



Universidad del Aconcagua

Evaluada por CONEAU.

Facultad de Psicología

Licenciatura en Criminalística

Tesina

Titulo: *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.*

Alumna: PEÑARANDA, Corel Yasmín.

Director de Tesina: Lic. ESCUDERO, José Gustavo.

Año: 2013.

HOJA DE EVALUACIÓN

TRIBUNAL:

Presidente:

Vocal:

Vocal:

NOTA:

RESUMEN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se planteó como objetivo establecer el ángulo de incidencia con el que un proyectil penetra un blanco construido en acrílico a partir de los signos generados en el orificio.

En la experiencia, se utilizó un arma de fuego de tipo pistola semiautomática calibre 9 mm, marca FM Hi-Power, con munición Luger proyectil punta ojival, de la fábrica Magtech.

Luego de efectuar cada disparo, se inspeccionó físicamente mediante observación directa la superficie de acrílico impactada. Se describieron las características de las distintas muestras, las cuales se separaron en tres categorías: orificio, bisel y fracturas radiales.

El análisis de la experiencia concluyó que a partir de las características encontradas en las tres categorías anteriormente mencionadas, no se puede establecer el ángulo de incidencia mediante el análisis de un solo signo. En algunos casos la combinación de ellos permite acotar a un rango de ángulos la trayectoria incidente.

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

SUMMARY OF RESEARCH

The present work was raised as objective to establish the incidence angle with which a projectile penetrates a built in white acrylic from the signs generated in the hole.

In the experience, a firearm was used to type semi-automatic pistol caliber 9 mm, mark FM Hi-Power, with ammunition ogival Luger bullet tip, of the factory Magtech.

After each shot, inspected physically through direct observation of the acrylic surface impacted. They described the characteristics of the different samples, which were separated into three categories: hole, bevel, and radial fractures.

The analysis concluded that the experience from the features found in the three categories above can not be set the angle of incidence by analyzing a single sign. In some cases a combination of these allows to delimit a range of angles incident path.

This research work had a criminalistic, which was the recognition of the signs that are generated in the angles of incidence of the experience and then to refine the position of the shooter.

ÍNDICE

HOJA DE EVALUACIÓN	2
RESUMEN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	3
SUMMARY OF RESEARCH	4
AGRADECIMIENTOS	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I	10
PROBLEMA	11
OBJETIVOS	12
1 Objetivo general	12
2 Objetivo específico	12
HIPÓTESIS DE TRABAJO	12
VARIABLES	13
Variables Cualitativas:	13
Variables Cuantitativas:	13
CAPÍTULO II	15
ANTECEDENTES	16
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	19
1 Balística Forense y sus Ramas	19
2 Ángulo de incidencia	20
3 Energía Cinética	20
3.1 Velocidad Remanente y Fuerza Viva	20
4 Elasticidad y Deformación	20
4.1 Propiedades Mecánicas de los Materiales	21
5 Peritaje en Distintas Superficies	22
6 El Acrílico	23
6.1 Fórmula Química	23
6.2 Propiedades del Material	24
6.3.1 Propiedades Mecánicas	24
7 Características	25
CAPÍTULO III	26
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	27
1 Análisis exploratorio y descriptivo	27
2 Selección de elementos	27
2.1 Elección del arma de fuego y la munición	27
2.2 Elección de la superficie de impacto	27

2.3 Elección de la distancia de disparo	28
2.4 Elección de los ángulos de incidencia	28
3 Explicación de la metodología	28
3.1 Orificio:	29
3.2 Bisel:	31
3.3 Fracturas Radiales:	31
4 Elementos de la experiencia	33
CAPÍTULO IV	36
ANÁLISIS DE RESULTADOS	37
<i>Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 90°</i>	37
<i>Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 80°</i>	47
<i>Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 70°</i>	57
<i>Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 60°</i>	66
<i>Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 50°</i>	77
<i>Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 40°</i>	87
<i>Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 30°</i>	97
CAPÍTULO V	108
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	109
1 Orificio:	109
2 Bisel:	111
3 Fracturas radiales:	112
4 Otras características:	113
CAPÍTULO VI	115
CONCLUSIONES	116
APORTES DE LA INVESTIGACIÓN A LA CIENCIA CRIMINALÍSTICA.	122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
ANEXOS	125
<i>Tabla de datos de los disparos de experiencia:</i>	125

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por todo el apoyo incondicional, especialmente a mis padres quienes me compraron los materiales para realizarla.

A mi director de tesina por todo el tiempo, paciencia y apoyo durante todo el trabajo.

Al profesor Zambrano, Diego por la ayuda en la toma de fotografías para la experiencia.

A mis amigas y novio por el apoyo y la ayuda.

INTRODUCCIÓN

La presencia de acrílico en las construcciones se incrementa, reemplazando al vidrio en cartelería o anuncios públicos. Su uso también se ha detectado en piezas de automóviles (accesorios) y motocicletas (accesorios, carenados). Esta temática nos lleva a analizar las características generadas en el orificio, por un proyectil disparado por arma de fuego, para determinar el ángulo de incidencia.

Para esta investigación la metodología será experimental, se utilizarán 175 probetas de acrílico de 3mm de espesor sobre las que se realizarán disparos con pistola calibre 9mm a diferentes ángulos de incidencia (90°, 80°, 70°, 60°, 50°, 40°, 30°). Los orificios producidos serán profundamente observados y se describirán los signos hallados.

Con este estudio se pretende encontrar las características de los daños que se generan en acrílico con impactos 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, la selección del arma, de la superficie de impacto, la munición, la distancia y los ángulos de incidencia establecidos para cada disparo, la metodología propiamente dicha, la muestra del trabajo de investigación y los elementos utilizados para la experiencia.

En el cuarto capítulo se exhibe el análisis de los resultados de la experiencia de disparo que se realizó en cada una de las series de ángulos de incidencia estudiados.

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, el aporte del trabajo de investigación a la ciencia criminalística, las referencias bibliográficas y el anexo con las tablas de las características de los orificios en los distintos ángulos de incidencia.

Este trabajo de investigación permitirá acotar la posición del tirador en el momento en el que el proyectil abandona la boca del cañón de acuerdo a los signos producidos cuando entra en contacto con la superficie de acrílico. Para tal fin se recurre a una metodología de análisis cualitativo (morfología de los orificios conformados en el blanco) y otra por medio del análisis cuantitativo (ángulo de incidencia y longitud de los orificios), para establecer el sentido y orientación de los disparos.

CAPÍTULO I

Planteamiento de Problema, Objetivos e Hipótesis de Trabajo

PROBLEMA

En la actualidad la utilización de acrílico va aumentando en reemplazo del vidrio (Ej: cartelería de difusión pública), por lo cual podemos encontrar efectos balísticos en el mismo, ya sea como producto de un tiroteo, atentado, homicidio, accidente. Por el momento los autores clásicos no han profundizado en el análisis de sus características como se explica líneas abajo. Por lo tanto en estos hechos, a través del estudio de daños, resulta difícil la determinación de la posible posición de la boca de fuego con miras a ubicar al tirador. Si bien es importante estudiar detalladamente las características del orificio de entrada y la determinación del ángulo de incidencia, de acuerdo a la bibliografía tradicional, con la información que se obtiene de los mismos es insuficiente para responder con precisión y detalle la dirección de procedencia del disparo, la cual será mas precisa en el caso de contar con dos o más elementos que hayan sido afectados por el disparo, lográndose así trazar una recta para determinar la posición de la boca de fuego.

En un hecho de cualquier índole, entre los interrogantes a dilucidar por parte del perito, se encuentra la posición de la víctima, la trayectoria balística, la distancia aproximada de la boca de fuego y la posición del tirador representada con rigor técnico como la ubicación de la boca de fuego, entre otras. Esta última es el objeto de la presente investigación, puesto que por el momento para determinar el ángulo de la trayectoria incidente (T.I.) descripta por los proyectiles que impactan acrílicos se aplican supletoriamente los estudios realizados en vidrio, ya que según los profesionales del medio poseen las mismas propiedades físicas. Teniendo en cuenta las obvias diferencias en cuanto a su composición y las aparentes divergencias entre el comportamiento de ambas superficies, es posible que se estén cometiendo falencias en el análisis de estos fenómenos balísticos.

A partir de lo dicho anteriormente surge el cuestionamiento sobre la aplicación de estos estudios, para establecer el ángulo de incidencia sobre acrílico, planteándose el siguiente problema:

¿Cuáles son los signos generados en el orificio de un blanco, construido en acrílico, a partir de diferentes ángulos de incidencia de proyectil disparado por arma de fuego?

OBJETIVOS

1 Objetivo general

- ✓ Determinar el ángulo de la trayectoria incidente a partir de los signos generados en el orificio de un blanco construido en acrílico, por el paso de un proyectil disparado por pistola calibre 9 mm.

2 Objetivo específico

- ✓ Analizar los daños, en diferentes ángulos de incidencia de proyectiles disparados por una pistola 9 mm, sobre placa acrílica.
- ✓ Determinar cuales signos producidos en el blanco se mantienen constantes mientras no varía el ángulo de incidencia.
- ✓ Determinar cuales signos producidos en el blanco varían cuando se modifica el ángulo de incidencia.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

“Si se reconocen los signos generados en el orificio de un blanco de acrílico por el paso de un proyectil disparado por arma de fuego calibre 9 mm entonces se puede establecer el ángulo de incidencia.”-

VARIABLES

Las variables que se utilizaron en la presente investigación, son de carácter cuantitativo y cualitativo:

Variables Cualitativas:

Morfología del orificio:

Se observaran los orificios, en cada ángulo de incidencia, de los cuales se tendrá en cuenta: la forma dejada por el pasaje del proyectil en la probeta, las características que registran los bordes de la cara incidente, las características que se advierten en los bordes de la cara saliente, las transferencias del proyectil hacia el material impactado, las deformaciones, fusiones y fracturas que presenta el material.

Morfología del bisel:

Se observará el aspecto que presenta el mismo y las características que se registran en los bordes.

Morfología de las fracturas radiales:

Se examinarán las fracturas en distintas dimensiones de espacio. Por lo tanto no solo se observará el comportamiento de estas en los ejes X e Y del plano correspondiente a la cara afectada por el impacto, sino también los cambios que la sección de la misma experimenta en la fractura. Además se determinará el tipo de punto de origen de la confluencia de las fracturas.

Variables Cuantitativas:

Ángulo de incidencia:

Es el formado por la trayectoria del proyectil y el plano que forma la superficie de contacto. Es medido en grados. Esta variable es de carácter **independiente**, ya que se manipulan para observar los resultados.

Longitud del eje horizontal y eje vertical del orificio de entrada:

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.

Ancho máximo y mínimo del bisel:

Medido en centímetros. Variable de carácter **dependiente**.

Distribución de las fracturas radiales:

Se contabiliza la cantidad de fracturas por cada posición horaria. Variable de carácter **dependiente**.

CAPÍTULO II

Antecedentes, Marco Teórico y Conceptual

ANTECEDENTES

Ferreyro (2007) en el marco de investigaciones realizadas en el Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina (IUPFA), llevo a cabo estudios de los efectos de impactos balísticos sobre vidrio, madera y metal. En la ocasión infiere que algunos efectos son traspolables a otras superficies con las mismas propiedades físicas que el vidrio.

En este sentido al referirse a la determinación del sentido de fuerza a partir de las características dejadas en el vidrio sostuvo que:

... es necesario analizar la concentración de fracturas radiales y concéntricas. La agrupación mayor de ellas indica que el proyectil proviene de la zona contraria. Este fenómeno se repite en el hueso de cráneo, como cualquier otra superficie que posea estas mismas propiedades físicas (Ej.: acrílico o plásticos duros) (Ferreyro, 2007, Pág. 50).

La misma autora sostiene que al ser el orificio de menor tamaño del lado del que proviene el proyectil, se puede pensar que la mensura del pequeño orificio nos da el diámetro del proyectil actuante, a no ser que el proyectil se hubiera deformado al recibir la resistencia elástica del vidrio, y al final lo logre atravesar pero con su ojiva ampliada y peor aún, deformada, o que el movimiento posterior del vidrio o el viento hubiera desprendido del material. (Ferreyro, 2007, Pág. 48)

Locles (2005), por su parte aseguro que:

Un dato importante a tener en cuenta para determinar el sentido del proyectil que impacto sobre el vidrio, lo constituye el hecho de que los restos del vidrio que se desprenden del orificio hecho por éste, se ubicarán en el lado opuesto al lugar desde donde se originó el disparo. (Locles, 2005, Pág. 173).

Luego describió las principales características dejadas por el proyectil sobre el orificio de entrada:

- ✓ *A boca de jarro o quemarropa: se produce un orificio mucho mayor que el diámetro del proyectil, porque actúan sobre la zona los gases que salen por la boca de fuego (...) presentan roturas radiales, y próximas al orificio, fracturas concéntricas.*

- ✓ *A corta distancia: (...) bordes del orificio de entrada muy afilados y agudos, y un bisel del lado de adentro, es decir del lado opuesto a la entrada (...)*
- ✓ *A muy larga distancia: (...) las puntas que bordean inmediatamente el orificio no son tan afiladas ni agudas. También se observa en el orificio de entrada una mayor magnitud en su parte inferior, por cuanto el proyectil está bajando (...)* (Locles, 2005, Pág. 173-175)

Torres (2012), de Megacril, al establecer las propiedades del acrílico, señaló que las mismas presentan resistencia a la fractura. También realizó una tabla de pruebas de impacto de un proyectil, en las cuales “...se descubre que varios espesores de acrílico tienen un mayor grado de resistencia que varios tipos de vidrios”.

Burke TW y Rowe WF en su publicación de la revista Forensic Sci del año 1992 volumen 37 obtuvieron conclusiones importantes respecto del comportamiento de los proyectiles frente a los impactos. En el trabajo destacaron que a cada tipo de superficie le corresponde un ángulo crítico de incidencia por debajo del cual los proyectiles al impactar rebotan. Por encima de este ángulo los proyectiles se desintegran o perforan la superficie de impacto.

Guevara (2010), en su tesina sobre Determinación de la posición del tirador a través del ángulo de incidencia en disparos efectuados a superficies metálicas, llegó a la conclusión que la morfología del orificio varía claramente según se modifica el ángulo de incidencia. Señala que se han podido definir en forma amplia dos grupos: para los orificios generados con proyectiles incidentes a 50, 60 y 70 grados conformaciones *piriformes* cuya máxima expresión se advierte en el ángulo de 70 grados; mientras que en las pruebas realizadas a 80 y 90 grados los orificios han adoptado formas *ovoides*. (Guevara, 2010, Pág. 85).

En el peritaje sobre metales la revista de Metalurgia Madrid 36 del año 2000 del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de la Universidad Nacional de Colombia, en su “estudio sobre los tipos de cráteres obtenidos en el impacto de proyectiles 5,56mm SSl 09, sobre blancos de acero AISI-SAE 1045W (6,35mm)”, determina que es posible obtener del análisis de la morfología de los tipos de cráteres en impactos de estos proyectiles sobre dicha superficie, información que permite evaluar el nivel de eficiencia de un material y la forma en que se produce la penetración y además

que en dichos cráteres predominará el cizallamiento por bandas de corte adiabáticas sobre el flujo viscoso, cuando la microestructura del blanco sea lo suficientemente resistente. (Castro, Espejo y Martínez Pág. 32)

Ferreyro (2007), al referirse a la determinación del calibre en estructuras metálicas sostuvo que:

Si la incidencia es perpendicular, se describe un orificio circular en superficies planas; este orificio se puede medir, y nos dará un valor que podría ser asimilado con el diámetro del proyectil (...)

