fueron de 5,72cm para el eje horizontal y de 5,12cm para el eje vertical. Finalmente la relación longitud bisel /calibre observada en este ángulo de incidencia fue de 12,37.

De lo anteriormente expuesto se advierte una predominancia de la longitud del eje horizontal sobre el vertical en ángulos ensayados. Se advierte que los valores medios de las longitudes aumentan a medida que el ángulo decrece.

Tanto la morfología del bisel como sus longitudes horizontales y verticales no son afectadas por la pérdida de material. Al contrario de lo que ocurre con el orificio, que tanto su morfología como sus dimensiones cambian de las originales cuando hay pérdida de material. Por este motivo se rescata el valor del bisel como signo para conocer el ángulo de incidencia. Esta valorización no ha sido contemplada en el marco teórico disponible.



2.3. Dirección de disparo

Complementariamente a las mediciones del punto anterior se midió la longitud de los semiejes izquierdo y derecho, donde en una situación ideal se esperaría que en el ángulo de incidencia perpendicular estos tuvieran valores similares y a medida que el ángulo decreciera, el semieje del lado proveniente del proyectil fuera menor al del lado contrario. Pero estos valores son directamente afectados por la pérdida de material, por lo que podría modificar el comportamiento esperado

En la trayectoria incidente a 90° se observó que en el 56,67% de los ensayos el semieje izquierdo era menor al semieje derecho, en el 40% el semieje derecho era mayor y en el 3,33% restante ambos semiejes eran iguales. También se registró un promedio de 0,98cm para el semieje izquierdo y de 1,07cm en el semieje derecho. Como se puede apreciar la diferencia entre los promedios es ínfima con 0,09cm.

En los ensayos a 80° se observó que en el 56,67% de los casos el semieje izquierdo es menor. Con respecto a los valores medios, en el semieje izquierdo es de 1,04cm y del semieje derecho es de 1,10cm. Al igual que en la muestra anterior la diferencia es despreciable.

En cuanto a los ensayos a 70° , se distinguió que en el 66,67% de los ensayos el semieje izquierdo era menor. Además se obtuvo un promedio de 1,02cm en el semieje izquierdo y de 1,13cm en el semieje derecho. Coincidiendo con los ángulos anteriores la diferencia entre los semiejes es insignificante.

Para la muestra de 60° se registró que en el 83,33% de las probetas el eje izquierdo era menor. También se obtuvo un promedio de 0,88cm para el semieje izquierdo y de 1,16cm para el semieje derecho.

En el ángulo de incidencia a 50° se observó que en el 76,67% el semieje izquierdo era menor. Con respecto a los promedios, para el semieje izquierdo fue de 0,92cm y para el semieje derecho fue de 1,19cm.

En cuanto a los ensayos a 40° , en el 76,67% de los casos el semieje izquierdo es menor. El promedio correspondiente al semieje izquierdo es de 0,94cm y al semieje derecho es de 1,21cm.

Finalmente en la trayectoria incidente de 30° se observó que en el 66,67% de los ensayos el semieje izquierdo es menor. Y con respecto a los valores promedios, para el semieje izquierdo es de 0,69cm y para el semieje derecho es de 0,82cm.

Del análisis de los datos previamente expuestos se desprende que tal como se preveía, en los impactos a 90° las longitudes de los semiejes son similares, pero también este comportamiento se repite para los ángulos de 80° y 70° , habiendo 0,11cm de diferencia máxima en las medias. En los ángulos de 60° y 50° se puede apreciar una diferencia más marcada entre los semiejes con más de 0,27cm entre ambos. Y por último en los ángulos de 40° y 30° se esperaba que la media del semieje derecho fuera más grande y la diferencia entre semiejes creciera pero al contrario los valores promedio de los semiejes se asemejan a los correspondientes a los del ángulo de 50° en caso de la muestra de 40° y en el caso de los del ángulo de 30° los promedios son menores a los del ángulo de incidencia perpendicular.

2.4. Morfología de Límites Externos

Del punto Morfología General se desprende que la morfología del bisel varía de corona circular a aro ovoidal, en este cambio de morfología está estrechamente implicada la morfología del límite externo izquierdo (LEI) y del límite externo derecho (LED) ubicados sobre el plano longitudinal, por lo que se verificó la forma de ambos por separado.

En los ensayos a 90° se observó que tanto el LEI y el LED tienen una morfología semicircular en el 100% de las probetas.

En las probetas a 80° se apreció, al igual que en el caso de 90° , que el 100% de los ensayos presentan una morfología semicircular en el LEI y el LED.

En la trayectoria incidente a 70° se observó que el LEI tenía una morfología semicircular en el 100% de los casos, mientras que el LED presentaba en un 70% de las probetas una morfología semicircular y en el 30% restante una morfología semielíptica.

En los ensayos a 60° se observó que el 100% del LEI tiene una morfología semicircular, en tanto que el LED presentó en el 36,67% de las probetas una morfología semicircular y en el 63,33% una morfología semielíptica.

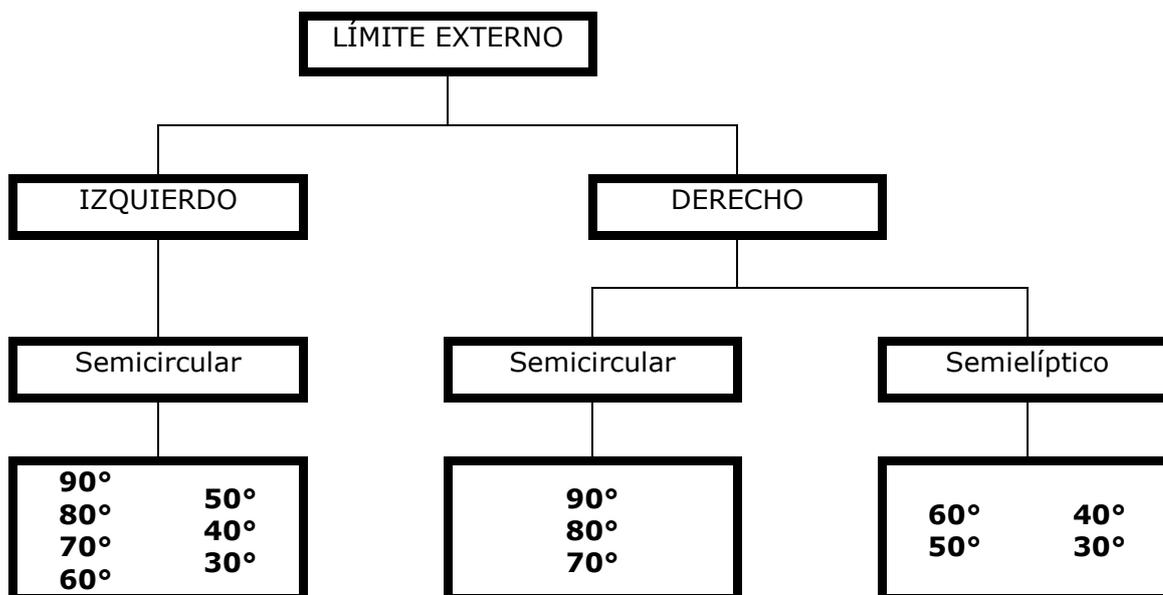
En el ángulo de incidencia a 50° el LEI presentó en el 96,67% una morfología semicircular y en el 3,33% restante una forma semielíptica. Con respecto al LED la morfología en el 30% de los ensayos fue semicircular y en el 70% tenía una forma semielíptica.