Si la angulación de tiro es menor a 90°, el calibre del proyectil sobre la huella surge del ancho máximo de la huella de arrastre, y no de la amplitud del orificio total (...). (Ferreyro, 2007, pág. 55)

Vidrio (2007), señaló que sobre impactos en estructuras metálicas

En el caso de examinar vehículos baleados, sería sencillo determinar la dirección de los disparos, pues la proyección de los bordes, en los orificios producidos por las balas, son muy evidentes en láminas metálicas, inclusive de otros materiales, como fibra de vidrio, acrílico y triplay, por lo que fácilmente se pueden establecer cuáles son los orificios de entrada y cuáles los de salida. (Vidrio, 2007, Pág. 420)

El mismo autor afirmó que en impactos en cristales cuando se aplica una fuerza, su elasticidad inicial se encuentra del lado opuesto al que actúa la misma. Una vez que la elasticidad haya sido excedida en su límite de resistencia, se originan las fracturas radiales que se observan en forma de trazos irregulares que se distribuyen longitudinalmente sobre la superficie del cristal. Secundariamente se producen las fracturas concéntricas. Cada fractura corresponde a un deterioro de la superficie bajo tensión, con el cráter siguiendo una proyección contraria a la de aplicación de la fuerza, donde la superficie opuesta al impacto se rompe primero, provocando una fractura de mayor dimensión. (Vidrio, 2007, Pág. 417-418)

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1 Balística Forense y sus Ramas

Cuando en un hecho de cualquier índole se emplean armas de fuego, es probable que con la inspección ocular se encuentren proyectiles, vainas, cartuchos, armas y los daños que surgen de su utilización. La ciencia que tiene como objeto su estudio es la Balística, la cual se define como aquella que:

... estudia el alcance y la dirección de los proyectiles, o del movimiento de ellos. (...) es una rama de la física aplicada, que se ocupa del movimiento de los proyectiles en general. (...) 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 forense se divide en diferentes disciplinas, de las cuales se considerarán solo dos, la balística exterior, la cual “...inicia en el momento que el proyectil abandona la boca del arma rotando sobre su eje para una mayor estabilización y consiguiente precisión (...)” (Guzmán, 2000 p.238). Y la balística de efectos también denominada balística médico-legal, siendo esta el segmento de trayectoria que va desde el orificio de entrada (OE) al orificio de salida (OS), teniendo en cuenta que puede ser sobre un cuerpo animado o inanimado. (Locles, 2000 p.105). En este trabajo se tomará un cuerpo inanimado, siendo este el acrílico. De acuerdo a Guzmán (2000 p.317), la trayectoria se define como una línea descripta en el espacio por el proyectil. En este sentido se debe distinguir la trayectoria externa de la correspondiente a los efectos, puesto que esta última comienza cuando finaliza la externa y coincide con el OE que el proyectil describe en el blanco. (Locles, 2000 p.107).

2 Ángulo de incidencia

Locles (2000 p.56), lo define como el ángulo formado por la horizontal del OE y la trayectoria del proyectil. Este ángulo es muy importante para determinar la posición de la boca de fuego.

3 Energía Cinética

Locles, (2000 p.112), explica que para obtener el valor de la energía que produce una bala cuando impacta se deben tener en cuenta dos elementos la masa y la velocidad, por lo cual se aplica la fórmula $E_c = \frac{1}{2} m \cdot V^2$. El mismo tiene en cuenta que toda o parte de la energía cinética, será cedida al blanco, de acuerdo al principio de que la energía no se pierde, sino que se transforma.

3.1 Velocidad Remanente y Fuerza Viva

La velocidad remanente es aquella que lleva el proyectil en cualquier parte de la trayectoria y siendo la misma inversamente proporcional a la distancia que recorre. La fuerza viva, en cambio, es la capacidad que tiene el proyectil para penetrar, dependiendo de la velocidad remanente y de su propio peso, cuanto mayor es la distancia entre la boca del arma de fuego y el blanco, menor es la penetración, ya que la bala pierde velocidad y fuerza manteniendo el peso constante. (Locles, 2000 p.113).

4 Elasticidad y Deformación

En todo material que ha sido impactado por un proyectil se deben tener en cuenta las propiedades mecánicas del mismo. En física e ingeniería, el término elasticidad se designa a la propiedad mecánica de ciertos materiales de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan. En muchos materiales, la deformación es directamente proporcional al esfuerzo. El máximo esfuerzo que un material puede soportar antes de quedar permanentemente deformado se denomina límite de elasticidad, siendo el esfuerzo la magnitud de la fuerza por unidad de área que causa la deformación de los cuerpos y la deformación es el cambio que sufre el cuerpo por acción del esfuerzo. Si el esfuerzo y la deformación son pequeños, entonces serán directamente proporcionales y la constante de

proporcionalidad recibe el nombre de **Módulo de elasticidad = esfuerzo/deformación** (Milachay, 23/04/09).

4.1 Propiedades Mecánicas de los Materiales

Las propiedades mecánicas de los materiales son el estudio del comportamiento de los materiales ante la acción de fuerzas. Existen diferentes formas en las cuales podemos aplicar cargas: compresión, tracción, corte o cizalladura, dureza, flexión.

La compresión se define como el esfuerzo al que está sometido un cuerpo cuando dos fuerzas de igual dirección (actuando sobre la misma recta) y en sentido contrario buscan acercar sus puntos de aplicación y por ello, generan una disminución de la longitud del cuerpo. En cambio la tracción tiende a aumentar la longitud del cuerpo, actuando dos fuerzas de igual dirección y sentido contrario. La flexión nos sirve para comprobar las deformaciones de los materiales en deformación simple (el material no debe sobrepasar nunca sus tensiones máximas de flexión). (Macchi, 2007, pp. 20-22) (Ver imagen 1)

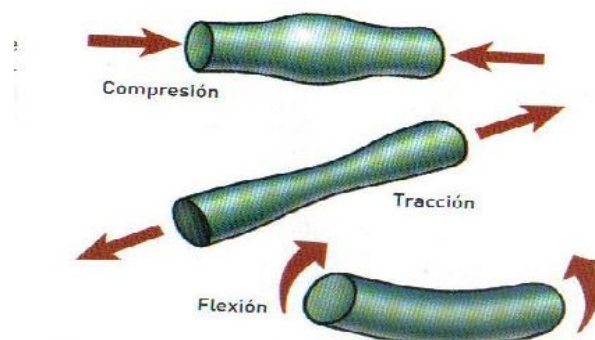


Ilustración 1: Propiedades mecánicas de los materiales. Fuente : Mikel

El corte o cizalladura es el inducido por fuerzas de sentido contrario, pero no actúan en la misma dirección sino en direcciones próximas y paralelas, produciendo así un desplazamiento de un sector del cuerpo con respecto al otro, es decir, un corte.

La resistencia que ofrece el material ante marcas o depresiones permanentes se denomina dureza. (Macchi, 2007, p. 32,34)

5 Peritaje en Distintas Superficies

Guzmán (2000 pp.303- 305), explicó que en el trabajo pericial de cualquier superficie, tal es el caso de los vidrios, primero se deben realizar disparos de experimentación con la misma clase de vidrio y bajo circunstancias análogas en todos aquellos casos donde existan dudas técnicas, ya que existen una amplia variedad de los mismos, en cuanto a su finalidad, espesor y distribución en marcos metálicos o de madera. Después se determina la dirección desde donde provino un disparo, de un solo lado del orificio se encontrarán numerosas y pequeñas escamas de vidrio que han sido expulsadas con violencia, dando a la perforación la apariencia de un volcán. Tal apreciación indica que el proyectil provino del lado opuesto a la cara del orificio donde faltan las escamas. Luego los trozos resultantes de la rotura se vuelven a armar a manera de rompecabezas y se podrá apreciar que las fracturas originan una red consistente en líneas o rayos radiales que parten del centro (el orificio del proyectil), cruzados por líneas concéntricas. Las fracturas radiales preceden a las concéntricas, ya que, como podrá apreciarse, las líneas radiales son continuas y las concéntricas se encuentran interrumpidas en las intersecciones con las anteriores. (Ver ilustración 2)



Ilustración 2: Peritaje en Distintas Superficies. Fuente: Hidalgo

Quiroz (2011, pág 23), menciona que cuando se realizan disparos sobre madera los proyectiles atraviesan sin inconvenientes, dejando un canal mas o menos

cilíndrico y encontrándose en el OS desprendimientos de madera produciendo así astillas. Si el proyectil se deforma el canal se ensancha y hay verdadero estallamiento en sus paredes.

Por su parte Chiviló (2008, p. 212) explicó que cuando impacta un proyectil el OE suele ser de forma regular, en tanto el de salida es irregular, de mayor tamaño.

El mismo autor explica que en chapas metálicas es común que el OE tenga aproximadamente el diámetro del proyectil, y que sea de forma regular (aunque no siempre), mientras que el OS puede ser ligeramente mayor, presentando entonces desprendimiento total o parcial del metal impactado (efecto similar al de un sacabocados con forma regular); también puede evidenciar un desgarró de forma irregular con desplazamiento del material en forma de gajos o pétalos. (Chiviló, 2008, p. 212). Guzmán (2000, p. 269), agregó que *“Proyectiles de mayor velocidad y calibre remueven discos metálicos del centro del orificio y que a su vez los bordes evertidos de este último adoptan la forma de rulos”*

6 El Acrílico

El acrílico conocido como polimetilmetacrilato (PMMA), es un material termoplástico naturalmente transparente. La lámina de acrílico se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo y la presentación más frecuente en la industria del plástico es en granza, (“pellets” en inglés), o en láminas. La granza se emplea en el proceso de inyección o extrusión y las láminas o perfiles para termoformado o para mecanizado. Las mismas se entregan con una protección de polietileno autoadhesivo en ambas caras, para evitar que durante el transporte, almacenaje y transformación, se dañe su brillante superficie.

(Cegarra, 2012, p.3)

6.1 Fórmula Química

Los acrílicos son polímeros derivados del ácido acrílico ($C_3H_4O_2$) y de sus compuestos. El termoplástico más importante en el grupo acrílico es el polimetilmetacrilato (PMMA), de fórmula $C_5H_8O_2$. .Es un polímero lineal amorfo. (Groover, 1997, p. 198-199)

6.2 Propiedades del Material

Las características más destacables de este material termoplástico son: resistencia espontánea a la luz solar (luz U.V.) y agentes atmosféricos, buenas propiedades mecánicas y eléctricas, bajo peso específico, buena dureza y relativa resistencia al rayado, buena superficie y alto brillo, resistente a la mayoría de las más comunes sustancias químicas. Este conjunto de propiedades permite su aplicación con éxito en la industria de la construcción, cartelería y señalización al exterior, artículos para el hogar, publicidad, regalos, entre otros. (Cegarra, 2012, p.4)

6.3.1 Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas de los polímeros se especifican con los mismos parámetros utilizados para los metales: módulo elástico y resistencias a la tracción, impacto y a la fatiga.

La resistencia máxima a la tracción es 100 Mpa. La elongación plástica puede llegar al 1000%.

Las características mecánicas de los polímeros son muchos más sensibles a las variaciones de temperatura, en condiciones ambientales, que las de los metales. El comportamiento esfuerzo-deformación del polimetilmetacrilato de metilo a temperaturas comprendidas entre 4 y 60°C se aprecia que el incremento de temperatura produce 1) disminución del módulo elástico, 2) disminución de la resistencia a la tracción y 3) aumento de la ductilidad: el polímero es totalmente frágil a 4°C, mientras que a 50 y 60°C experimenta una deformación plástica.

Como los metales, los polímeros presentan rotura dúctil o frágil cuando se someten al impacto de una carga, dependiendo de la temperatura, del tamaño de la probeta, de la velocidad de deformación y del modo de aplicar la carga. (Callister, 1996, p. 492-493, 508).

7 Características

Cuando un proyectil impacta sobre el acrílico podemos encontrar las siguientes características:

Fracturas radiales, las cuales rompen por la cara opuesta al impacto y se expanden desde el centro de choque hacia la periferia; fracturas concéntricas; desuniones de trozos del plástico. La sección de la fractura presenta forma concoidal, la línea perpendicular a la superficie de la lámina indica que se trata del inicio de la rotura y son paralelas en la cara de terminación de la fractura; la dirección de propagación del golpe es del lado cóncavo al convexo. (De Antón y Barberá y Luis y Turegano, 2004 p. 1139.1140).

Chiviló (2008, p. 213), al referirse a plásticos en general, sostiene que cuando un proyectil impacta en forma perpendicular al blanco, el orificio presenta una forma radial uniforme, mientras que si el impacto se produce en ángulos menores a 90° el orificio tiende a ser elíptico y ovalado.

CAPÍTULO III

Metodología de Investigación

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación:

- Según su metodología es cuantitativa
- Según su diseño es exploratorio y descriptivo

1 Análisis exploratorio y descriptivo

Por medio de esta experiencia, se pretende a través de distintos ángulos de incidencia, conocer cuáles son los signos que surgen en el orificio y la periferia cuándo el proyectil atraviesa el blanco. En este caso los blancos elegidos para realizar dicha experiencia, son probetas de acrílico.

El arma de fuego y los cartuchos con los que se harán los disparos de experiencia, serán los mismos en toda la investigación. Con respecto a la munición, está será toda de la misma marca y lote de fabricación.

2 Selección de elementos

2.1 Elección del arma de fuego y la munición

Se utilizará un arma de fuego tipo pistola semiautomática calibre 9 mm. En cuanto a la munición, se eligió el calibre 9 mm Luger de la fábrica Magtech, de proyectiles de forma ojival, del tipo blindado.

2.2 Elección de la superficie de impacto

Se tomo como superficie de impacto láminas de polimetilmetacrilato (PMMA), conocido en la industria de la construcción, cartelería y señalización al exterior, artículos para el hogar, publicidad, regalos, entre otros, como acrílico. Se utilizarán 175 probetas de 15cm por 14,5 cm de dimensión y 3 mm de espesor.

2.3 Elección de la distancia de disparo

Es importante que la distancia de disparo no sea grande, ya que el proyectil perdería velocidad y energía. La razón para elegir la menor distancia radica en que no se quiere poner en discusión la modificación de los efectos en acrílico como consecuencia de la variación de energía por la misma. Se elige la menor distancia posible a la que los gases no causen efectos negativos y a la que la disminución de la energía (entre la boca y el punto de impacto) sea mínima y por lo tanto despreciable. Si bien la absoluta sería cero, a esta distancia los gases causan efectos, por lo que tomando en cuenta exploraciones e investigaciones anteriores, la distancia de disparo establecida para esta investigación será de 1, 15 metros.

2.4 Elección de los ángulos de incidencia

Se realizaron 25 disparos en cada uno de los siguientes ángulos de incidencia: 90°, 80°, 70°, 60°, 50°, 40° y 30°

3 Explicación de la metodología

La experiencia de disparo se realizó en un recinto abierto, por lo cual la distancia ya seleccionada además contribuye a minimizar la influencia del ambiente sobre los efectos en el terreno de la balística exterior, siendo estos despreciables.

Se utilizó un bastidor metálico, en donde la probeta de acrílico fue firmemente sujeta mediante una prensa.

Para colocar el arma, se utilizó un soporte el cual permitió que la boca de fuego quedara a la misma altura del centro del blanco, se colocó sobre una mesa que impidió su movimiento durante la experimentación. Para que permaneciera todo nivelado a la misma altura se usó el método de triangulación.

De esta forma, la boca de fuego durante toda la experiencia estuvo a la misma altura que el centro de las probetas de acrílico, lo que permitió que todos los disparos se dirigieran hacia el mismo. Para contener los proyectiles se utilizó un cilindro de metal, el cual en su interior tenía estopa, el mismo estaba nivelado a la misma altura que el centro de la probeta.

Se realizaron 25 disparos por cada una de la series de ángulos de incidencia, el primer ángulo fue de 90 grados. Luego comenzó la graduación cada 10 grados en sentido antihorario hasta llegar a los 30 grados. De este modo la primera variación de 10 grados generó que la trayectoria incidente correspondiera a 80, con dirección de izquierda a derecha de la probeta y así sucesivamente.

Después de cada disparo, se observó el blanco en el bastidor para constatar su perforación. Luego se retiró la probeta de acrílico y se colocó sobre una mesa para rotularlas (se identifico el ángulo de incidencia y número de la muestra) y ser medidas a través de un testigo métrico. Para el traslado fueron puestas en una caja de madera, separadas por cartones, para evitar que se golpeen unas a otras.

Luego para fotografiar cada probeta fueron colocadas sobre una mesa de copiado con una cartulina negra por debajo y luz rasante en ambos lados de la mesa (Foco luz día 100W). Se ubico la cámara NIKON D-40 sobre un soporte (fijo al barral de la mesa de copiado), cada fotografía fue obtenida con la siguiente configuración:

Operación: Manual

Distancia de la probeta a la cámara: 25cm

Diafragma: f.10

Velocidad: 1/10

200 ASAS

Lo siguiente que se realizó fue la confección de una tabla en Microsoft Excel para cada ángulo de incidencia donde se volcaron las características de las distintas muestras las cuales se separaron en tres categorías: orificio, bisel y fracturas radiales.

3.1 Orificio:

Variables Cualitativas:

Aspecto: Conformación total del orificio observado en grandes rasgos. Los mismos serán calificados como: regulares, cuando el daño tomo alguna forma geométrica; o irregulares, cuando no sea posible reconocer ninguna figura.

Apariencia: Se tomo este término ya que no se puede definir la forma de manera certera. En este punto del análisis se indicará, sin perjuicio de la calificación anterior, si el daño tiene apariencia circular, ovoidal, oval o indefinida, según sea el caso.

Bordes: Se dividió la imagen en cuatro partes, la numeración fue puesta de acuerdo a los ejes cartesianos en matemática, comenzando en el cuadrante superior derecho y prosiguiendo en sentido antihorario. Se describieron teniendo en cuenta las agujas del reloj. Se tuvo en cuenta si el borde es definido (no presenta irregularidades), predominantemente definido (presenta pocas irregularidades), dentado (cuando las irregularidades en el borde se presentan de forma rectangular), predominantemente dentado (presenta en gran mayoría irregularidad en el borde de forma rectangular), escamado (cuando las irregularidades en el borde se presentan de forma cóncava), predominantemente escamado (presenta en gran mayoría irregularidad en el borde de forma cóncava).

Variables Cuantitativas:

Se midió el eje horizontal (representado por la unión horaria de 9 a 3) y vertical (unión horaria de 12 a 6) del orificio en centímetros. Como se expresa la mensura (horizontal y vertical) se realizó entre los extremos del orificio aunque alguno de los puntos se encontrara afectado por importantes perdidas de material; como se miden dos ejes uno de ellos siempre es mayor y el otro siempre es menor, pero ello no representa que constituya efectivamente el eje de mayor extensión de todos los ejes posibles y viceversa. Entiéndase que en sentido estricto el eje que representa el mayor daño, tanto como el eje que representa el menor daño, puede corresponder a un eje diferente al horizontal o vertical, sin embargo dadas las condiciones de la experiencia el eje horizontal corresponde al mismo plano en el que se halla la trayectoria incidente; por oposición el eje vertical es perpendicular al plano en cuestión.

3.2 Bisel:

Variables Cualitativas:

Bordes: Se describieron a partir de las agujas del reloj, teniendo en cuenta la separación de la imagen en cuadrantes. Los mismos podían ser monobiselados (presenta un bisel), predominantemente monobiselado (mayormente presenta un bisel), bibiselado (bisel en ambas caras), predominantemente bibiselado (mayormente bisel en ambas caras).

Se observó si existía desprendimiento de acrílico en la cara incidente, y si el mismo presenta al tacto rugosidades suaves o ásperas. También se constató si el ancho del bisel a simple vista era de mayor o menor longitud que el de la cara saliente.

Aspecto: Se tuvo en cuenta si las rugosidades curvas y transversales que se observaban dentro del bisel eran escasas, moderadas, intensas o muy intensas. También se observó y describió el inicio y el fin del bisel.

Variables Cuantitativas:

Se observó cual era el ancho máximo y mínimo, midiéndolos en centímetros en forma radial. Se tuvo en cuenta que el mismo podía tomar posición vertical, horizontal u otra posición. A este fin se verificó el sitio en el que el bisel presentaba la mayor y menor extensión para luego registrar el cuadrante al que pertenecía.

3.3 Fracturas Radiales:

Variables Cualitativas:

Dimensiones del espacio:

- Eje X y Y: Se examinó la fractura radial apreciando sus características mediante una observación en el mismo sentido de la trayectoria incidente con el fin de verificar si las mismas eran rectilíneas, curvas o mixtas.

- Sección de la fractura: Se practica de modo tal de registrar las características que corresponden en sentido perpendicular al plano de la probeta. Si la fractura se advierte como una delgada línea se registra como perpendicular al plano, mientras que si se observa como una franja se interpreta que la fractura es oblicua respecto de este plano. La categoría mixta se reserva para casos en que la fractura registra ambos caracteres.

Punto de origen: Corresponde a la región donde confluye la extensión de las fracturas radiales. Para su determinación se trazaron líneas a partir de las fracturas radiales hacia el centro, para observar si coinciden o no. Cuando las fracturas convergen en un mismo punto se califican como únicos, en los demás casos la calificación es múltiple.

Fractura de máxima longitud y fractura de mínima longitud: Se constato entre todas las fracturas radiales la ubicación de aquella que registra la mayor longitud y la de menor extensión. Se determina el cuadrante al que corresponde la fractura.

Variables Cuantitativas:

Distribución de fracturas radiales: La variable registra el número de fracturas radiales que se concentran por cada hora.

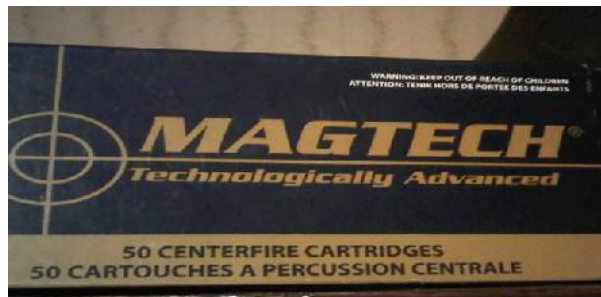
Luego del llenado de los tres apartados, se realizaron cálculos matemáticos y estadísticos a partir de tablas y gráficos, para la descripción de todos los datos que fueron almacenados en esas tablas.

4 Elementos de la experiencia

- Pistola semiautomática calibre 9mm, marca FM Hi-Power, con cañón de 118,5mm de longitud (16,5mm de recámara).



- Munición calibre 9mm Luger Magtech, cartucho de bala totalmente encamisado (FMJ), de punta ojival.



→ Testigo métrico.



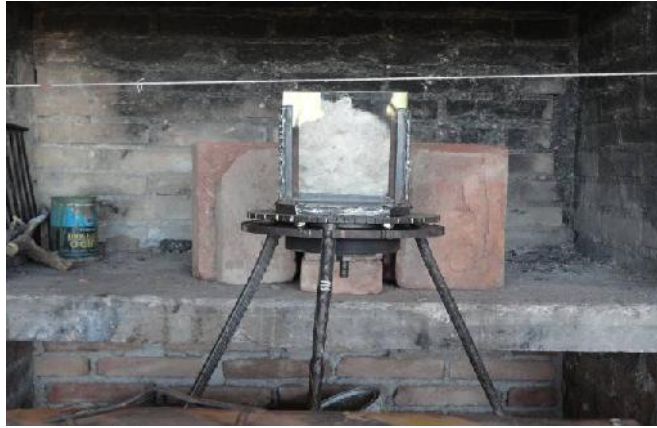
→ Soporte de probeta.



→ Soporte con graduación angular.



- Probeta de acrílico de 15 cm por 14,5 cm de dimensión y 3 mm de espesor, ubicada en el soporte graduado.



- Soporte del arma.



CAPÍTULO IV

Análisis de Resultados

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De la serie de disparos efectuados en diferentes ángulos de incidencia se obtuvieron los siguientes resultados:

Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 90°

1 Análisis del Orificio:

Aspecto y Apariencia:

De un total de 25 muestras, el 92% son de aspecto irregular y el 8% son regulares. En cuanto a la apariencia un 84% es indefinido, 8% es ovoidal y 4% tanto en aspectos circulares como para ovoides. (Ver ilustración 90° - 1 y 2)

Irregular



Regular



Ilustración 90° - 1: Aspecto

Fuente: Elaboración propia

Ovoidal



Circular



Oval**Indefinido**

Ilustración 90° - 2: Apariencia

Fuente: Elaboración propia

Eje Horizontal y Vertical:

La medición del eje horizontal del orificio, dio como resultado que de una muestra de 25, no existe una marcada diferencia, ya que el 52% tiene menor longitud que el vertical. Por lo tanto el 48% restante registra una mayor longitud.

Longitud del eje horizontal:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[1,02	1,52)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[1,52	2,02)	5	0,20	20%	5	0,20	20%
[2,02	2,52)	14	0,56	56%	19	0,76	76%
[2,52	3,02)	4	0,16	16%	23	0,92	92%
[3,02	3,52)	2	0,08	8%	25	1,00	100%
[3,52	4,02)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
		25	1,00	100%			

Tabla 90°- 1: Longitud del eje horizontal en centímetros

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje horizontal que se encuentra en el intervalo [2,02; 2,52) centímetros son 14. (Ver tabla 90°-1).

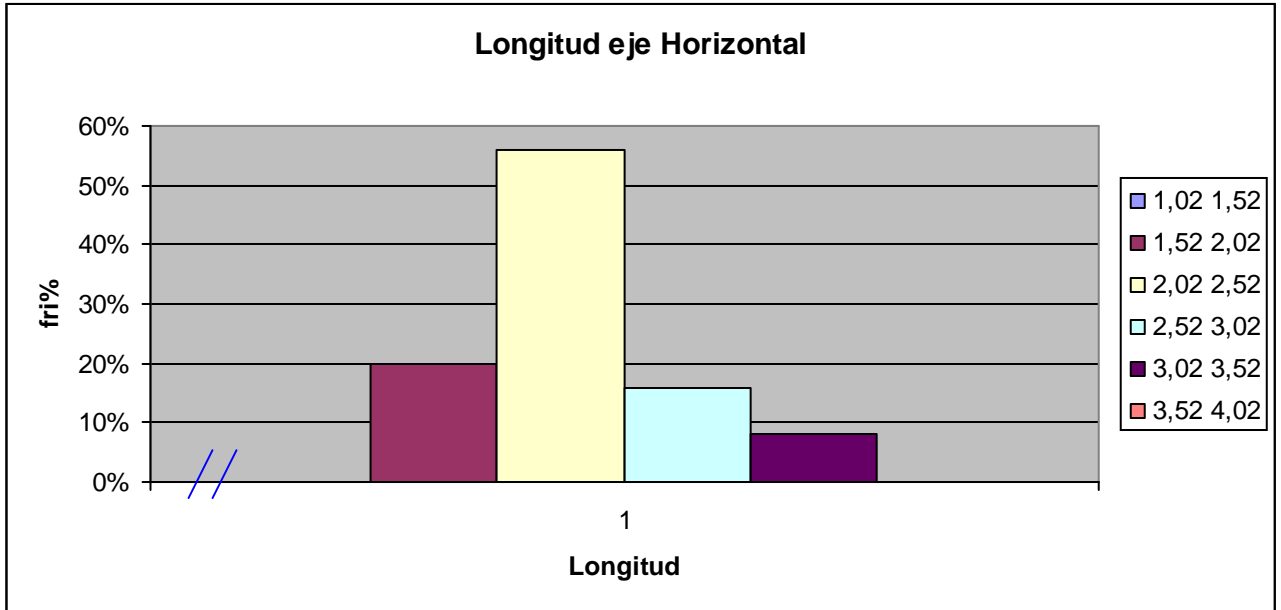


Ilustración 90°- 3: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje horizontal con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [2,02; 2,52), con un porcentaje del 56%. (Ver ilustración 90°- 3)

A partir de la tabla 90°- 1 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 2,18 cm
- cuartil 3 2,33 cm

Longitud del eje vertical:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,83	1,33)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[1,33	1,83)	3	0,12	12%	3	0,12	12%
[1,83	2,33)	12	0,48	48%	15	0,60	60%
[2,33	2,83)	7	0,28	28%	22	0,88	88%
[2,83	3,33)	3	0,12	12%	25	1,00	100%
[3,33	3,83)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
		25	1,00	100%			

Tabla 90°-2: Longitud del eje vertical en centímetros

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje vertical que se encuentra en el intervalo [1,83; 2,33) centímetros son 12. (Ver tabla 90°- 2)

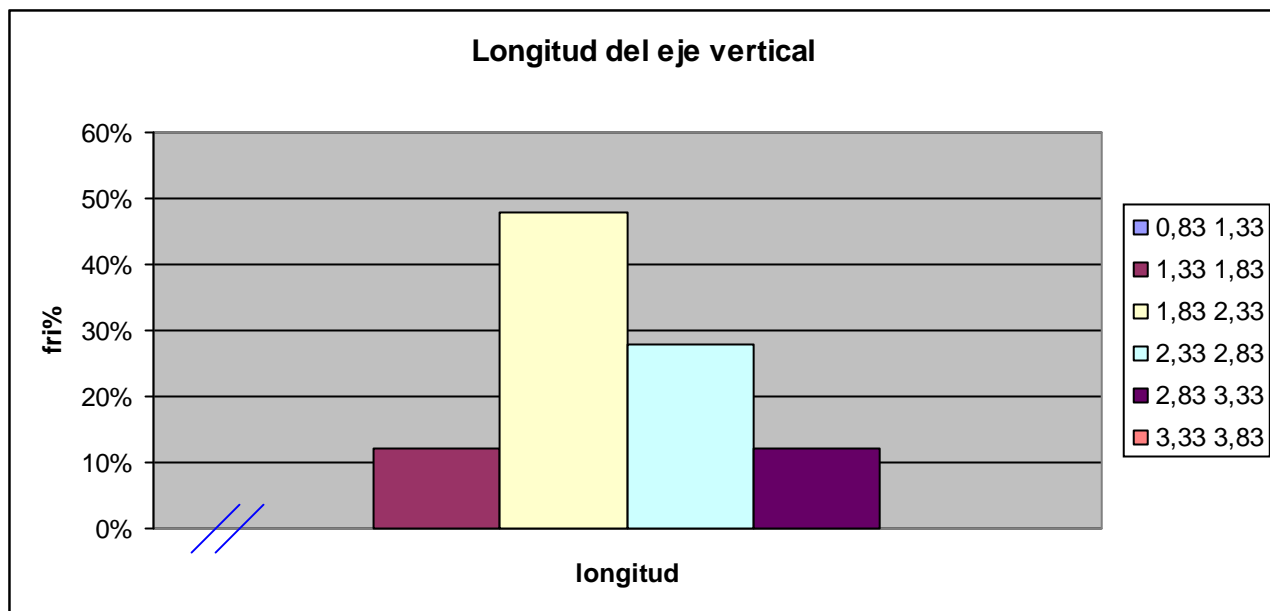


Ilustración 90°- 4: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje vertical con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [1,83; 2,33), con un porcentaje del 48%. (Ver ilustración 90°- 4)

A partir de la tabla 90°- 1 de anexos se calculó el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 2,17 cm
- cuartil 3 2,64 cm

Borde del orificio:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada probeta la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es escamado y en su minoría predominantemente dentado. (Ver ilustración 90°- 5).

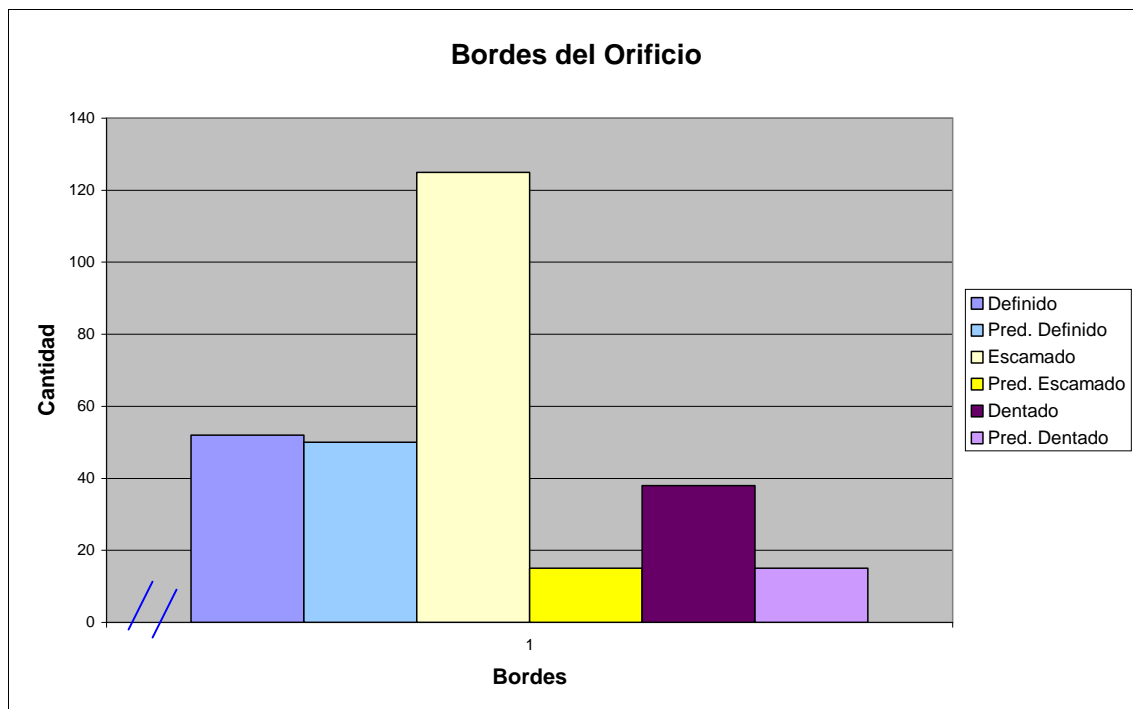


Ilustración 90°- 5: Fuente: Elaboración propia

2 Análisis del Bisel:

Ancho máximo y mínimo:

El ancho máximo del bisel varía en distintos lugares de la periferia del orificio, mayormente no coincide con el eje horizontal o vertical, ya que en 12 probetas corresponde a otra ubicación. En cambio en el ancho mínimo mayormente coincide con el eje horizontal y en menor cantidad sin tanta diferencia el vertical. (Ver tabla 90°-3)

Ancho máximo	vertical	8
	horizontal	5
	Otra ubicación	12
Ancho mínimo	vertical	11
	horizontal	12
	Otra ubicación	2

Tabla 90°-3: Ancho máximo y mínimo.