En cuanto a trayectoria incidente a 40° , se observó que el LEI tenía en el 66,67% de los ensayos una morfología semicircular, en el 23,33% presentaba una forma semielíptica y el 10% remanente amorfa. Mientras tanto el LED presentó en el 90% de las probetas una morfología semielíptica y en el 10% amorfa.

Por último en los ensayos a 30° , el LEI presentó en el 77,78% de los ensayos una morfología semicircular, en el 11,11% una morfología semielíptica y en el 11,11% restante amorfa. En cuanto al LED en el 81,48% se observó una forma semielíptica, en el 8,33% una forma semicircular y en el 11,11% remanente una forma amorfa.

Del análisis de lo anteriormente expuesto se advirtió que al contrario de lo que enuncia Locles (2005), el signo que indica la dirección de disparo no es la concentración de las roturas concéntricas, sino la forma que toman a medida que el ángulo decrece. Mientras a 90 grados estas roturas son semicirculares en ambas mitades, derecha e izquierda; en ángulos inferiores las roturas concéntricas del lado contrario al ingreso del proyectil van tomando una forma semielíptica, en tanto las que se encuentran en el lado de donde proviene el proyectil mantienen la forma semicircular.

Al igual que la morfología general y las longitudes horizontales y verticales del bisel, la morfología de los límites externos no se ve afectada por la pérdida de material. De esta manera se aumenta el valor del bisel en la determinación del ángulo y dirección del disparo.



3. Pérdida de material

La pérdida de material es un factor que altera tanto a la longitud de los ejes horizontal y vertical del orificio como a la longitud de los semiejes izquierdo y derecho del bisel.

Se observó en las probetas a 90° que tenían pérdida de material, que el lugar donde mas veces se repetía era entre los intervalos de [7 – 8) y [8 – 9) horas.

En los ensayos a 80° con pérdida de material, se encontró la pérdida de material más veces repetida en los intervalos de [2 – 3) y [6 – 7) horas.

En el ángulo de incidencia a 70° , se observó que el intervalo de [2 – 3) horas la pérdida de material se repetía más veces.

En las probetas a 60° se advirtió que la pérdida de material se repetía más veces en los intervalos de [2 – 3) y [3 – 4) horas.

En los ensayos a 50° se observó que la pérdida de material se repitió más veces en los intervalos de [2 – 3) y [3 – 4) horas, estando presente en todas las probetas.

En la trayectoria incidente a 40° , la pérdida en los intervalos [2 – 3), [3 – 4), [4 – 5) y [5 – 6) horas se repitió mas veces, observándose en todos los ensayos

Por último en las probetas a 30° se observó que la pérdida de material se repitió mas veces en los intervalos [1 – 2), [2 – 3), [3 – 4) y [4 – 5) horas.

De lo anteriormente analizado se desprende que en todos los ensayos con una trayectoria incidente oblicua, la mayor cantidad de pérdida de material se ubica en el punto opuesto al punto de ingreso del proyectil. A medida que el ángulo va decreciendo la pérdida de material se va ampliando sobre el punto opuesto al de entrada.

CAPÍTULO VI

- *Conclusiones*

CONCLUSIONES

1. Orificio

1.1. Morfología

Se comprobó que la morfología del orificio se ve afectada por la pérdida de material, lo cual provoca que los orificios no guarden regularidad en su aspecto.

En los ángulos de incidencia 90° , 80° , 70° y 60° se observó un predominio de los aspectos irregulares.

En las trayectorias incidentes de 50° , 40° y 30° , todos los ensayos presentaron formas irregulares.

Se observó que al contrario de lo que exponen los autores clásicos y coincidiendo con Peñaranda (2013), los orificios no guardan regularidad en su aspecto.

Por lo tanto se considera a la *morfología del orificio* como signo *no fiable* para el estudio del ángulo incidente.

1.2. Longitud de ejes horizontales y verticales

Independientemente de la morfología se observó que existe un equilibrio entre las longitudes de los ejes horizontal y vertical en el ángulo de incidencia perpendicular de 90° .

Los valores medios de las longitudes de los ejes horizontal y vertical, como así también la relación longitud orificio /calibre aumentan a medida que el ángulo de la trayectoria incidente decrece.

Se comprobó que la diferencia entre las longitudes de los ejes en los ángulos incidentes de 90° , 80° y 70° no es apreciable en un examen macroscópico. Se observó en los ángulos incidentes oblicuos de 60° , 50° , 40° y 30° una ligera preponderancia de la longitud del eje horizontal sobre el vertical, apreciable en un examen macroscópico.

La relación longitud orificio /calibre en los ángulos de incidencia de 90° , 80° y 70° es de 2,25 como máximo. En los ángulos incidentes de 60° y 50° la relación

longitud orificio /calibre es de 3 como mínimo y 3,5 como máximo. Y por último la relación longitud orificio /calibre en las trayectorias incidentes a 40° y 30° es de 5,5 como mínimo y 7,5 como máximo.

Se considera al valor de las *longitudes de los ejes horizontal y vertical* y la *relación longitud/calibre* como *signos a tener en cuenta* en el proceso del estudio del ángulo de incidencia.

2. Bisel

2.1. Morfología general

Se determino que a medida que el ángulo de incidencia decrece, la predominancia de la morfología cambia de corona circular a aro ovoidal.

En los ángulos de incidencia 90°, 80° y 70° se observó un predominio de la forma corona circular. En las trayectorias incidentes de 50° y 40° la morfología predominante es la de aro ovoidal. Por último en los ángulos incidentes de 40° y 30° la morfología predominante es la de aro ovoidal, hallando también formas irregulares.

Por lo tanto se considera a la *morfología general del bisel* como signo *fiabile* para el estudio del ángulo incidente.

2.2. Longitudes de ejes horizontales y verticales del bisel

Dependientemente de la morfología se observó que existe un predominio de la longitud del eje horizontal sobre vertical en todos ángulos de incidencia.

Se advirtió que a medida que el ángulo de la trayectoria incidente decrece, los valores medios de las longitudes de los ejes horizontal y vertical aumentan, manteniendo la preponderancia del eje horizontal sobre el eje vertical. De igual manera, la relación longitud bisel /calibre aumenta a medida que el ángulo de incidencia decrece.

Se comprobó que la diferencia entre la longitudes de los ejes en los ángulos incidentes de 90°, 80° y 70° no es apreciable en un examen macroscópico. En cambio en los ángulos de incidencia de 60°, 50°, 40° y 30° la diferencia si es apreciable en un análisis macroscópico.

Se observó que la relación longitud/calibre en las trayectorias incidentes de 90°, 80° y 70° es de 6,16 como máximo. En los ángulos incidentes de 60° y 50° la relación longitud/calibre observada fue de 6,70 como mínimo y 7,30 como máximo. Finalmente la relación longitud/calibre observada en los ángulos de incidencia de 40° y 30° fue de 9,37 como mínimo y 12,37 como máximo.

Teniendo en cuenta el último párrafo se considera al valor de *las longitudes de los ejes horizontal y vertical* del bisel, tomándolos como un conjunto, y *la relación longitud bisel /calibre* como *signos a tener en cuenta* en el proceso para conocer el ángulo de incidencia.

2.3. Longitud de semiejes horizontales

Se comprobó que la longitud de los semiejes horizontales se ve afectada por la pérdida de material, restando fiabilidad como signo para el estudio del ángulo incidente.

Pese a ser influenciado por la pérdida de material, se observó que en los ángulos de incidencia de 90° y 80° existe un equilibrio entre la longitudes de los semiejes horizontales y que la diferencia de longitudes no es apreciable en un examen macroscópico.

En los ángulos de la trayectoria incidente de 70°, 60°, 50°, 40° y 30° se percibió un claro predominio del semieje contrario al semieje incidente. La diferencia entre los valores medios es apreciable en un análisis macroscópico.