Fuente: Elaboración propia

Ancho máximo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,34	0,44)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,44	0,54)	11	0,44	44%	11	0,44	44%

[0,54	0,64)	11	0,44	44%	22	0,88	88%
[0,64	0,74)	2	0,08	8%	24	0,96	96%
[0,74	0,84)	1	0,04	4%	25	1,00	100%
[0,84	0,94)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
		25	1,00	100%			

Tabla 90°- 4: Ancho máximo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho máximo del bisel se encuentra en los intervalos [0,44; 0,54) y [0,54; 0,64) centímetros presentándose 11 probetas en cada una. (Ver tabla 90°- 4)

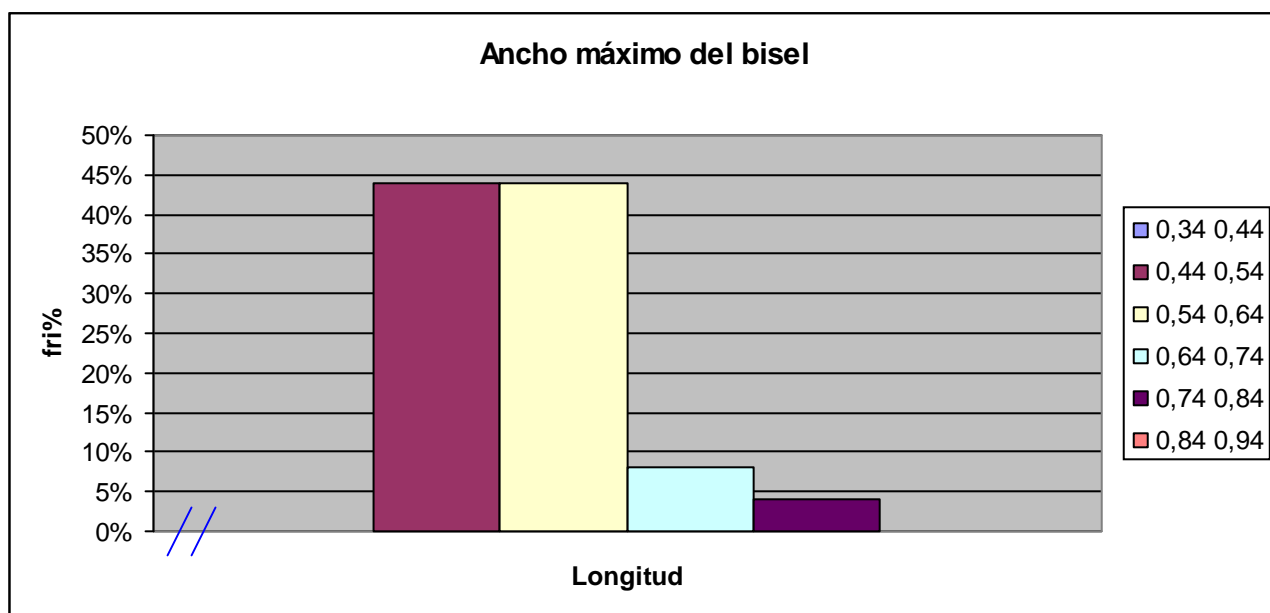


Ilustración 90°- 6: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho máximo del bisel con mayor frecuencia se encontró en los intervalos de clase [0,44; 0,54) y [0,54; 0,64), con un porcentaje del 44% cada una. (Ver ilustración 90°- 6)

A partir de la tabla 90°- 2 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,54 cm
- cuartil 3 0,58 cm

Ancho mínimo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,00	0,06)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,06	0,16)	7	0,28	28%	7	0,28	28%
[0,16	0,26)	9	0,36	36%	16	0,64	64%
[0,26	0,36)	7	0,28	28%	23	0,92	92%
[0,36	0,46)	2	0,08	8%	25	1,00	100%
[0,56	0,66)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
		25	1,00	100%			

Tabla 90°- 5: Ancho mínimo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho mínimo del bisel se encuentra en el intervalo [0,16; 0,26) centímetros presentándose 9 probetas. (Ver tabla 90°- 5)

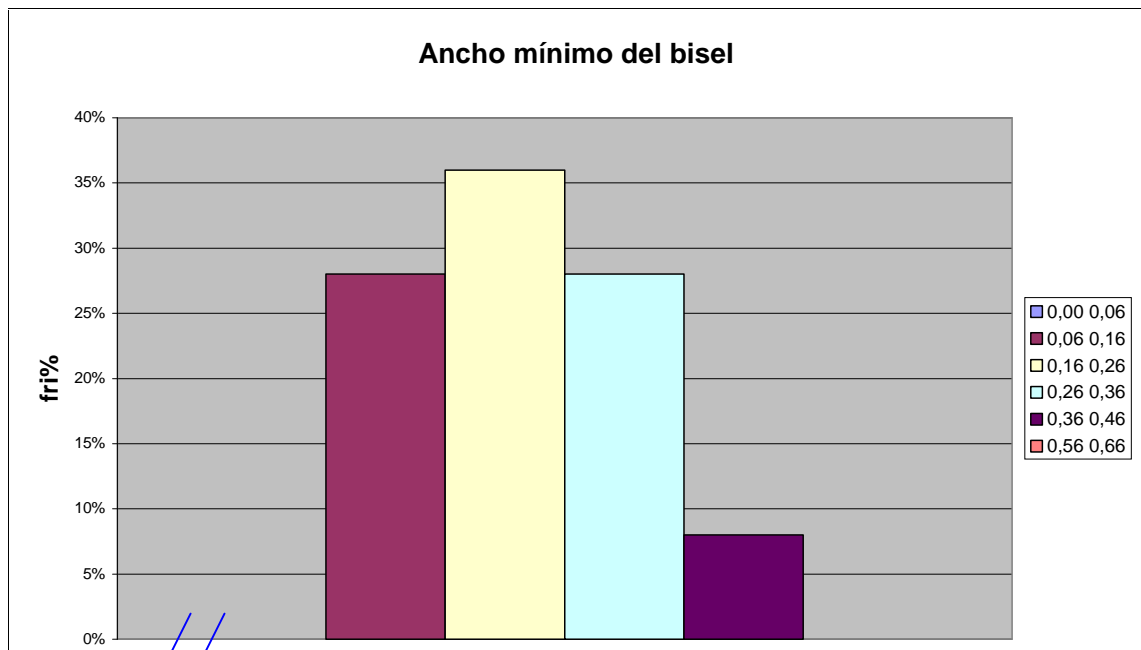


Ilustración 90°- 7: Fuente Elaboración Propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho mínimo del bisel con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [0,16; 0,26), con un porcentaje del 36%. (Ver ilustración 90°- 7)

A partir de la tabla 90°- 2 de anexos se calculó el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,22 cm
- cuartil 3 0,31 cm

Ubicación del ancho máximo y mínimo:

Si bien en el ancho máximo del bisel existen pocas diferencias en cuanto a la ubicación, se advierte tendencia a que se presente mayormente en los cuadrante 4 y 2, y en menor los cuadrantes 1 y 3. En cuanto al ancho mínimo se presenta equilibradamente en los cuatro cuadrantes sin que se advierta una fuerte tendencia. (Ver tabla 90°- 6).

cuadrante	ancho máximo	ancho mínimo
1º	5	6
2º	7	6
3º	5	7
4º	8	6

Tabla 90°- 6: Ancho máximo y mínimo de Bisel
Fuente: Elaboración Propia

Bordes del Bisel:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada una la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es bibiselado y en su minoría predominantemente monobiselado. (Ver ilustración 90°- 8)

Se observo el borde y no se encontraron desprendimientos de acrílico en la cara incidente.

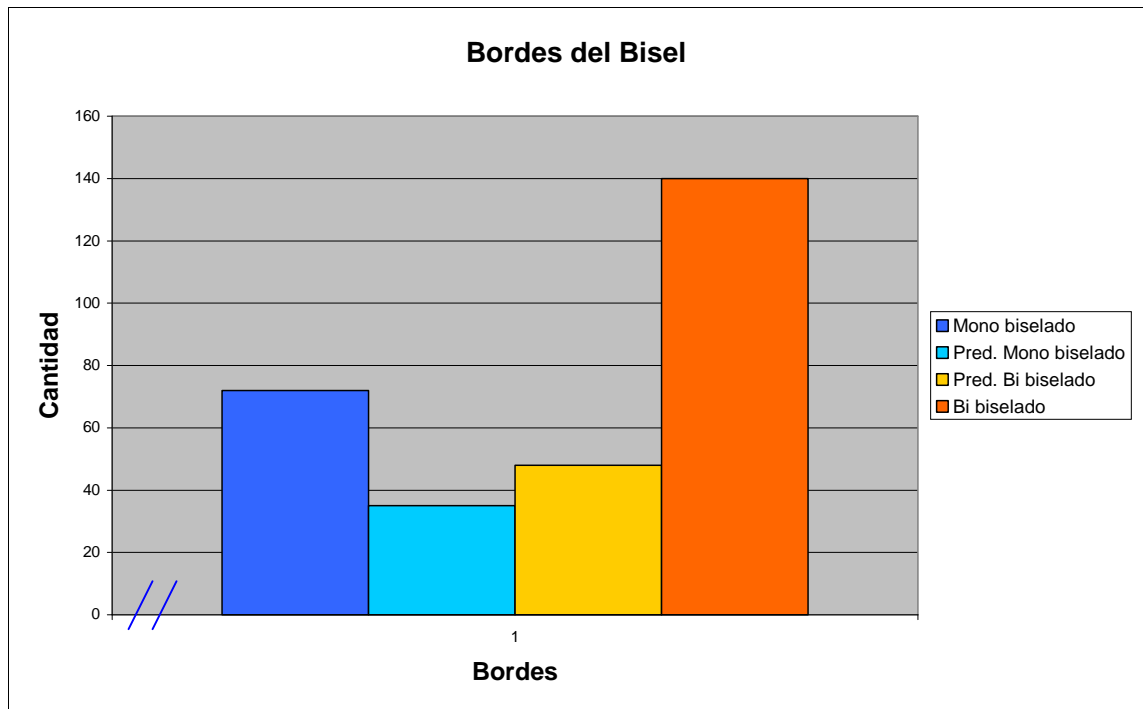


Ilustración 90°- 8: Tipo de Bisel- Fuente: Elaboración Propia

3 Fracturas Radiales:

La fractura radial más extensa se presenta más veces en el cuadrante 4, luego en menor cantidad el cuadrante 1. La fractura radial mínima si bien hay pocas diferencias se advierte tendencia en los cuadrantes 1 y 3, y en menor medida el 4. (Ver tabla 90°- 7).

cuadrante	Longitud máxima	Longitud mínima
1°	7	9
2°	1	2
3°	6	8
4°	11	6

Tabla 90°- 7: Longitud Fracturas Radiales
Fuente: Elaboración Propia

En un 60% de las muestras, las fracturas radiales se proyectan rectilíneas alejándose del daño y la sección de la fractura es perpendicular al plano impactado. (Ver tabla 90°- 8).

Eje X y Y	
Recta	15
Predominantemente Recta	6
Curva	1

Sección de la fractura	
Perpendicular	15
Predominantemente Perpendicular	5
Oblicua	1

Predominantemente Curva	3	Predominantemente Oblicua	4
Mixta	0	Mixta	0

Tabla 90°- 8: Comportamiento fracturas radiales
Fuente: Elaboración propia

Punto de origen:

Si bien no existe una diferencia muy marcada, se advierte una tendencia a que las líneas trazadas a partir de las fracturas radiales hacia el centro se presenten mayormente con un punto de origen múltiple produciéndose en el 52% del total de probetas, el 48% restante tiene un punto de origen único.

Distribución de fracturas radiales:

En las fracturas radiales de acuerdo a la división de la imagen en horas, se calculo el total de fracturas radiales por cada hora, dando como resultado que la mayoría de las fracturas se presentan a las 11 y la minoría a las 6. En cuanto a la cantidad máxima total de fracturas por probeta, se presenta en su mayoría 10. El valor que más se repite en las muestras es 9 fracturas por probeta.

Otras Características:

Además de las características mencionadas anteriormente se encontró a través de una observación minuciosa del bisel que las mismas presentaban en su conformación rugosidades transversales y curvas, las mismas podían tener diferentes grados de intensidad.

Las rugosidades transversales son diferentes elevaciones, crestas y surcos, que se presentan en el bisel en forma radial predominantemente cerca del orificio. Las mismas cuando se alejan del borde, las crestas se curvan y funden con otras definiendo un aspecto esponjoso que recuerda al de la piedra pómez.

Las rugosidades curvas son líneas escalonadas que se observan como cambios de niveles, desde un nivel más bajo en el borde del orificio a niveles más altos en los extremos del bisel.

No se detectaron transferencias de la cubierta del proyectil (adherencias o incrustaciones), tampoco se advierten en la cara saliente e incidente fusiones ni deformaciones por efecto de fricción y elevación de temperatura.

También se advirtió que los bordes de orificio eran afilados y agudos.

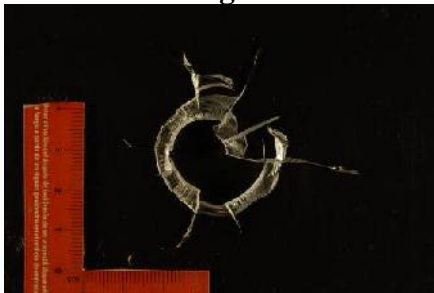
Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 80°

1 Análisis del Orificio:

Aspecto y Apariencia:

De un total de 25 muestras, el 96% son de aspecto irregular y el 4% son regulares. En cuanto a la apariencia un 88% es indefinido, 0,08% es ovoidal, 0,04% es circular y un 0% es oval. (Ver ilustración 80°- 1 y 2)

Irregular



Regular

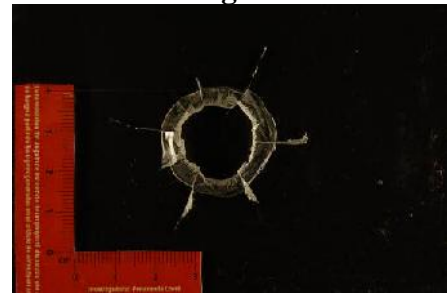


Ilustración 80° - 1: Aspecto

Fuente: Elaboración Propia

Circular



Ovoidal



Indefinido

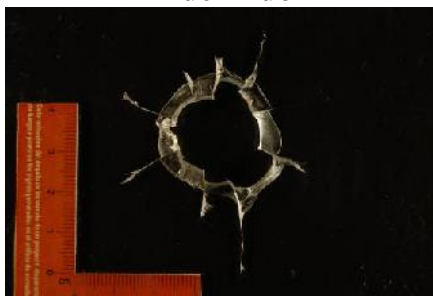


Ilustración 80° - 2: Apariencia

Fuente: Elaboración Propia

Eje Horizontal y Vertical:

La medición del eje horizontal del orificio, dio como resultado que de una muestra de 25, el 68% tiene menor longitud que el eje vertical. Por lo tanto el 32% restante registra mayor longitud.