Se considera a la *longitud de los semiejes horizontales* como un signo irrelevante para el estudio del ángulo de incidencia, sin embargo si se lo tiene en cuenta como dato orientativo de la dirección de disparo.

2.4. Morfología de los límites externos

2.4.1. Límite externo izquierdo (LEI)

El LEI correspondió al lado incidente del proyectil en el blanco.

Se advirtió que el LEI de los ángulos incidentes de 90°, 80°, 70°, 60° y 50° tiene una morfología semicircular. En tanto la morfología del LEI de los ángulos de

incidencia de 40° y 30° observada fue mayoritariamente semicircular, encontrando también formas semielípticas y amorfas.

2.4.2. Límite externo derecho (LED)

La morfología del LED cambia progresivamente de semicircular a semielíptica a medida que el ángulo decrece.

En los ángulos incidentes de 90° , 80° y 70° la morfología observada fue semicircular. En los ángulos de incidencia de 60° y 50° se observó que la morfología del LED es predominantemente semielíptica. En las trayectorias con ángulos de incidencia de 40° y 30° se advirtió que la morfología del LED es semielíptica, habiendo minoritariamente una morfología irregular.

Con lo expuesto se deduce que la morfología de los límites externos es dependiente de la morfología general del bisel. Se debe a que a medida que esta cambia de forma cuando el ángulo de la trayectoria incidente decrece, el límite externo contrario al lado incidente también cambia de forma.

También se deduce que la morfología de los límites externos es un signo indicativo de la dirección de disparo.

Se considera a *la morfología de los límites externos* como un *signo relevante* para incorporar al proceso del estudio del ángulo de incidencia.

3. Pérdida de material

Se observó que la pérdida de material esta presente en todos los ángulos de incidencia.

La ubicación de la pérdida de material en los ángulos de incidencia oblicuos se encuentra en el punto opuesto al punto incidente.

A medida que el ángulo de incidencia decrece, la pérdida de material se amplía en torno al punto opuesto al incidente del proyectil.

4. Consideraciones finales

De manera aislada cada signo no es suficiente para indicar el ángulo incidente de la trayectoria. Solo el análisis en conjunto de los signos permite conocer el ángulo incidente.

Se observó que se puede formar tres rangos de ángulos en base a características que comparten en común. El primer rango se compone con ángulos de incidencia de 90°, 80° y 70°. El segundo lo conforman los ángulos de incidencia de 60° y 50°. Y por ultimo el tercer rango esta constituido por los ángulos de incidencia de 40° y 30°

| Ángulos | 90°-80°-70° | 60°-50° | 40°-30° |
|--|--------------------|----------------|----------------------|
| Relación longitud orificio /calibre | Menor 2,25 | 3 a 3,5 | 5,53 a 7,58 |
| Morfología del bisel | Corona circular | Aro ovoidal | Aro ovoidal o amorfo |
| Relación longitud bisel /calibre | Menor 6,16 | 6,7 a 7,3 | 9,37 a 12,37 |
| LEI | Semicircular | Semicircular | Semicircular |
| LED | Semicircular | Semiéptica | Semiéptica o amorfo |

Tabla conclusiones: Características comunes en los rangos de ángulos. Fuente: Elaboración Propia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Burke T y Rowe W. (1992). *Bullet ricocheting: a comprehensive review. J Forensic Sci.*; 37(5): 1254-1260. En línea:
http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1135-76062004000300006&script=sci_arttext. Recuperado: 09/11/2012
- Casa Saumell. *Propiedades Generales del Vidrio*. En línea:
<http://www.casasaumell.com.ar/pdf/InformeTecnicoVidrio.pdf>.
Recuperado: 02/08/2013
- Cibrián Vidrio, O. (2007). *Balística técnica y forense*. Buenos Aires: La Rocca.
- CICA (2000), *Recursos didácticos del proyecto Thales*. En línea:
http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0053-02/contenido/4_esfuerzos.htm. Recuperado:10/09/2012
- Favila, E. (2013). *Perímetro Corona Circular*. En línea:
http://www.slideshare.net/EdmundoFavila/perimetro-corona?from_search=3. Recuperado: 25/09/2013
- García-Colín Scherer, L. y Rodríguez Z., Rosalío (1995). *Líquidos exóticos*. México D.F: Fondo de Cultura Económica. En línea:
<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/104/htm/liquiditos.htm>. Recuperado: 12/09/2012
- Guevara, C. R. (2010). *Determinación de la posición del tirador a través del ángulo de incidencia en disparos efectuados a superficies metálicas* (tesis de grado). Mendoza: Universidad del Aconcagua, Facultad de Psicología.
- Guzmán, C. A. (2000). *Manual de Criminalística*. Buenos Aires: La Rocca.

- Juan, H. R. (2004). *Introducción a la Ciencia Criminalística*. Mendoza: Jurídicas Cuyo.
- Lehmann, C. H. (1989). *Geometría Analítica*. México D.F: Limusa. En línea: <http://www.slideshare.net/kaizzerz/geometria-analitica-charles-h-lehmann>. Recuperado: 06/08/2013
- Locles, R. J. (2000). *Balística y Pericia*. Buenos Aires: La Rocca.
- Locles, R. J. (2005). *Tratado de Balística Tomo 2*. Buenos Aires: La Rocca.
- López, T. y Martínez , A. (1995). *El Mundo Mágico del Vidrio*. México D.F: Fondo de Cultura Económica. En línea: <http://www.calidoscopio.com/calidoscopio/ecologia/quimica/vidrio.pdf>. Recuperado: 12/09/2012
- Milachay, Y. (2012). En línea: <http://www.slideshare.net/kurtmilach/elasticidad>. Recuperado: 3/07/12.
- Peñaranda, C. Y. (2013). *Determinación del ángulo de incidencia de un proyectil disparado por arma de fuego a partir de los signos generados en el orificio de un blanco de acrílico* (tesis de grado). Mendoza: Universidad del Aconcagua, Facultad de Psicología.
- Policía Federal Argentina (1983). *Tratado de Criminalística Tomo II: La Química Analítica en la Investigación del Delito*. Buenos Aires: Policial.

ANEXO I

Libro de código

| Tema | Variable | Definición | Valor |
|--------------------------------|--|---|-----------------|
| Morfología del Orificio | Forma del Daño | Es la forma del faltante de material en el orificio | Circular |
| | | | Óvalo |
| | | | Amorfo |
| | Forma del Borde | Representa la mayor o menor continuidad/regularidad de la línea que forma el borde | Continuo |
| | | | Discontinuo |
| | Longitud Eje Horizontal | Es la longitud en centímetros de la distancia entre ambos laterales del orificio en la línea imaginaria que va de 9 horas a 3 horas. Coincide con el plano en el que se inscribió la trayectoria incidente. | |
| Longitud Eje Vertical | Es la longitud en centímetros de la distancia entre ambos laterales del orificio en la línea imaginaria que va de 12 horas a 6 horas. Es transversal al plano en el que se inscribió la trayectoria incidente. | | |
| Relación longitud/calibre | Es la relación adimensional entre la longitud del eje horizontal del orificio con el calibre del proyectil. | | |
| Morfología del Bisel | Forma del bisel | Es la forma que toma el escamamiento en el lado opuesto al que se le ejerce la fuerza | Corona Circular |
| | | | Aro Ovoidal |
| | | | Indefinido |
| | Forma del límite externo | Es la forma que toma la línea externa que marca el final del bisel | Semicírculo |
| | | | Semielíptico |
| | Longitud Eje Horizontal | Es la longitud en centímetros de la distancia entre ambos límites externos del bisel en la línea imaginaria que va de horas 9 horas a 3 horas. Coincide con el plano en el que se inscribió la trayectoria incidente. | |
| | Longitud Eje Vertical | Es la longitud en centímetros de la distancia entre ambos límites externos del bisel en la línea imaginaria que va de 12 horas a 6 horas. Es transversal al plano en el que se inscribió la trayectoria incidente. | |
| Perdida de Material | Es el faltante de material perteneciente al bisel que se manifiesta como un agrandamiento del orificio. Es medido desde el punto de impacto como centro de un sistema de referencia horario | | |
| Relación longitud/calibre | Es la relación adimensional entre la longitud del eje horizontal del bisel con el calibre del proyectil. | | |