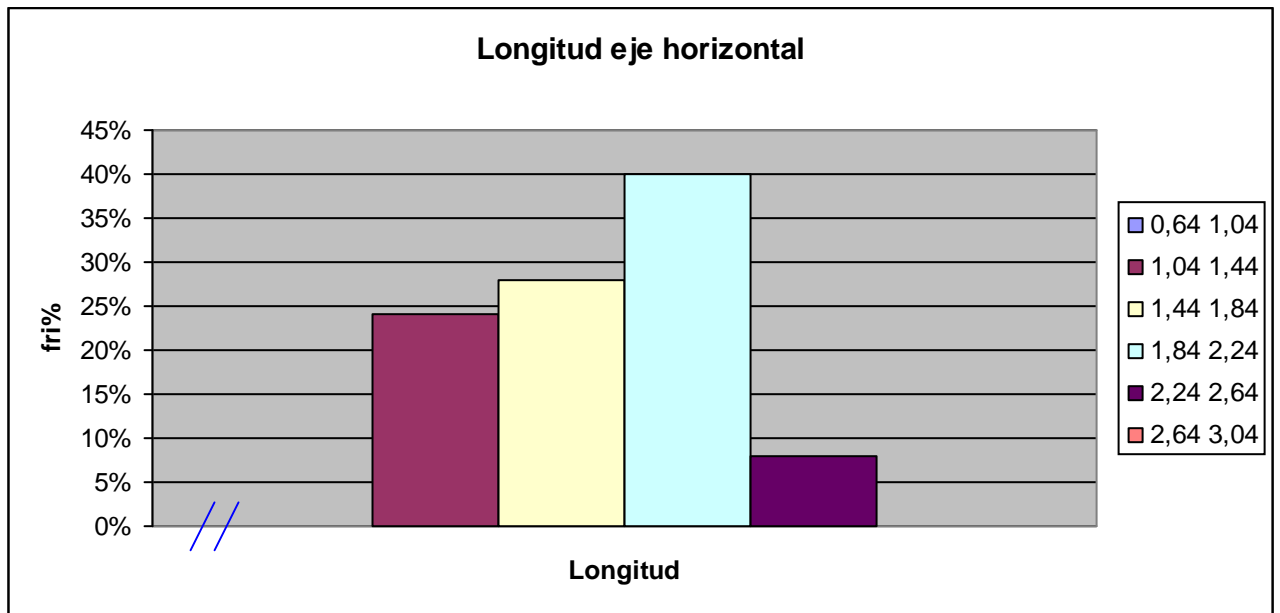
Longitud del eje horizontal:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,64	1,04)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[1,04	1,44)	6	0,24	24%	6	0,24	24%
[1,44	1,84)	7	0,28	28%	13	0,52	52%
[1,84	2,24)	10	0,40	40%	23	0,92	92%
[2,24	2,64)	2	0,08	8%	25	1,00	100%
[2,64	3,04)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 80°- 1: Longitud del eje horizontal en centímetros

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje horizontal que se encuentra en el intervalo [1,84; 2,24) centímetros son 10. (Ver Tabla 80°- 1)



Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje horizontal con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [1,84; 2,24), con un porcentaje del 40%. (Ver ilustración 80°- 4)

A partir de la tabla 80°- 1 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 1,82 cm
- cuartil 3 2,12 cm

Longitud del eje vertical:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,89	1,29)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[1,29	1,69)	7	0,28	28%	7	0,28	28%
[1,69	2,09)	10	0,40	40%	17	0,68	68%
[2,09	2,49)	2	0,08	8%	19	0,76	76%
[2,49	2,89)	5	0,20	20%	24	0,96	96%
[2,89	3,29)	1	0,04	4%	25	1,00	100%
[3,29	3,69)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
		25	1	100%			

Tabla 80°- 2: Longitud del eje vertical en centímetros

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje vertical que se encuentra en el intervalo [1,69; 2,09) centímetros son 10. (Ver tabla 80°- 2).

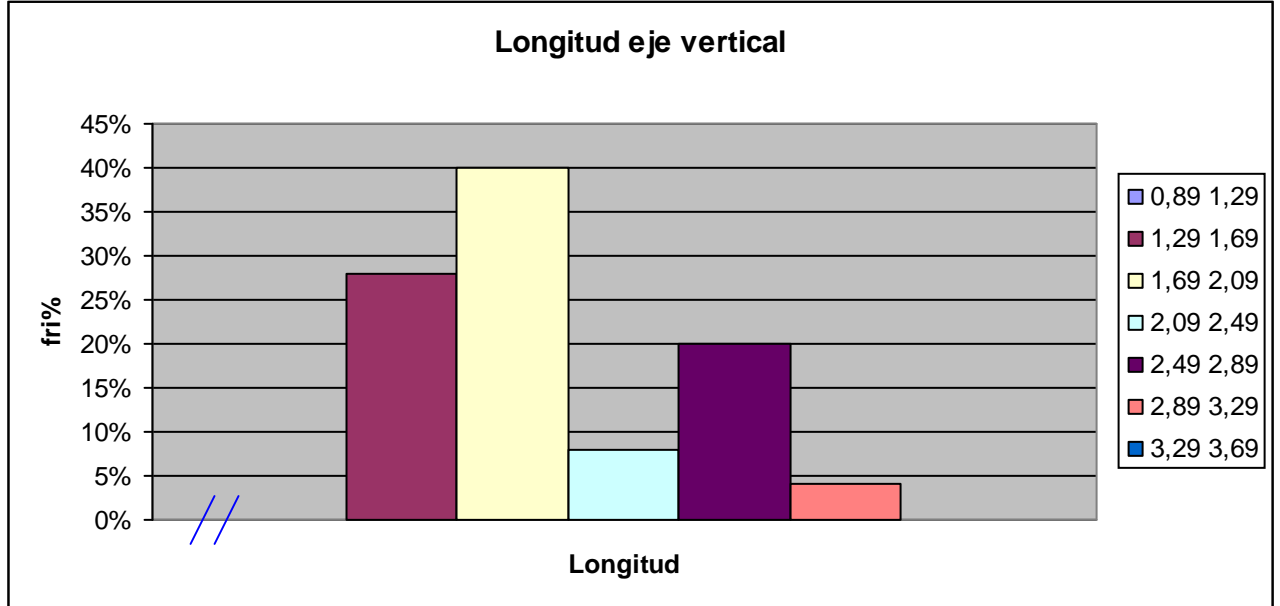


Ilustración 80°- 4: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje horizontal con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [1,69; 2,09), con un porcentaje del 40%. (Ver ilustración 80°- 4).

A partir de la tabla 80°- 1 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 1,91 cm
- cuartil 3 2,35 cm

Borde del orificio:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada probeta la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es escamado y en su minoría predominantemente escamado. (Ver ilustración 80°- 5)

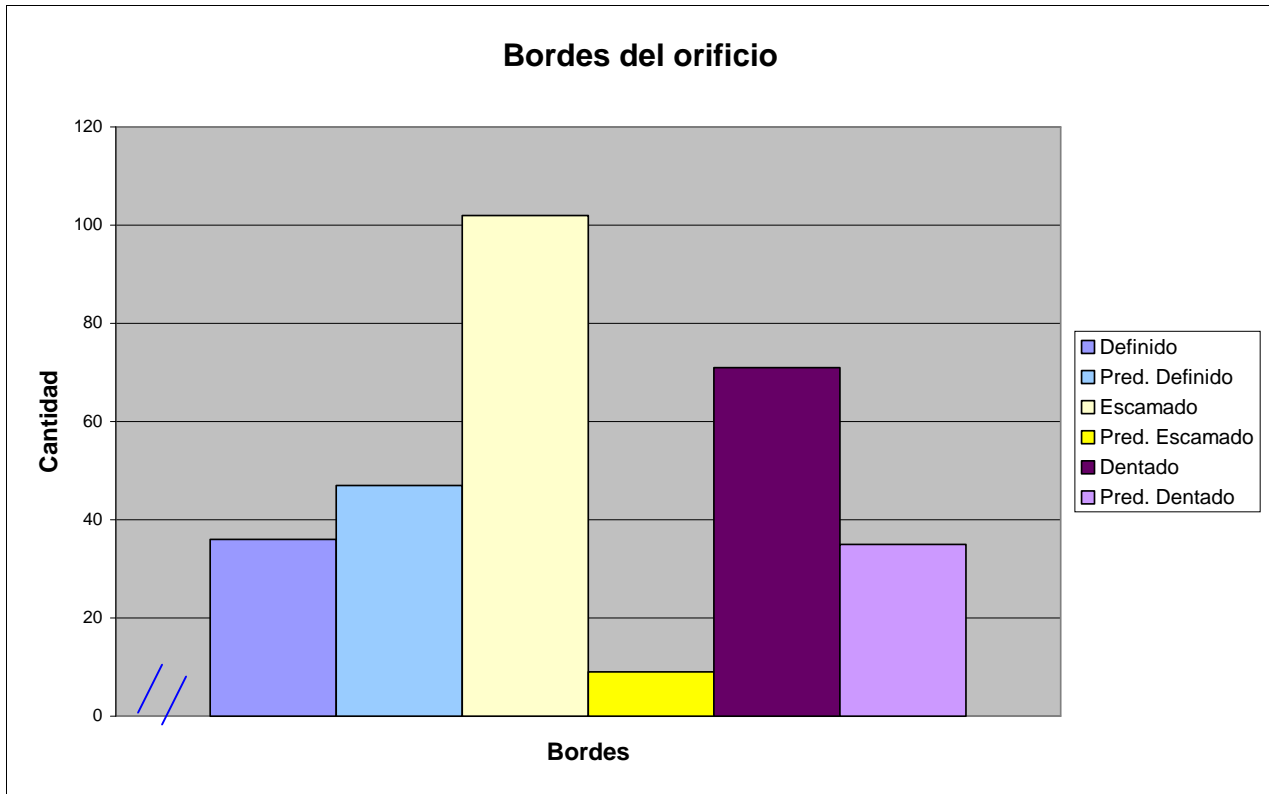


Ilustración 80°- 5: Fuente: Elaboración propia

2 Análisis del Bisel:

Ancho máximo y mínimo:

El ancho máximo del bisel varía en distintos lugares de la periferia del orificio, mayormente coincide con el eje vertical, presentándose en 11 probetas y luego con escasa diferencia, el horizontal con 10. En cambio en el ancho mínimo se presenta mayormente en el eje horizontal. (Ver tabla 80°- 3)

Ancho máxima	vertical	11
	horizontal	10
	Otra ubicación	4
Ancho mínimo	vertical	7
	horizontal	10
	Otra ubicación	8

Tabla 80°- 3: Ancho máximo y mínimo
Fuente: Elaboración propia

Ancho máximo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,31	0,41)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,41	0,51)	3	0,12	12%	3	0,12	12%
[0,51	0,61)	6	0,24	24%	9	0,36	36%
[0,61	0,71)	14	0,56	56%	23	0,92	92%
[0,71	0,81)	2	0,08	8%	25	1,00	100%
[0,81	0,91)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 80°- 4: Ancho máximo del bisel

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho máximo del bisel se encuentra en el intervalo [0,61; 0,71) centímetros presentándose en 14 probetas. (Ver tabla 80°- 4)

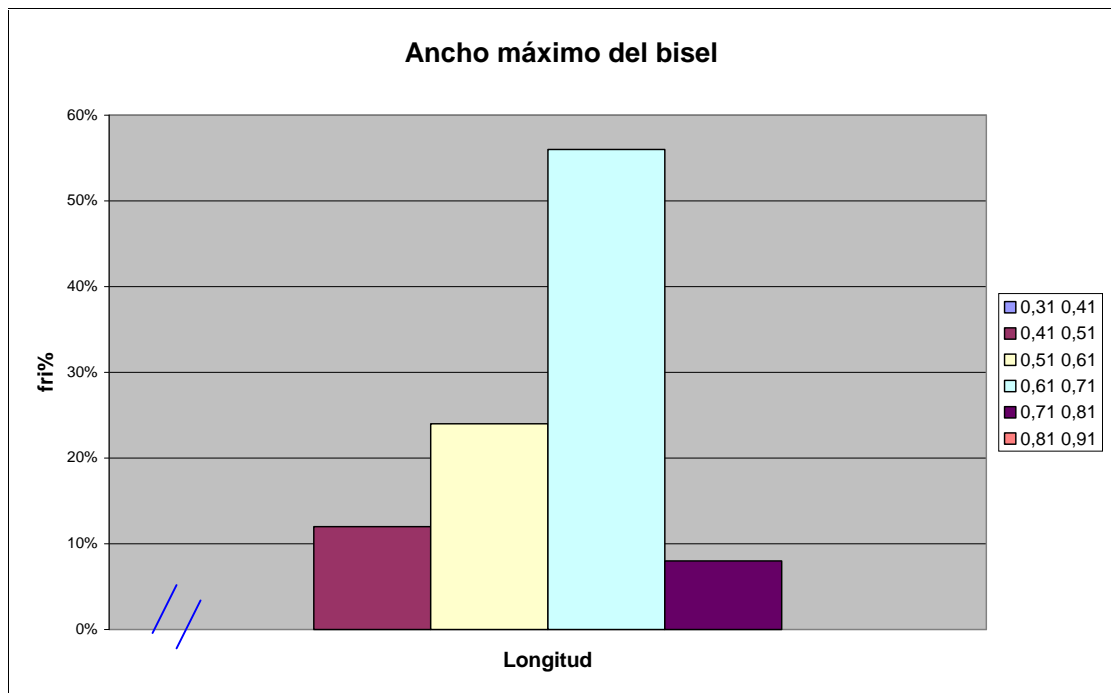


Ilustración 80°- 6: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho máximo del bisel con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [0,61; 0,71), con un porcentaje del 56%. (Ver ilustración 80°- 6)

A partir de la tabla 80°- 2 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,62 cm
- cuartil 3 0,64 cm

Ancho mínimo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,00	0,08)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,08	0,18)	4	0,16	16%	4	0,16	16%
[0,18	0,28)	7	0,28	28%	11	0,44	44%
[0,28	0,38)	11	0,44	44%	22	0,88	88%
[0,38	0,48)	3	0,12	12%	25	1,00	100%
[0,48	0,58)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 80°- 5: Ancho Mínimo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho mínimo del bisel se encuentra en el intervalo [0,28; 0,38) centímetros presentándose en 11 probetas. (Ver tabla 80°- 5)

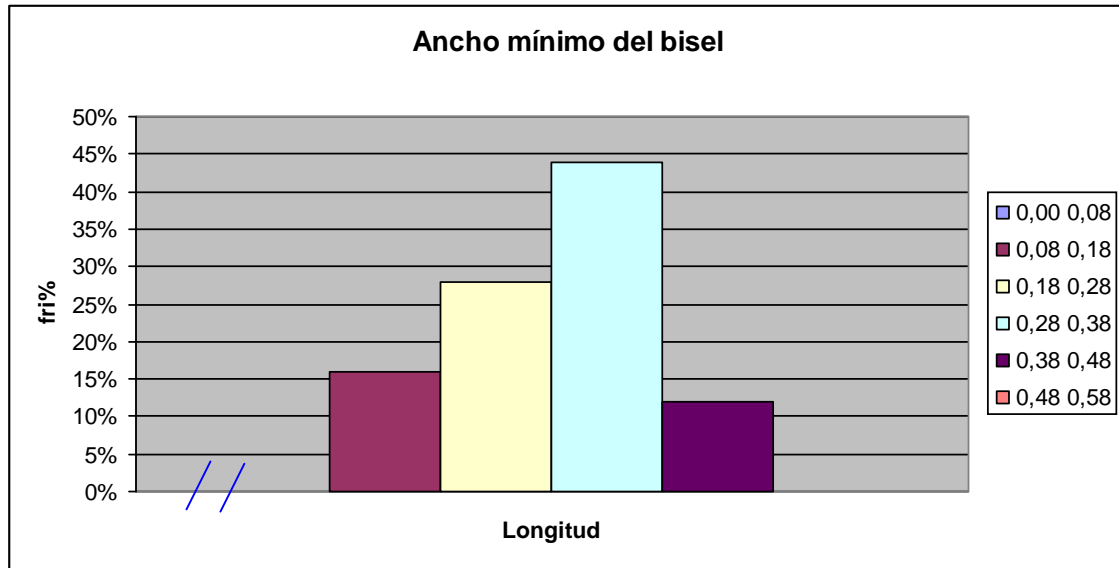


Ilustración 80°- 7: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho máximo del bisel con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [0,28; 0,38), con un porcentaje del 44%. (Ver ilustración 80°- 7)

A partir de la tabla 80°- 2 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,29 cm
- cuartil 3 0,31 cm

Ubicación del ancho máximo y mínimo:

El ancho máximo del bisel se presenta en los cuadrantes 1 y 4, con escasas diferencia le sigue el cuadrante 2 y luego el 3. En cuanto al ancho mínimo se registra en el cuadrante 4, y luego en los cuadrantes 1,3 y 2. (Ver tabla 80°- 6).

cuadrante	ancho máximo	ancho mínimo
1º	8	8
2º	6	2
3º	3	5
4º	8	10

Tabla 80°- 6: Ancho máximo y mínimo de Bisel.

Fuente: Elaboración propia

Bordes del bisel:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada una la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que su mayoría es bibiselado y en su minoría predominantemente monobiselado. (Ver ilustración 80°- 8)

Se observo el borde y no se encontraron desprendimientos de acrílico en la cara incidente.

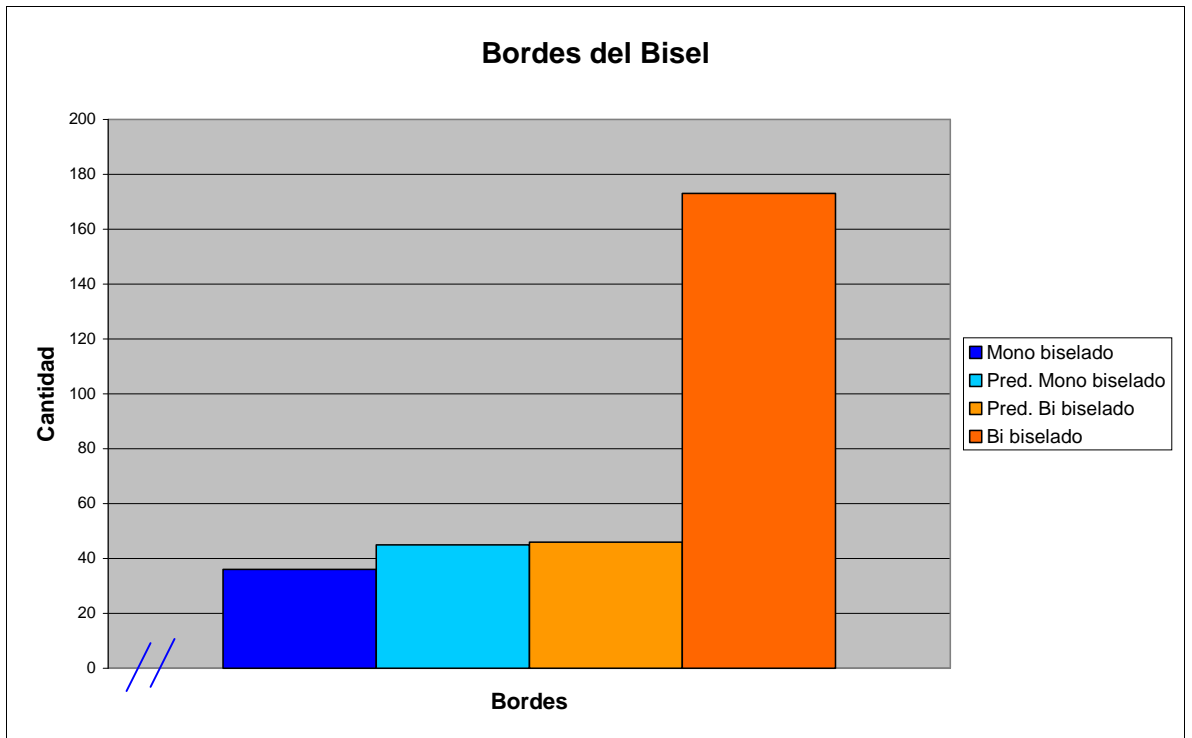


Ilustración 80°- 8: Fuente: Elaboración Propia

3 Fracturas Radiales:

Si bien hay pocas diferencias se advierte tendencia a que la fractura radial máxima se presente mayor cantidad de veces en el cuadrante 1 y 4, luego en el 4. La fractura mínima se presenta en el cuadrante 2. (Ver tabla 80°- 7).

cuadrante	Longitud máxima	Longitud Mínima
1°	8	3
2°	6	12
3°	4	6
4°	7	4

Tabla 80°- 7: Longitud fracturas radiales- Fuente: Elaboración propia

En un 68% de las muestras, las fracturas radiales se proyectan rectilíneas alejándose del daño y la sección de la fractura es perpendicular al plano impactado. (Ver tabla 80°- 8).

Eje X y Y	
Recta	17
Predominantemente Recta	4

Sección de la fractura	
Perpendicular	17
Predominantemente Perpendicular	4

Curva	2	Oblicua	2
Predominantemente Curva	1	Predominantemente Oblicua	1
Mixta	1	Mixta	1

Tabla 80°- 8: Comportamiento fracturas radiales- Fuente: Elaboración propia

Punto de origen:

Si bien no existe una diferencia muy marcada, se advierte una tendencia a que las líneas trazadas a partir de las fracturas radiales hacia el centro se presenten mayormente con un punto de origen único produciéndose en el 64% del total de probetas, el 36% restante tiene un punto de origen múltiple.

Distribución de fracturas radiales:

En las fracturas radiales de acuerdo a la división de la imagen en horas, se calculo el total de fracturas radiales por cada hora, dando como resultado que la mayoría de las fracturas se presentan a las 11 y la minoría a las 6. En cuanto a la cantidad máxima total de fracturas por cada probeta, se presenta en su mayoría 12. El valor que mas se repite en las muestras es 9 fracturas por probeta.

Otras Características:

Además de las características mencionadas anteriormente se encontró a través de una observación minuciosa del bisel que las mismas presentaban en su conformación rugosidades transversales y curvas, las mismas podían tener diferentes grados de intensidad.

Las rugosidades transversales son diferentes elevaciones, crestas y surcos, que se presentan en el bisel en forma radial predominantemente cerca del orificio. Las mismas cuando se alejan del borde, las crestas se curvan y funden con otras definiendo un aspecto esponjoso que recuerda al de la piedra pómez.

Las rugosidades curvas son líneas escalonadas que se observan como cambios de niveles, desde un nivel más bajo en el borde del orificio a niveles más altos en los extremos del bisel.

No se detectaron transferencias de la cubierta del proyectil (adherencias o incrustaciones), tampoco se advierten en la cara saliente e incidente fusiones ni deformaciones por efecto de fricción y elevación de temperatura.

También se advirtió que los bordes de orificio eran afilados y agudos.

Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 70°

1 Análisis del Orificio:

Aspecto y Apariencia:

De un total de 25 muestras, el 100% son de aspecto irregular y también de apariencia indefinida. (Ver ilustración 70°- 1 y 2)

Irregular



Ilustración 70°- 1: Aspecto.

Fuente: Elaboración propia

Indefinido



Ilustración 70°- 2: Apariencia.

Fuente: Elaboración propia

Eje Horizontal y Vertical:

La medición del eje horizontal del orificio, dio como resultado que de una muestra de 25, el 84% tiene menor longitud que el vertical. Por lo tanto el 16% restante registra una mayor longitud.

Longitud del eje horizontal:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,57	0,97)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,97	1,37)	18	0,72	72%	18	0,72	72%
[1,37	1,77)	6	0,24	24%	24	0,96	96%
[1,77	2,17)	0	0,00	0%	24	0,96	96%
[2,17	2,57)	1	0,04	4%	25	1,00	100%
[2,57	2,97)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 70°- 1: Longitud del eje horizontal en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje horizontal que se encuentra en el intervalo [0,97; 1,37) centímetros son 18. (Ver tabla 70°- 1)

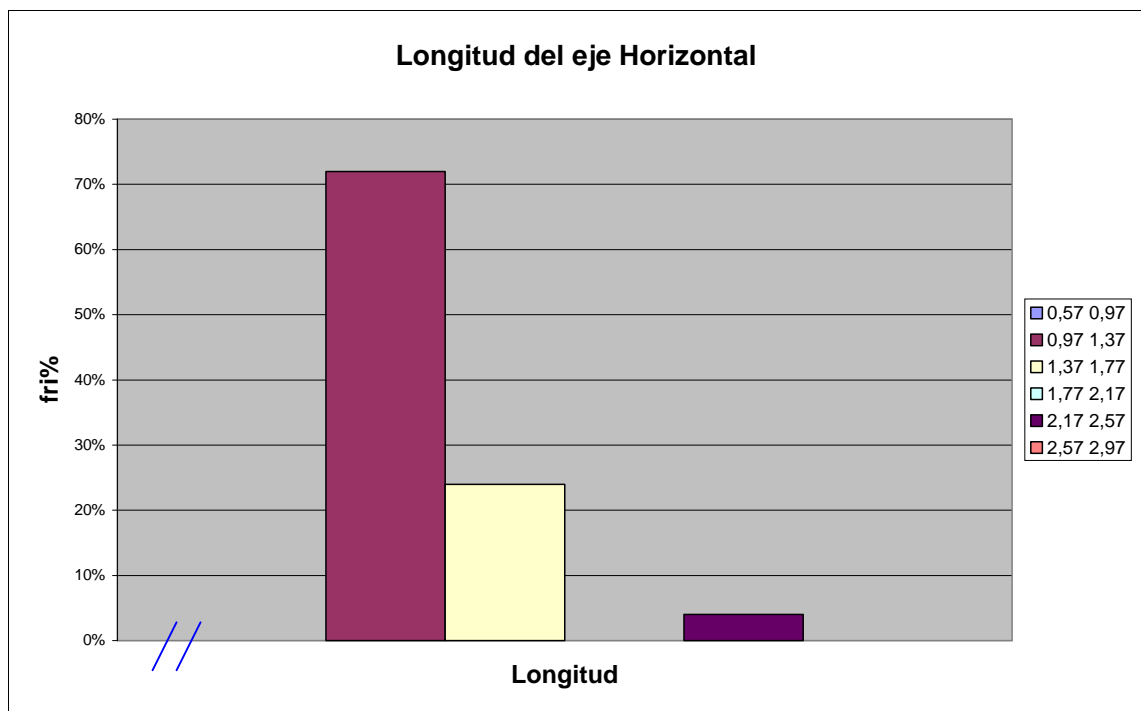


Ilustración 70°- 3: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje horizontal con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [0,97; 1,37), con un porcentaje del 72%. (Ver ilustración 70°- 3)

A partir de la tabla 70°- 1 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 1,22 cm
- cuartil 3 1,37 cm

Longitud del eje vertical:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,87	1,27)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[1,27	1,67)	20	0,80	80%	20	0,80	80%
[1,67	2,07)	4	0,16	16%	24	0,96	96%
[2,07	2,47)	1	0,04	4%	25	1,00	100%
[2,47	2,87)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 70°- 2: Longitud del eje vertical en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje vertical que se encuentra en el intervalo [1,27; 1,67) centímetros son 20. (Ver tabla 70°- 2)

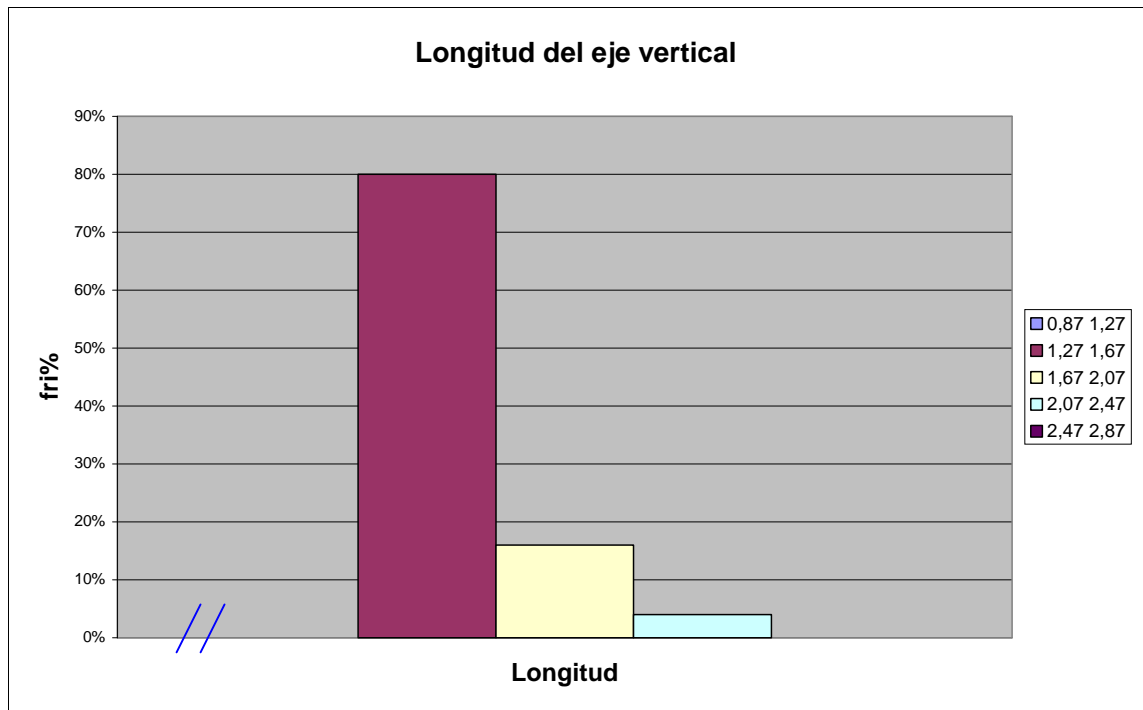


Ilustración 70°- 4: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje vertical con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [1,27; 1,67), con un porcentaje del 80%. (Ver ilustración 70°- 4)

A partir de la tabla 70°- 1 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 1,5 cm
- cuartil 3 1,58 cm

Borde del orificio:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada probeta la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es dentado y en su minoría definido. (Ver ilustración 70°- 5).