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------|---|--|
| Dirección de Disparo | Longitud Semieje Izquierdo | Es la longitud en centímetros de la distancia entre el límite externo izquierdo del bisel y el borde izquierdo del orificio de la línea imaginaria que va de 9 horas a 3 horas. | |
| | Longitud Semieje Derecho | Es la longitud en centímetros de la distancia entre el límite externo derecho del bisel y el borde derecho del orificio de la línea imaginaria que va de 9 horas a 3 horas. | |

ANEXO II

Tabla de datos los disparos del ensayo

| | Orificio | | | Bisel | | | | |
|------|-----------|-------|------------|-------|-------|-----------------|-------------|-------------|
| | x (mm) | y(mm) | Morfología | x(mm) | y(mm) | Morfologia | LEI | LED |
| A 1 | 0,86 | 0,78 | Regular | 2,60 | 3,11 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 2 | 0,96 | 1,16 | Irregular | 2,64 | 2,63 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 3 | 1,27 | 0,89 | Irregular | 2,50 | 2,22 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 4 | 0,70 | 0,75 | Regular | 3,52 | 3,27 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 5 | 0,76 | 0,80 | Regular | 3,10 | 2,88 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 6 | 1,30 | 1,19 | Irregular | 3,29 | 3,31 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 7 | 0,71 | 0,71 | Regular | 2,75 | 2,79 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 8 | 0,78 | 0,80 | Regular | 3,07 | 3,03 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 9 | 1,43 | 1,42 | Irregular | 3,30 | 3,53 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 10 | 2,12 | 2,18 | Irregular | 4,49 | 4,20 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 11 | 0,75 | 0,79 | Regular | 3,51 | 3,40 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 12 | 1,57 | 1,61 | Irregular | 3,34 | 3,23 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 13 | 0,88 | 0,84 | Regular | 2,95 | 2,88 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 14 | 0,93 | 0,92 | Regular | 2,77 | 2,62 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 15 | 0,97 | 1,45 | Irregular | 2,45 | 2,64 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 16 | 0,93 | 0,84 | Regular | 2,89 | 2,98 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 17 | 0,82 | 1,04 | Irregular | 3,13 | 2,97 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 18 | 1,91 | 1,85 | Irregular | 4,22 | 3,97 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 19 | 1,41 | 1,67 | Irregular | 3,41 | 3,43 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 20 | 0,87 | 0,70 | Regular | 3,20 | 3,11 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 21 | 2,06 | 1,87 | Irregular | 4,22 | 3,89 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 22 | 0,78 | 0,81 | Regular | 2,89 | 2,66 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 23 | 1,02 | 1,40 | Irregular | 2,87 | 2,99 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 24 | 0,70 | 0,68 | Regular | 3,11 | 3,07 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 25 | 1,44 | 1,48 | Irregular | 3,32 | 3,17 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 26 | 1,00 | 0,90 | Irregular | 2,62 | 2,98 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 27 | 1,15 | 0,94 | Irregular | 2,44 | 2,38 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 28 | 0,85 | 0,81 | Regular | 2,83 | 2,96 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 29 | 0,77 | 0,73 | Regular | 3,57 | 2,68 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| A 30 | 1,19 | 1,25 | Irregular | 2,87 | 2,74 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |

Tabla anexo 1: 90° Longitud de ejes y morfología de orificio y bisel, LEI y LED. Fuente:
Elaboración propia

| | Bisel | | |
|------|------------------------|----------------------|-------------------|
| | Semieje izquierdo (mm) | Semieje derecho (mm) | Perdida |
| A 1 | 1,09 | 1,17 | - |
| A 2 | 0,67 | 0,95 | (9-12) |
| A 3 | 0,58 | 0,65 | (7-9)(9-10) |
| A 4 | 1,34 | 1,48 | (4-1) |
| A 5 | 1,25 | 1,09 | - |
| A 6 | 0,73 | 1,26 | (6-9)(9-11) |
| A 7 | 1,03 | 1,01 | - |
| A 8 | 1,07 | 1,22 | (5-12) |
| A 9 | 0,88 | 1,00 | (4-5)(5-7)(7-8) |
| A 10 | 0,69 | 1,67 | (12-4)(4-7)(7-12) |
| A 11 | 1,52 | 1,24 | (4-10) |
| A 12 | 0,64 | 1,12 | (3-5)(7-8) |
| A 13 | 1,13 | 0,94 | (2-6)(8-12) |
| A 14 | 0,92 | 0,92 | (2-6)(7-12) |
| A 15 | 0,73 | 0,75 | (7-9)(11-1) |
| A 16 | 0,93 | 1,04 | (7-9) |
| A 17 | 1,41 | 0,90 | (10-6) |
| A 18 | 0,94 | 1,38 | (12-12) |
| A 19 | 0,92 | 1,08 | (1-5) |
| A 20 | 1,21 | 1,12 | (2-4) |
| A 21 | 1,29 | 0,87 | (12-12) |
| A 22 | 0,76 | 1,36 | (12-6)(8-11) |
| A 23 | 0,93 | 0,91 | (5-7)(10-1) |
| A 24 | 1,08 | 1,32 | (7-9) |
| A 25 | 0,88 | 1,00 | (12-12) |
| A 26 | 0,88 | 0,74 | (12-5) |
| A 27 | 0,66 | 0,63 | (1-5)(7-10) |
| A 28 | 1,09 | 0,88 | (12-1)(3-5)(6-10) |
| A 29 | 1,28 | 1,51 | (6-11) |
| A 30 | 0,95 | 0,73 | (4-6) |

Tabla anexo 2: 90° Longitud de semiejes y ubicación de pérdida de material. Fuente: Elaboración propia