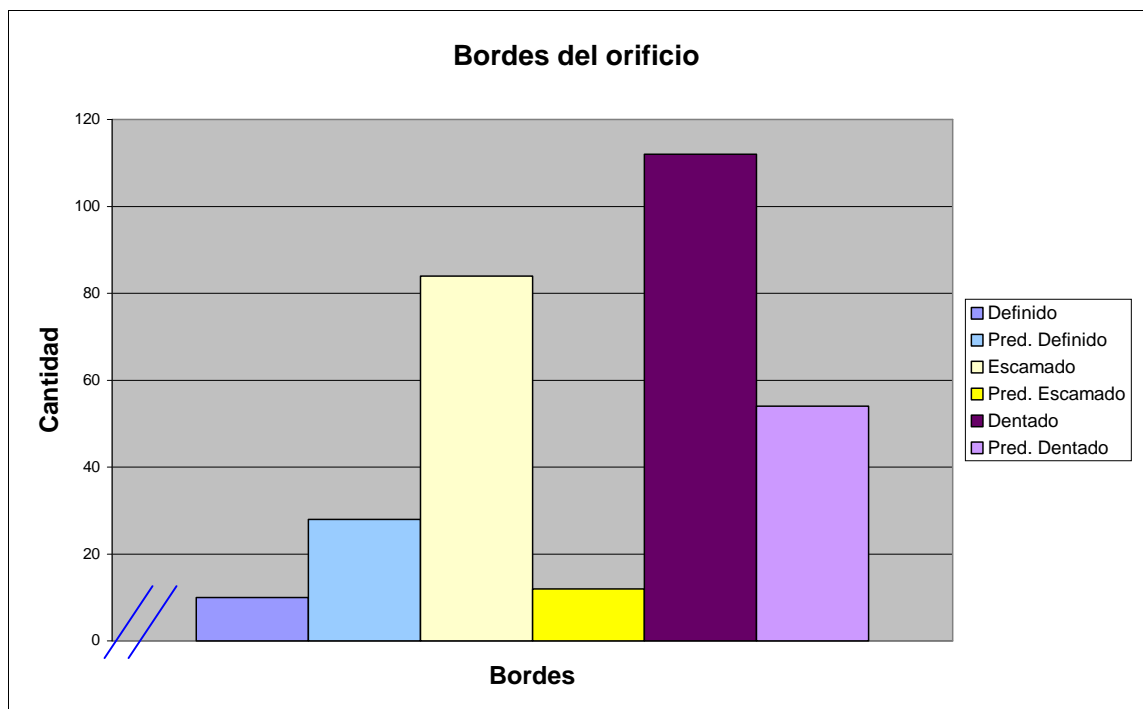


Ilustración 70°- 5: Fuente: Elaboración propia

2 Análisis del Bisel:

Ancho máximo y mínimo:

El ancho máximo del bisel varía en distintos lugares de la periferia del orificio, mayormente no coincide con el eje horizontal o vertical, ya que en 14 probetas corresponde a otra ubicación. En cambio en el ancho mínimo no existe una marcada diferencia entre el eje horizontal y otra ubicación. (Ver tabla 70°- 3)

Ancho máximo	vertical	8
	horizontal	3
	Otra ubicación	14
Ancho mínimo	vertical	3
	horizontal	12
	Otra ubicación	10

Tabla 70°- 3: Ancho máximo y mínimo
Fuente: Elaboración propia

Ancho máximo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,23	0,43)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,43	0,63)	13	0,52	52%	13	0,52	52%
[0,63	0,83)	6	0,24	24%	19	0,76	76%
[0,83	1,03)	3	0,12	12%	22	0,88	88%
[1,03	1,23)	3	0,12	12%	25	1,00	100%
[1,23	1,43)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 70°- 4: Ancho máximo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho máximo del bisel se encuentra en el intervalo [0,43; 0,63) centímetros presentándose en 13 probetas. (Ver tabla 70°- 4)

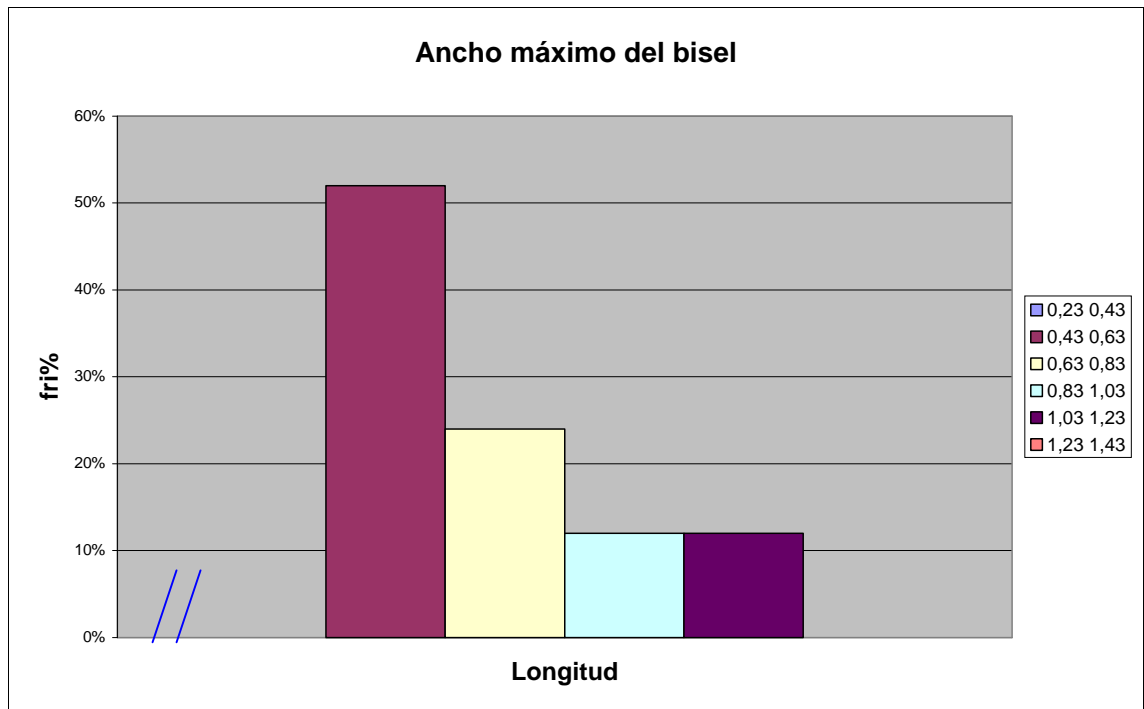


Ilustración 70°- 6: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho máximo del bisel con mayor frecuencia se encontró en los intervalos de clase $[0,43; 0,63)$, con un porcentaje del 52%. (Ver ilustración 70°- 6)

A partir de la tabla 70°- 2 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,62 cm
- cuartil 3 0,81 cm

Ancho mínimo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,00	0,07)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,07	0,17)	5	0,20	20%	5	0,20	20%
[0,17	0,27)	5	0,20	20%	10	0,40	40%
[0,27	0,37)	10	0,40	40%	20	0,80	80%
[0,37	0,47)	3	0,12	12%	23	0,92	92%
[0,47	0,57)	2	0,08	8%	25	1,00	100%
[0,57	0,67)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 70°- 5: Ancho mínimo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho mínimo del bisel se encuentra en el intervalo $[0,27; 0,37)$ centímetros presentándose en 10 probetas. (Ver tabla 70°- 5)

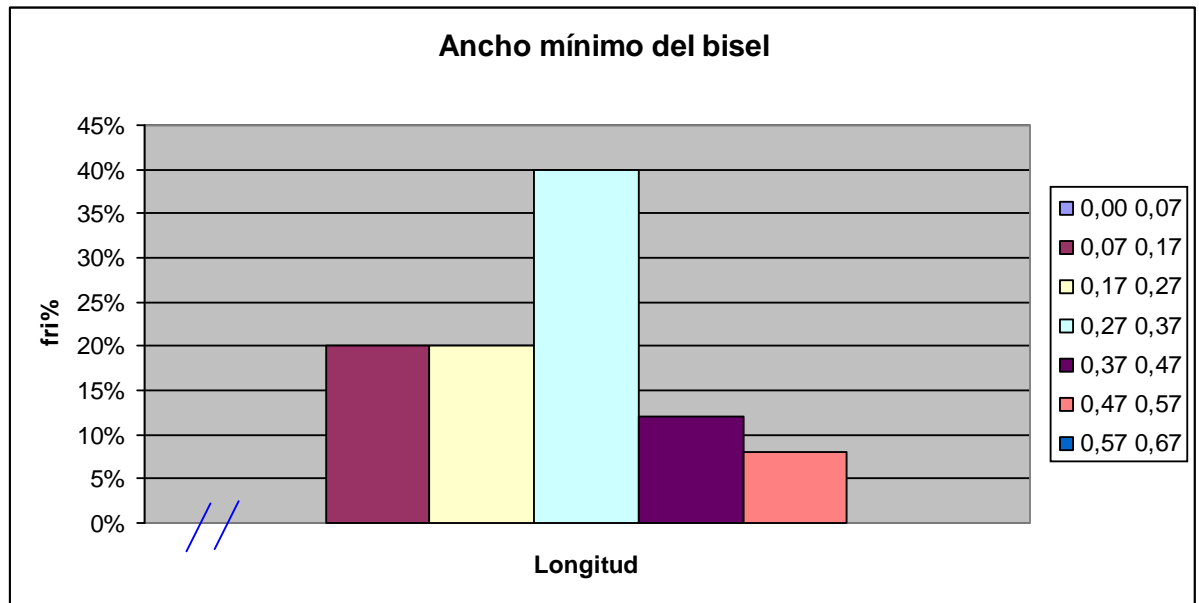


Ilustración 70°- 7: Fuente Elaboración Propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho mínimo del bisel con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase $[0,27; 0,37)$, con un porcentaje del 40%. (Ver ilustración 70°- 7)

A partir de la tabla 70°- 2 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,28 cm
- cuartil 3 0,35 cm

Ubicación del ancho máximo y mínimo:

Si bien hay pocas diferencias, se advierte tendencia a que el ancho máximo del bisel se presenta mayormente en el cuadrante 4 y 1, luego en menor medida los cuadrantes 3 y 2. En cuanto al ancho mínimo se registra en el cuadrante 1, y después en los cuadrantes 4, 2 y 3. (Ver tabla 70°- 6).

cuadrante	ancho máximo	ancho mínimo
1º	9	11
2º	2	5
3º	3	2
4º	11	7

Tabla 70º- 6: Ancho máximo y mínimo de Bisel
Fuente: Elaboración Propia

Bordes del Bisel:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada una la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es bibiselado y en su minoría monobiselado. (Ver ilustración 70º- 8)

Se observó el borde y no se encontraron desprendimientos de acrílico en la cara incidente.

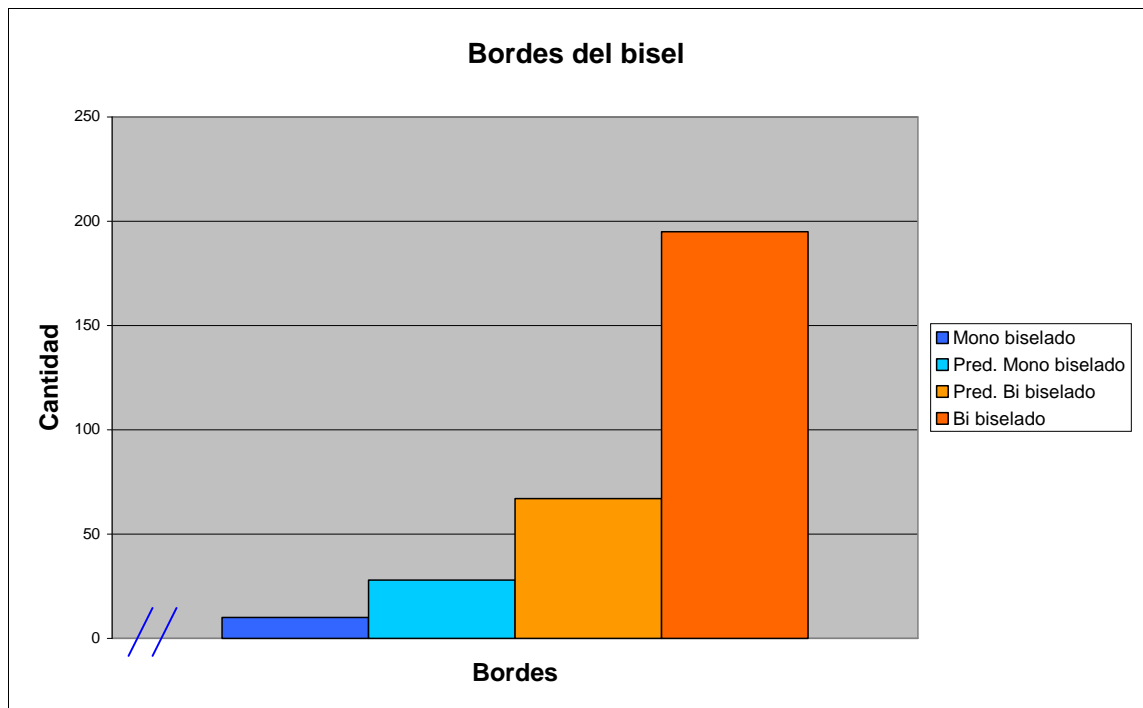


Ilustración 70º- 8: Tipo de Bisel- Fuente: Elaboración Propia

3 Fracturas Radiales:

La fractura radial más extensa se presenta con escasa diferencia en los cuadrantes 4 y 1. La fractura radial mínima se observa en el cuadrante 2. (Ver tabla 70°- 7).

cuadrante	Longitud máxima	Longitud Mínima
1º	7	2
2º	5	12
3º	4	6
4º	9	5

Tabla 70°- 7: Longitud Fracturas Radiales
Fuente: Elaboración Propia

En un 92% de las muestras, las fracturas radiales se proyectan rectilíneas alejándose del daño y la sección de la fractura es perpendicular al plano impactado. (Ver tabla 70°- 8).

Eje X y Y		Sección de la fractura	
Recta	23	Perpendicular	23
Predominantemente Recta	2	Predominantemente Perpendicular	2
Curva	0	Oblicua	0
Predominantemente Curva	0	Predominantemente Oblicua	0
Mixta	0	Mixta	0

Tabla 70°- 8: Comportamiento fracturas radiales
Fuente: Elaboración propia

Punto de origen:

Si bien no existe una diferencia muy marcada, se advierte una tendencia a que las líneas trazadas a partir de las fracturas radiales hacia el centro se presenten mayormente con un punto de origen único produciéndose en el 60% del total de probetas, el 40% restante tiene un punto de origen múltiple.

Distribución de fracturas radiales:

En las fracturas radiales de acuerdo a la división de la imagen en horas, se calculo el total de fracturas radiales por cada hora, dando como resultado que la mayoría de las fracturas se presentan a las 10 y la minoría a las 12. En cuanto a la cantidad máxima total de fracturas por probeta, se presenta en su mayoría 11. El valor que más se repite en las muestras es 10 fracturas por probeta.

Otras Características:

Además de las características mencionadas anteriormente se encontró a través de una observación minuciosa del bisel que las mismas presentaban en su conformación rugosidades transversales y curvas, las mismas podían tener diferentes grados de intensidad.

Las rugosidades transversales son diferentes elevaciones, crestas y surcos, que se presentan en el bisel en forma radial predominantemente cerca del orificio. Las mismas cuando se alejan del borde, las crestas se curvan y funden con otras definiendo un aspecto esponjoso que recuerda al de la piedra pómez.

Las rugosidades curvas son líneas escalonadas que se observan como cambios de niveles, desde un nivel más bajo en el borde del orificio a niveles más altos en los extremos del bisel.

No se detectaron transferencias de la cubierta del proyectil (adherencias o incrustaciones), tampoco se advierten en la cara saliente e incidente fusiones ni deformaciones por efecto de fricción y elevación de temperatura.

También se advirtió que los bordes de orificio eran afilados y agudos.

Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 60°

1 Análisis del Orificio:

Aspecto y Apariencia:

De un total de 25 muestras, el 96% son de aspecto irregular y el 4% son regulares. En cuanto a la apariencia un 84% es indefinido, 12 % es circular y 4% es ovoidal. (Ver ilustración 60°- 1 y 2)

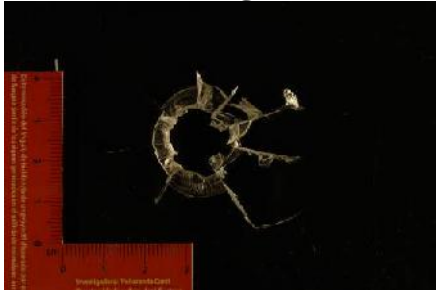
Irregular**Regular**

Ilustración 60°- 1: Aspecto.

Fuente: Elaboración propia

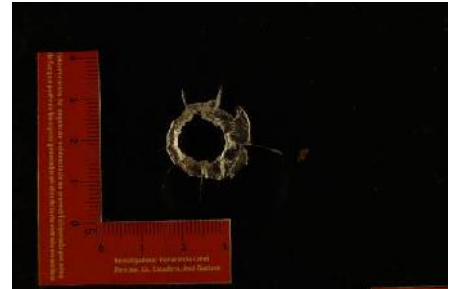
Ovoidal**Circular****Indefinido**

Ilustración 60°- 2: Apariencia.

Fuente: Elaboración propia

Eje Horizontal y Vertical:

La medición del eje horizontal del orificio, dio como resultado que de una muestra de 25, el 44% tiene menor longitud que el vertical. Por lo tanto el 56% restante registra una mayor longitud.

Longitud del eje horizontal:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,76	1,06)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[1,06	1,36)	17	0,68	68%	17	0,68	68%
[1,36	1,66)	5	0,20	20%	22	0,88	88%
[1,66	1,96)	2	0,08	8%	24	0,96	96%
[1,96	2,26)	1	0,04	4%	25	1,00	100%
[2,26	2,56)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 60°- 1: Longitud del eje horizontal en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje horizontal que se encuentra en el intervalo [1,06; 1,36) centímetros son 17. (Ver tabla 60°- 1).