| | Orificio | | | Bisel | | | | |
|------|---------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------------|-------------|-------------|
| | x (mm) | y(mm) | Morfología | x(mm) | y(mm) | Morfología | LEI | LED |
| B 1 | 0,85 | 0,83 | Regular | 3,80 | 4,40 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 2 | 1,57 | 1,43 | Irregular | 3,24 | 3,20 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 3 | 0,81 | 1,18 | Irregular | 3,32 | 3,45 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 4 | 1,12 | 1,28 | Irregular | 3,34 | 3,18 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 5 | 2,42 | 1,45 | Irregular | 3,52 | 3,33 | Aro Ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| B 6 | 0,84 | 1,24 | Irregular | 4,10 | 3,30 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 7 | 1,00 | 1,16 | Regular | 3,12 | 2,70 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 8 | 1,37 | 1,43 | Irregular | 3,27 | 3,30 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 9 | 2,08 | 1,41 | Irregular | 3,45 | 2,97 | Aro Ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| B 10 | 0,85 | 0,96 | Regular | 3,01 | 3,41 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 11 | 1,49 | 1,48 | Irregular | 3,53 | 3,49 | Aro Ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| B 12 | 2,22 | 1,80 | Irregular | 3,87 | 3,76 | Aro Ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| B 13 | 0,82 | 0,84 | Irregular | 3,11 | 3,01 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 14 | 1,75 | 1,76 | Irregular | 3,90 | 4,14 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 15 | 0,75 | 0,95 | Regular | 3,17 | 2,93 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 16 | 0,95 | 1,04 | Irregular | 3,37 | 3,77 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 17 | 0,83 | 0,89 | Regular | 3,24 | 3,18 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 18 | 0,97 | 1,01 | Irregular | 2,77 | 2,99 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 19 | 0,90 | 1,08 | Regular | 2,92 | 3,06 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 20 | 1,34 | 1,27 | Irregular | 3,34 | 3,26 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 21 | 0,75 | 0,72 | Regular | 3,24 | 3,17 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 22 | 1,68 | 1,75 | Irregular | 3,72 | 3,43 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 23 | 1,83 | 1,76 | Irregular | 3,65 | 3,57 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 24 | 0,92 | 1,02 | Irregular | 3,29 | 3,23 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 25 | 0,83 | 0,85 | Regular | 3,16 | 3,20 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 26 | 0,71 | 0,76 | Regular | 3,78 | 3,50 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 27 | 1,30 | 1,61 | Irregular | 3,31 | 3,54 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 28 | 1,72 | 1,94 | Irregular | 3,34 | 4,04 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 29 | 1,57 | 1,29 | Irregular | 3,32 | 2,96 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| B 30 | 0,84 | 0,97 | Irregular | 3,40 | 3,41 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |

Tabla anexo 3: 80° Longitud de ejes y morfología de orificio y bisel, LEI y LED. Fuente: Elaboración propia

| | Bisel | | |
|------|------------------------|----------------------|------------------|
| | Semieje izquierdo (mm) | Semieje derecho (mm) | Perdida |
| B 1 | 1,20 | 1,14 | - |
| B 2 | 0,75 | 0,92 | (12-12) |
| B 3 | 0,85 | 1,18 | (5-12) |
| B 4 | 1,12 | 1,09 | (4-7)(8-10) |
| B 5 | 0,61 | 0,96 | (3-9) |
| B 6 | 1,92 | 1,34 | (5-7) |
| B 7 | 1,04 | 1,08 | (5-8) |
| B 8 | 0,80 | 1,10 | (6-8)(8-12)(1-2) |
| B 9 | 0,70 | 0,67 | (2-5)(5-7)(7-8) |
| B 10 | 1,11 | 1,10 | (5-6)(10-3) |
| B 11 | 1,08 | 0,97 | (11-7) |
| B 12 | 0,73 | 0,92 | (12-12) |
| B 13 | 1,20 | 1,09 | (4-5)(9-11) |
| B 14 | 0,94 | 1,21 | (12-12) |
| B 15 | 1,20 | 1,22 | (12-2)(9-11) |
| B 16 | 1,16 | 1,26 | (4-7) |
| B 17 | 1,30 | 1,12 | (12-3) |
| B 18 | 1,12 | 0,68 | (12-2)(3-5) |
| B 19 | 1,14 | 0,88 | (2-4) |
| B 20 | 0,94 | 1,06 | (10-3) |
| B 21 | 1,26 | 1,22 | (2-3) |
| B 22 | 0,79 | 1,25 | (12-12) |
| B 23 | 0,85 | 0,98 | (12-12) |
| B 24 | 1,28 | 1,09 | (12-4)(4-8) |
| B 25 | 1,05 | 1,28 | (9-10)(10-1) |
| B 26 | 1,12 | 1,95 | (3-5)(6-8) |
| B 27 | 0,81 | 1,20 | (7-12)(2-4) |
| B 28 | 0,70 | 0,92 | (12-3)(4-12) |
| B 29 | 1,03 | 0,72 | (11-3) |
| B 30 | 1,12 | 1,45 | (2-7) |

Tabla anexo 4: 80° Longitud de semiejes y ubicación de pérdida de material. Fuente: Elaboración propia

| | Orificio | | | Bisel | | | | |
|------|-----------|-------|------------|-------|-------|-----------------|-------------|-------------|
| | x (mm) | y(mm) | Morfología | x(mm) | y(mm) | Morfología | LEI | LED |
| C 1 | 2,01 | 2,09 | Irregular | 3,86 | 3,46 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 2 | 1,45 | 1,21 | Irregular | 3,31 | 2,91 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélipse |
| C 3 | 1,45 | 1,88 | Irregular | 3,16 | 3,24 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 4 | 1,85 | 1,78 | Irregular | 3,25 | 2,68 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 5 | 0,90 | 0,94 | Irregular | 2,83 | 3,06 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 6 | 0,90 | 0,70 | Irregular | 2,95 | 2,60 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 7 | 0,78 | 0,81 | Irregular | 3,81 | 3,58 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélipse |
| C 8 | 1,18 | 0,83 | Irregular | 3,65 | 2,74 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélipse |
| C 9 | 0,81 | 0,88 | Irregular | 3,51 | 3,31 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 10 | 1,54 | 1,50 | Irregular | 3,56 | 3,12 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélipse |
| C 11 | 0,97 | 0,94 | Irregular | 2,46 | 2,63 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 12 | 1,06 | 0,97 | Irregular | 3,24 | 2,87 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélipse |
| C 13 | 1,56 | 1,19 | Irregular | 3,61 | 3,13 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 14 | 1,65 | 1,73 | Irregular | 3,80 | 3,37 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 15 | 0,90 | 0,82 | Regular | 3,08 | 3,33 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 16 | 0,90 | 0,82 | Irregular | 3,08 | 3,33 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 17 | 1,62 | 2,04 | Irregular | 3,41 | 3,38 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 18 | 0,86 | 0,84 | Regular | 3,50 | 2,96 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélipse |
| C 19 | 0,86 | 0,81 | Regular | 3,12 | 3,20 | Corona circular | Semicírculo | Semiélipse |
| C 20 | 0,77 | 1,02 | Irregular | 3,29 | 3,36 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 21 | 0,83 | 0,69 | Regular | 3,60 | 3,31 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 22 | 0,97 | 0,79 | Irregular | 2,80 | 2,68 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 23 | 0,88 | 0,73 | Irregular | 3,36 | 3,35 | Corona circular | Semicírculo | Semiélipse |
| C 24 | 0,71 | 0,72 | Irregular | 3,21 | 3,76 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| C 25 | 1,37 | 1,38 | Irregular | 3,12 | 2,99 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 26 | 0,96 | 1,15 | Irregular | 2,95 | 2,74 | Corona circular | Semicírculo | Semiélipse |
| C 27 | 0,83 | 0,73 | Irregular | 3,12 | 3,23 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 28 | 0,84 | 0,72 | Irregular | 2,87 | 2,92 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 29 | 0,98 | 0,94 | Irregular | 3,46 | 3,33 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| C 30 | 1,72 | 1,72 | Irregular | 3,53 | 3,31 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |

Tabla anexo 5: 70° Longitud de ejes y morfología de orificio y bisel, LEI y LED. Fuente: Elaboración propia

| | Bisel | | |
|------|------------------------|----------------------|--------------|
| | Semieje izquierdo (mm) | Semieje derecho (mm) | Perdida |
| C 1 | 0,89 | 0,95 | (12-12) |
| C 2 | 0,59 | 1,27 | (7-3)(3-5) |
| C 3 | 0,64 | 1,08 | (7-1)(1-5) |
| C 4 | 0,64 | 0,76 | (10-9) |
| C 5 | 1,09 | 0,83 | (11-6) |
| C 6 | 1,08 | 1,04 | (8-10) |
| C 7 | 1,38 | 1,65 | (7-10) |
| C 8 | 1,18 | 1,30 | (1-4)(7-8) |
| C 9 | 1,43 | 1,27 | (2-6) |
| C 10 | 0,95 | 1,07 | (12-12) |
| C 11 | 0,67 | 0,82 | (11-5) |
| C 12 | 1,04 | 1,14 | (12-3) |
| C 13 | 1,07 | 0,98 | (11-5) |
| C 14 | 0,69 | 1,45 | (12-12) |
| C 15 | 1,01 | 1,17 | (7-9) |
| C 16 | 1,07 | 1,10 | (1-4) |
| C 17 | 0,78 | 1,00 | (12-12) |
| C 18 | 1,00 | 1,64 | (12-7) |
| C 19 | 1,11 | 1,15 | (1-6) |
| C 20 | 1,20 | 1,31 | (12-2) |
| C 21 | 1,25 | 1,51 | (2-4) |
| C 22 | 1,06 | 0,76 | (12-1)(1-4) |
| C 23 | 1,35 | 1,12 | (1-4) |
| C 24 | 1,03 | 1,48 | (1-6) |
| C 25 | 0,77 | 0,98 | (10-4)(4-10) |
| C 26 | 1,09 | 0,90 | (12-7) |
| C 27 | 1,17 | 1,12 | (2-4) |
| C 28 | 1,06 | 0,97 | (2-5) |
| C 29 | 1,34 | 1,14 | (12-12) |
| C 30 | 0,76 | 1,04 | (12-5)(5-12) |

Tabla anexo 6: 70° Longitud de semiejes y ubicación de pérdida de material. Fuente: Elaboración propia

| | Orificio | | | Bisel | | | | |
|------|----------|-------|------------|-------|-------|-----------------|-------------|-------------|
| | x (mm) | y(mm) | Morfología | x(mm) | y(mm) | Morfologia | LEI | LED |
| D 1 | 2,03 | 2,17 | Irregular | 4,04 | 3,63 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 2 | 1,18 | 1,60 | Irregular | 3,67 | 3,20 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 3 | 1,27 | 1,89 | Irregular | 3,77 | 3,37 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 4 | 1,81 | 2,01 | Irregular | 3,62 | 3,58 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| D 5 | 2,14 | 1,75 | Irregular | 4,02 | 3,49 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 6 | 2,14 | 2,04 | Irregular | 3,62 | 3,32 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| D 7 | 1,69 | 2,21 | Irregular | 3,61 | 3,46 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 8 | 1,36 | 1,63 | Irregular | 3,78 | 3,91 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 9 | 2,40 | 2,06 | Irregular | 3,82 | 3,71 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| D 10 | 1,06 | 0,82 | Irregular | 3,16 | 2,99 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| D 11 | 1,13 | 1,17 | Irregular | 3,64 | 3,32 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 12 | 1,78 | 1,87 | Irregular | 3,71 | 1,87 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 13 | 1,89 | 1,86 | Irregular | 4,50 | 4,13 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 14 | 2,43 | 2,00 | Irregular | 4,39 | 3,04 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 15 | 2,11 | 2,26 | Irregular | 4,14 | 3,92 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 16 | 1,56 | 1,70 | Irregular | 3,58 | 3,45 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| D 17 | 1,66 | 1,76 | Irregular | 3,68 | 3,65 | Corona circular | Semicírculo | Semiélpse |
| D 18 | 0,98 | 0,80 | Regular | 3,62 | 3,73 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 19 | 1,76 | 1,75 | Irregular | 3,65 | 3,29 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 20 | 1,27 | 1,09 | Irregular | 3,42 | 3,25 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 21 | 1,91 | 1,84 | Irregular | 4,23 | 4,45 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 22 | 1,69 | 1,60 | Irregular | 4,10 | 3,64 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 23 | 1,77 | 1,76 | Irregular | 4,06 | 3,58 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| D 24 | 2,13 | 1,88 | Irregular | 3,64 | 3,57 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| D 25 | 1,70 | 1,67 | Irregular | 3,62 | 3,37 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| D 26 | 1,46 | 1,07 | Irregular | 2,57 | 2,48 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| D 27 | 1,23 | 1,62 | Irregular | 3,28 | 3,09 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| D 28 | 1,06 | 1,19 | Irregular | 3,12 | 2,90 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| D 29 | 1,64 | 1,49 | Irregular | 3,28 | 3,35 | Corona circular | Semicírculo | Semiélpse |
| D 30 | 0,84 | 0,81 | Irregular | 2,80 | 3,30 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |

Tabla anexo 7: 60° Longitud de ejes y morfología de orificio y bisel, LEI y LED. Fuente: Elaboración propia

| | Bisel | | |
|------|------------------------|----------------------|--------------|
| | Semieje izquierdo (mm) | Semieje derecho (mm) | Perdida |
| D 1 | 0,67 | 1,34 | (12-12) |
| D 2 | 0,96 | 1,53 | (2-11)(11-2) |
| D 3 | 1,16 | 1,34 | (6-1) |
| D 4 | 0,84 | 0,98 | (12-12) |
| D 5 | 0,69 | 1,18 | (12-12) |
| D 6 | 0,37 | 1,11 | (12-12) |
| D 7 | 0,73 | 1,19 | (12-12) |
| D 8 | 1,20 | 1,22 | (2-7) |
| D 9 | 0,35 | 1,06 | (12-12) |
| D 10 | 1,28 | 0,82 | (12-3)(3-4) |
| D 11 | 1,21 | 1,30 | (1-5) |
| D 12 | 0,91 | 1,02 | (12-12) |
| D 13 | 1,12 | 1,50 | (12-12) |
| D 14 | 0,71 | 1,25 | (12-12) |
| D 15 | 0,94 | 1,09 | (12-12) |
| D 16 | 0,74 | 1,28 | (12-12) |
| D 17 | 0,86 | 1,16 | (12-12) |
| D 18 | 1,07 | 1,56 | (12-5) |
| D 19 | 0,74 | 1,15 | (12-12) |
| D 20 | 1,06 | 1,09 | (11-4) |
| D 21 | 0,91 | 1,41 | (12-12) |
| D 22 | 0,88 | 1,52 | (7-10)(10-3) |
| D 23 | 1,15 | 1,13 | (12-12) |
| D 24 | 0,53 | 0,98 | (12-12) |
| D 25 | 0,75 | 1,16 | (12-12) |
| D 26 | 0,41 | 0,70 | (1-5)(8-9) |
| D 27 | 1,01 | 1,04 | (12-12) |
| D 28 | 0,97 | 1,08 | (1-4)(5-7) |
| D 29 | 0,70 | 0,94 | (1-7)(7-12) |
| D 30 | 1,24 | 0,72 | (2-5) |

Tabla anexo 8: 60° Longitud de semiejes y ubicación de pérdida de material. Fuente: Elaboración propia

| | Orificio | | | Bisel | | | | |
|------|-----------|-------|------------|-------|-------|-----------------|-------------|-------------|
| | x (mm) | y(mm) | Morfología | x(mm) | y(mm) | Morfología | LEI | LED |
| E 1 | 0,90 | 0,96 | Irregular | 3,17 | 2,96 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 2 | 1,90 | 2,10 | Irregular | 3,81 | 3,92 | Corona circular | Semicírculo | Semiélpse |
| E 3 | 1,77 | 1,75 | Irregular | 3,76 | 3,29 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 4 | 1,85 | 1,93 | Irregular | 4,04 | 3,67 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 5 | 1,41 | 1,53 | Irregular | 3,75 | 3,44 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| E 6 | 1,58 | 1,46 | Irregular | 3,72 | 2,89 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 7 | 1,88 | 1,99 | Irregular | 4,04 | 3,84 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| E 8 | 1,90 | 2,41 | Irregular | 3,63 | 3,83 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| E 9 | 2,09 | 2,19 | Irregular | 4,45 | 4,10 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| E 10 | 1,12 | 0,86 | Irregular | 3,18 | 2,77 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| E 11 | 1,75 | 1,70 | Irregular | 3,83 | 3,34 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 12 | 1,48 | 1,95 | Irregular | 3,66 | 3,25 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 13 | 1,08 | 0,87 | Irregular | 3,62 | 3,41 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 14 | 1,27 | 1,14 | Irregular | 3,67 | 3,05 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 15 | 2,03 | 2,08 | Irregular | 3,87 | 3,74 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 16 | 2,24 | 2,02 | Irregular | 3,84 | 3,56 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 17 | 2,88 | 2,72 | Irregular | 4,58 | 3,62 | Aro ovoidal | Semiélpse | Semiélpse |
| E 18 | 3,20 | 2,68 | Irregular | 5,26 | 4,95 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| E 19 | 1,18 | 1,19 | Irregular | 3,57 | 3,20 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 20 | 2,11 | 2,31 | Irregular | 4,76 | 4,03 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 21 | 1,15 | 1,21 | Irregular | 3,89 | 3,12 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 22 | 2,44 | 2,09 | Irregular | 3,54 | 3,42 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| E 23 | 2,43 | 2,67 | Irregular | 4,44 | 4,39 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| E 24 | 3,18 | 3,18 | Irregular | 5,05 | 3,18 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 25 | 2,96 | 3,24 | Irregular | 5,40 | 4,70 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| E 26 | 2,87 | 2,53 | Irregular | 4,48 | 4,14 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 27 | 2,10 | 2,08 | Irregular | 4,12 | 3,72 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| E 28 | 1,22 | 1,42 | Irregular | 3,78 | 3,62 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 29 | 1,76 | 1,56 | Irregular | 3,80 | 3,06 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| E 30 | 1,62 | 1,47 | Irregular | 3,72 | 3,38 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |

Tabla anexo 9: 50° Longitud de ejes y morfología de orificio y bisel, LEI y LED. Fuente: Elaboración propia

| | Bisel | | |
|------|------------------------|----------------------|-------------------|
| | Semieje izquierdo (mm) | Semieje derecho (mm) | Perdida |
| E 1 | 0,79 | 1,48 | (2-4) |
| E 2 | 0,66 | 1,25 | (12-12) |
| E 3 | 0,69 | 1,30 | (12-12) |
| E 4 | 0,80 | 1,39 | (12-12) |
| E 5 | 1,30 | 1,04 | (1-6) |
| E 6 | 0,88 | 1,27 | (10-4)(8-9) |
| E 7 | 0,99 | 1,17 | (12-12) |
| E 8 | 0,71 | 1,02 | (12-12) |
| E 9 | 0,97 | 1,39 | (12-12) |
| E 10 | 0,97 | 1,10 | (1-4) |
| E 11 | 0,68 | 1,40 | (12-12) |
| E 12 | 1,03 | 0,99 | (11-5)(5-11) |
| E 13 | 1,18 | 1,35 | (1-6) |
| E 14 | 1,08 | 1,32 | (12-4)(4-7) |
| E 15 | 0,70 | 1,13 | (12-12) |
| E 16 | 0,68 | 0,92 | (5-7)(7-5) |
| E 17 | 0,51 | 1,18 | (12-12) |
| E 18 | 1,22 | 0,84 | (12-12) |
| E 19 | 1,22 | 1,18 | (12-5) |
| E 20 | 0,99 | 1,66 | (12-12) |
| E 21 | 1,19 | 1,47 | (1-5) |
| E 22 | 0,62 | 0,48 | (12-2)[2-3](3-12) |
| E 23 | 0,74 | 1,28 | (12-12) |
| E 24 | 1,11 | 0,75 | (12-12) |
| E 25 | 1,37 | 1,08 | (12-12) |
| E 26 | 0,54 | 1,07 | (12-12) |
| E 27 | 1,00 | 1,03 | (12-12) |
| E 28 | 1,14 | 1,41 | (12-4)(4-7) |
| E 29 | 0,84 | 1,19 | (12-12) |
| E 30 | 0,82 | 1,28 | (12-12) |

Tabla anexo 10: 50° Longitud de semiejes y ubicación de pérdida de material. Fuente: Elaboración propia

| | Orificio | | | Bisel | | | | |
|------|-----------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------------|-----------|
| | x (mm) | y(mm) | Morfología | x(mm) | y(mm) | Morfología | LEI | LED |
| F 1 | 2,77 | 2,50 | Irregular | 4,58 | 4,81 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 2 | 5,32 | 5,40 | Irregular | 6,08 | 6,63 | Amorfo | Amorfo | Amorfo |
| F 3 | 4,45 | 5,06 | Irregular | 5,61 | 5,06 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 4 | 2,03 | 2,45 | Irregular | 4,32 | 3,48 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 5 | 2,35 | 2,33 | Irregular | 4,37 | 3,78 | Aro ovoidal | Semiélpse | Semiélpse |
| F 6 | 2,77 | 2,39 | Irregular | 4,71 | 4,45 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 7 | 2,35 | 1,94 | Irregular | 4,02 | 3,69 | Aro ovoidal | Semiélpse | Semiélpse |
| F 8 | 2,41 | 2,28 | Irregular | 4,87 | 4,52 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 9 | 3,72 | 3,46 | Irregular | 6,21 | 4,76 | Aro ovoidal | Semiélpse | Semiélpse |
| F 10 | 1,53 | 2,23 | Irregular | 4,00 | 3,69 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 11 | 2,72 | 2,25 | Irregular | 4,78 | 4,06 | Aro ovoidal | Semiélpse | Semiélpse |
| F 12 | 5,46 | 5,47 | Irregular | 6,74 | 6,48 | Amorfo | Amorfo | Amorfo |
| F 13 | 3,90 | 4,06 | Irregular | 6,39 | 5,52 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 14 | 2,42 | 1,90 | Irregular | 4,17 | 3,94 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 15 | 3,16 | 2,99 | Irregular | 4,62 | 4,47 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 16 | 2,43 | 2,47 | Irregular | 4,43 | 4,11 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 17 | 2,78 | 2,22 | Irregular | 4,60 | 4,02 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 18 | 1,51 | 2,23 | Irregular | 4,78 | 4,02 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 19 | 2,70 | 3,30 | Irregular | 5,55 | 4,74 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 20 | 1,58 | 2,10 | Irregular | 4,19 | 3,55 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 21 | 3,34 | 3,51 | Irregular | 6,36 | 4,11 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 22 | 2,69 | 2,39 | Irregular | 5,06 | 4,46 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 23 | 2,58 | 2,52 | Irregular | 5,19 | 4,70 | Aro ovoidal | Semiélpse | Semiélpse |
| F 24 | 6,28 | 6,10 | Irregular | 8,27 | 7,01 | Amorfo | Amorfo | Amorfo |
| F 25 | 3,08 | 3,64 | Irregular | 4,62 | 4,31 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 26 | 2,23 | 1,90 | Irregular | 4,52 | 3,81 | Aro ovoidal | Semiélpse | Semiélpse |
| F 27 | 3,51 | 3,43 | Irregular | 5,91 | 5,56 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 28 | 3,29 | 2,74 | Irregular | 5,47 | 4,76 | Aro ovoidal | Semiélpse | Semiélpse |
| F 29 | 2,68 | 2,44 | Irregular | 4,43 | 4,18 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| F 30 | 3,27 | 3,36 | Irregular | 5,81 | 5,07 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |

Tabla anexo 11: 40° Longitud de ejes y morfología de orificio y bisel, LEI y LED. Fuente: Elaboración propia

| | Bisel | | |
|------|------------------------|----------------------|-----------------|
| | Semieje izquierdo (mm) | Semieje derecho (mm) | Perdida |
| F 1 | 0,77 | 1,03 | (12-12) |
| F 2 | 0,23 | 0,53 | (12-12) |
| F 3 | 0,23 | 0,92 | (12-12) |
| F 4 | 1,31 | 0,99 | (11-6)(6-7) |
| F 5 | 1,24 | 0,79 | (11-8) |
| F 6 | 0,79 | 1,14 | (12-12) |
| F 7 | 0,75 | 0,92 | (12-12) |
| F 8 | 1,31 | 1,16 | (12-12) |
| F 9 | 0,77 | 1,72 | (12-12) |
| F 10 | 1,34 | 1,12 | (12-6) |
| F 11 | 1,10 | 0,97 | (10-4)(4-6) |
| F 12 | 0,79 | 0,49 | (12-12) |
| F 13 | 0,92 | 1,57 | (12-12) |
| F 14 | 0,54 | 1,21 | (12-12) |
| F 15 | 0,68 | 0,77 | (12-12) |
| F 16 | 0,89 | 1,11 | (12-12) |
| F 17 | 0,75 | 1,06 | (12-12) |
| F 18 | 1,76 | 1,50 | (12-6) |
| F 19 | 1,23 | 1,62 | (12-12) |
| F 20 | 1,15 | 1,46 | (1-7) |
| F 21 | 0,86 | 2,16 | (1-6)[6-9](9-1) |
| F 22 | 1,10 | 1,26 | (12-12) |
| F 23 | 1,23 | 1,38 | (12-12) |
| F 24 | 0,64 | 1,35 | (12-12) |
| F 25 | 0,41 | 1,12 | (12-12) |
| F 26 | 1,00 | 1,29 | (12-12) |
| F 27 | 0,93 | 1,47 | (12-12) |
| F 28 | 1,07 | 1,11 | (12-12) |
| F 29 | 0,90 | 0,85 | (12-12) |
| F 30 | 1,11 | 1,43 | (12-12) |

Tabla anexo 12: 40° Longitud de ejes y morfología de orificio y bisel, LEI y LED. Fuente:
Elaboración propia

| | Orificio | | | Bisel | | | | |
|------|-----------|-------|------------|-------|-------|-----------------|-------------|-------------|
| | x (mm) | y(mm) | Morfología | x(mm) | y(mm) | Morfología | LEI | LED |
| G 1 | 4,22 | 3,13 | Irregular | 5,18 | 4,34 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 2 | 2,19 | 2,26 | Irregular | 4,34 | 3,95 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 3 | 6,62 | 6,94 | Irregular | 7,39 | 7,28 | Amorfo | Amorfo | Amorfo |
| G 4 | 3,47 | 3,26 | Irregular | 5,79 | 5,15 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 5 | 2,17 | 2,17 | Irregular | 3,81 | 3,30 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 6 | 3,76 | 3,31 | Irregular | 6,31 | 4,69 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 7 | 3,33 | 3,41 | Irregular | 4,72 | 4,43 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 8 | 3,90 | 3,70 | Irregular | 5,86 | 5,19 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 9 | 3,60 | 3,94 | Irregular | 4,91 | 4,78 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semicírculo |
| G 10 | 2,67 | 2,41 | Irregular | 4,61 | 3,86 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 11 | 2,89 | 3,19 | Irregular | 5,21 | 4,44 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 12 | 4,51 | 2,88 | Irregular | 5,54 | 4,12 | Aro ovoidal | Semiélpse | Semiélpse |
| G 13 | 2,54 | 2,25 | Irregular | 5,11 | 3,64 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 14 | 4,66 | 6,67 | Irregular | 5,93 | 6,90 | Amorfo | Amorfo | Amorfo |
| G 15 | 8,77 | 9,96 | Irregular | 8,77 | 5,69 | Amorfo | Amorfo | Amorfo |
| G 16 | 4,40 | 4,10 | Irregular | 5,50 | 4,95 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 17 | 3,10 | 2,70 | Irregular | 5,22 | 4,07 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 18 | 4,11 | 3,93 | Irregular | 6,31 | 5,74 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 19 | 3,99 | 4,93 | Irregular | 5,02 | 5,59 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 20 | 4,46 | 4,98 | Irregular | 5,87 | 5,28 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 21 | 4,99 | 4,30 | Irregular | 6,22 | 5,26 | Aro ovoidal | Semiélpse | Semiélpse |
| G 22 | 3,98 | 3,35 | Irregular | 5,09 | 4,50 | Aro ovoidal | Semiélpse | Semiélpse |
| G 23 | 4,43 | 5,60 | Irregular | 6,41 | 6,04 | Corona circular | Semicírculo | Semicírculo |
| G 24 | 6,53 | 5,25 | Irregular | 6,91 | 6,38 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 25 | 3,49 | 3,71 | Irregular | 5,20 | 4,44 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |
| G 26 | 5,60 | 6,43 | Irregular | 7,01 | 7,73 | Corona circular | Semicírculo | Semiélpse |
| G 27 | 3,90 | 3,69 | Irregular | 5,84 | 5,55 | Aro ovoidal | Semicírculo | Semiélpse |

Tabla anexo 13: 30° Longitud de ejes y morfología de orificio y bisel, LEI y LED. Fuente: Elaboración propia

| | Bisel | | |
|------|------------------------|----------------------|--------------|
| | Semieje izquierdo (mm) | Semieje derecho (mm) | Perdida |
| G 1 | 0,60 | 0,37 | (10-8) |
| G 2 | 1,40 | 0,75 | (1-6) |
| G 3 | 0,30 | 0,47 | (12-12) |
| G 4 | 1,04 | 1,28 | (12-12) |
| G 5 | 0,76 | 0,17 | (12-12) |
| G 6 | 1,12 | 1,42 | (10-5) |
| G 7 | 0,57 | 0,82 | (12-12) |
| G 8 | 0,86 | 1,10 | (12-12) |
| G 9 | 0,66 | 0,66 | (12-12) |
| G 10 | 0,93 | 1,00 | (12-12) |
| G 11 | 0,60 | 1,72 | (12-12) |
| G 12 | 0,49 | 0,54 | (12-12) |
| G 13 | 1,15 | 1,41 | (12-12) |
| G 14 | 0,63 | 0,63 | (12-12) |
| G 15 | 0,00 | 0,00 | (12-12) |
| G 16 | 0,45 | 0,65 | (12-12) |
| G 17 | 0,71 | 1,41 | (12-12) |
| G 18 | 1,00 | 1,20 | (12-12) |
| G 19 | 0,32 | 0,71 | (12-12) |
| G 20 | 0,13 | 1,27 | (12-12) |
| G 21 | 0,78 | 0,45 | (12-12) |
| G 22 | 0,46 | 0,70 | (12-12) |
| G 23 | 0,71 | 1,27 | (12-12) |
| G 24 | 0,12 | 0,26 | (12-12) |
| G 25 | 0,79 | 0,92 | (10-7)(7-10) |
| G 26 | 0,89 | 0,52 | (12-12) |
| G 27 | 0,99 | 0,95 | (12-12) |

Tabla anexo 14: 30° Longitud de ejes y morfología de orificio y bisel, LEI y LED. Fuente: Elaboración propia