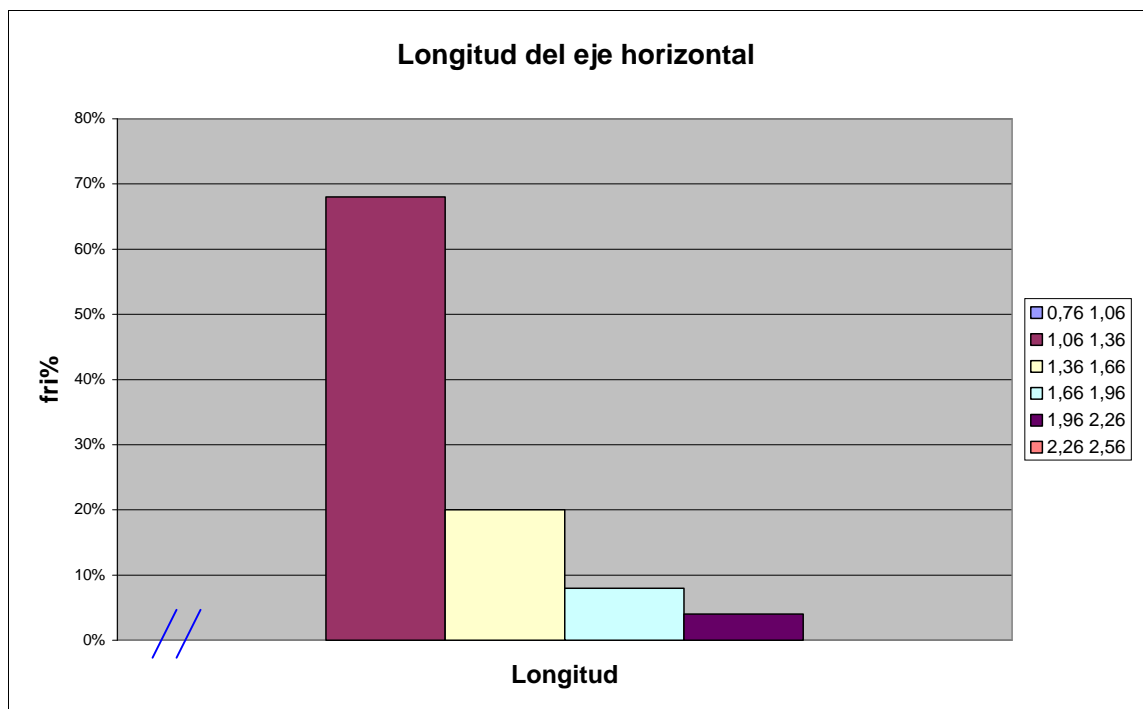


Ilustración 60°- 3: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje horizontal con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [1,06; 1,36), con un porcentaje del 68%. (Ver ilustración 60°- 3)

A partir de la tabla 60°- 1 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 1,25 cm
- cuartil 3 1,45 cm

Longitud del eje vertical:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,67	0,97)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,97	1,27)	12	0,48	48%	12	0,48	48%
[1,27	1,57)	12	0,48	48%	24	0,96	96%
[1,57	1,87)	1	0,04	4%	25	1,00	100%
[1,87	2,17)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 60°- 2: Longitud del eje vertical en centímetros

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje vertical que se encuentra en los intervalos [0,97; 1,27); [1,27; 1,57) centímetros son 12 en cada uno. (Ver tabla 60°- 2)

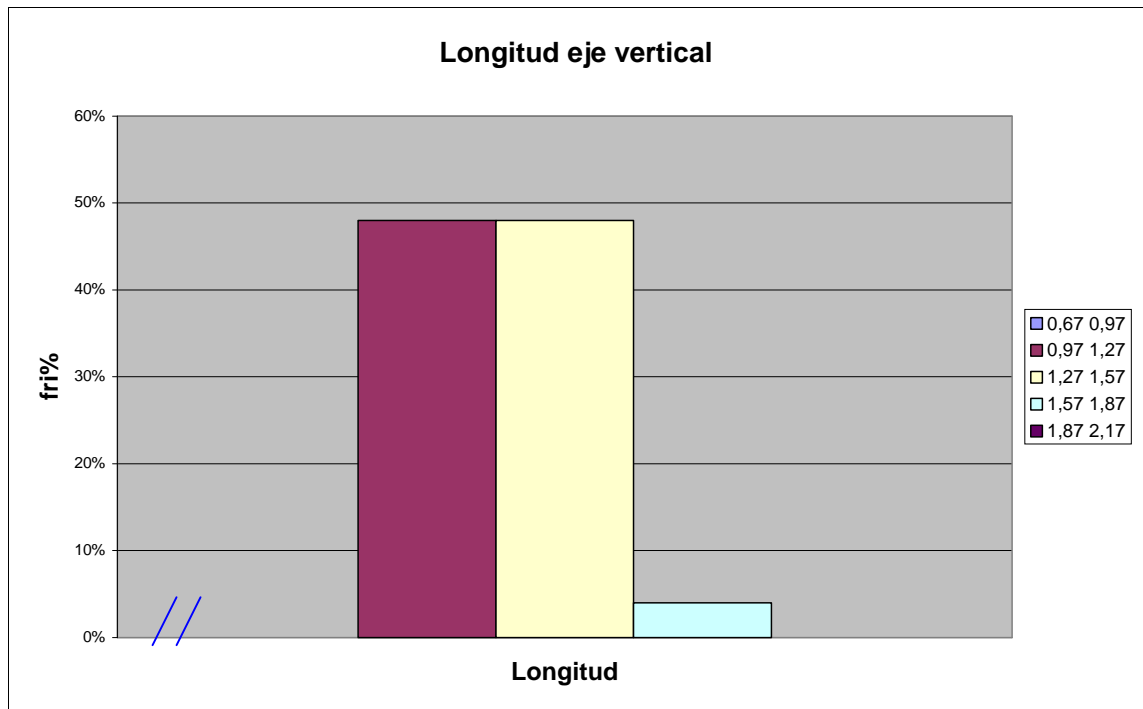


Ilustración 60°- 4: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje vertical con mayor frecuencia se encontró en los intervalos de clase [0,97; 1,27); [1,27; 1,57), con un porcentaje del 48% en cada uno. (Ver ilustración 60°- 4)

A partir de la tabla 60°- 1 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 1,29 cm
- cuartil 3 1,41 cm

Borde del orificio:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada probeta la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es dentado y en su minoría predominantemente escamado. (Ver ilustración 60°- 5).

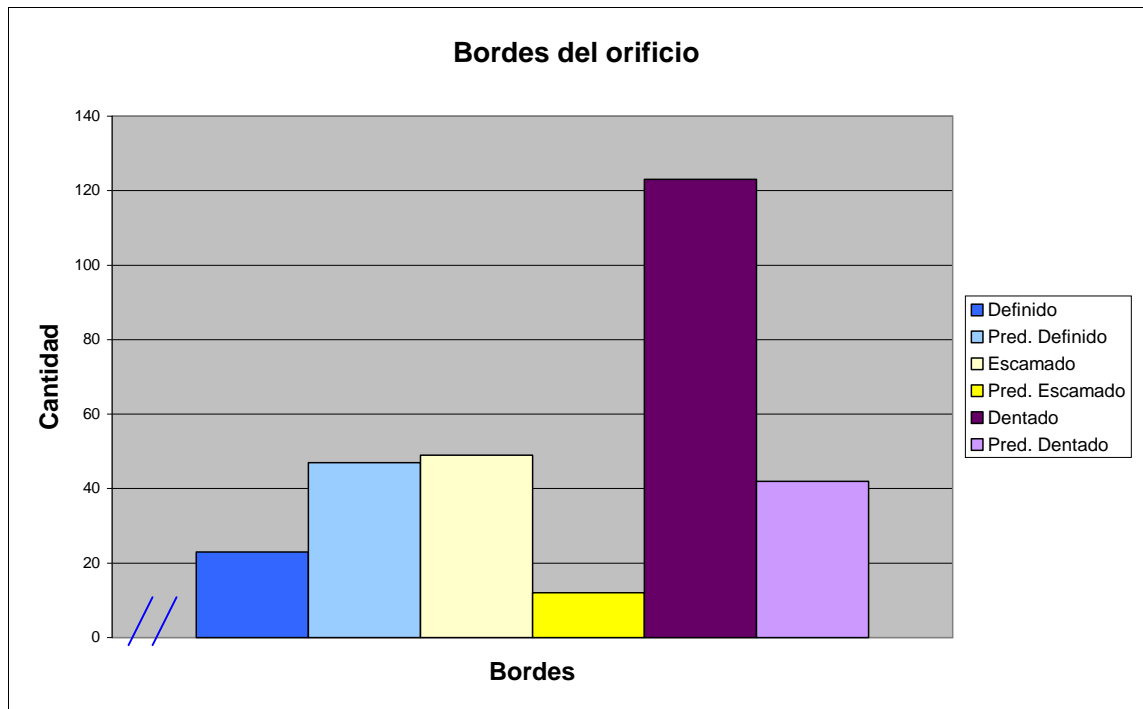


Ilustración 60°- 5: Fuente: Elaboración propia

2 Análisis del Bisel:

Ancho máximo y mínimo:

El ancho máximo del bisel varía en distintos lugares de la periferia del orificio, mayormente no coincide con el eje horizontal o vertical, ya que en 18 probetas corresponde a otra ubicación. En cambio en el ancho mínimo mayormente coincide con el eje horizontal y en menor cantidad con otra ubicación. (Ver tabla 60°- 3)

Ancho máximo	vertical	4
	horizontal	3
	Otra ubicación	18
Ancho mínimo	Vertical	2
	Horizontal	16
	Otra ubicación	7

Tabla 60°- 3: Ancho máximo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Ancho máximo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,43	0,53)	0	0,00	0%	0	0,00	0%

[0,53	0,73)	15	0,60	60%	15	0,60	60%
[0,73	0,93)	5	0,20	20%	20	0,80	80%
[0,93	1,13)	5	0,20	20%	25	1,00	100%
[1,13	1,33)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 60°- 4: Ancho máximo del bisel en centímetros

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho máximo del bisel se encuentra en el intervalo [0,53; 0,73) centímetros presentándose 15 probetas. (Ver tabla 60°- 4)

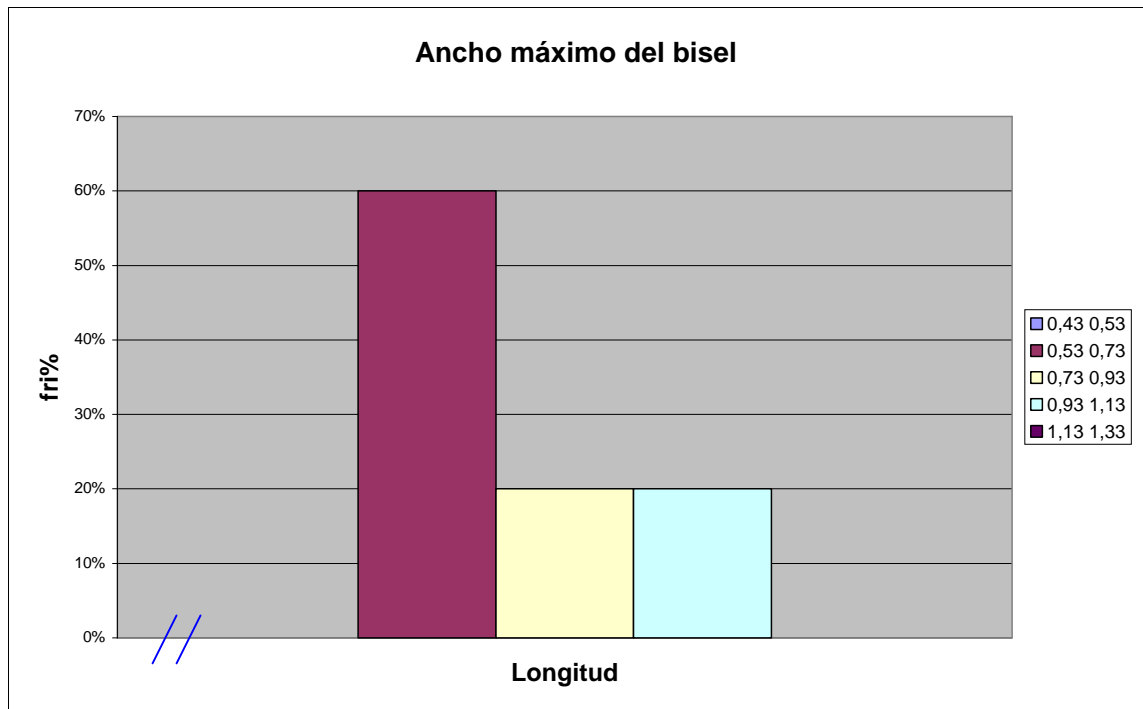


Ilustración 60°- 6: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho máximo del bisel con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [0,53; 0,73), con un porcentaje del 60%. (Ver ilustración 60°- 6)

A partir de la tabla 60°- 2 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,64 cm
- cuartil 3 0,87 cm

Ancho mínimo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,02	0,12)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,12	0,22)	6	0,24	24%	6	0,24	24%
[0,22	0,32)	12	0,48	48%	18	0,72	72%
[0,32	0,42)	6	0,24	24%	24	0,96	96%
[0,42	0,52)	1	0,04	4%	25	1,00	100%
[0,52	0,62)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 60°- 5: Ancho mínimo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho mínimo del bisel se encuentra en el intervalo [0,22; 0,32) centímetros presentándose 12 probetas. (Ver tabla 60°- 5)

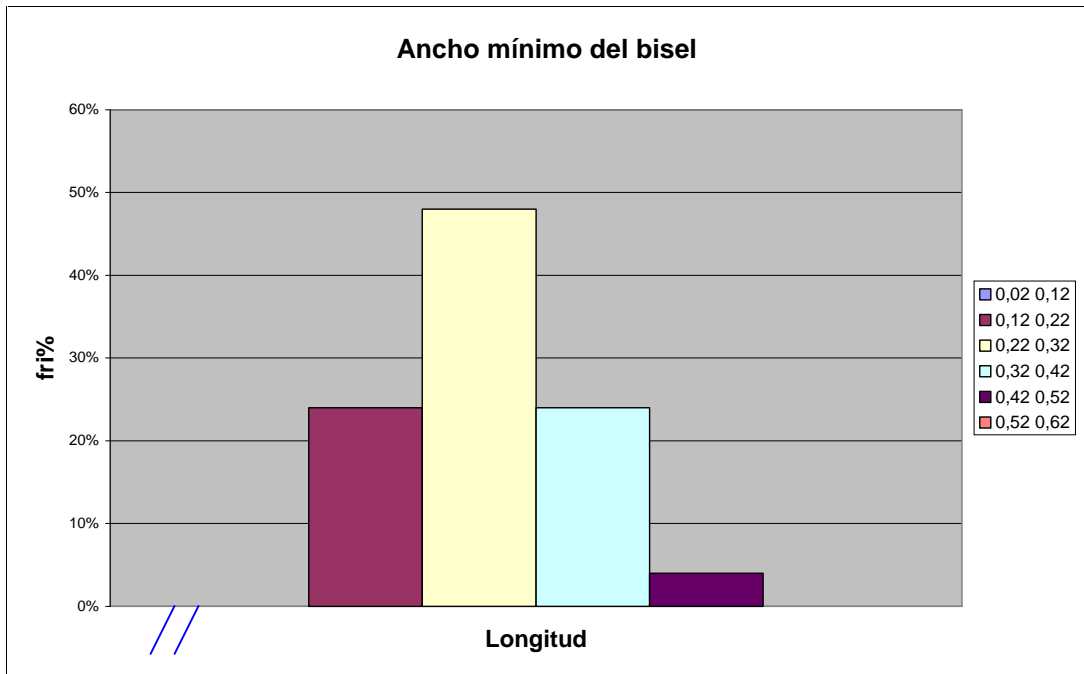


Ilustración 60°- 7: Fuente Elaboración Propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho mínimo del bisel con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase $[0,22; 0,32)$, con un porcentaje del 48%. (Ver ilustración 60°- 7)

A partir de la tabla 60°- 2 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,27 cm
- cuartil 3 0,34 cm

Ubicación del ancho máximo y mínimo:

Si bien hay poca diferencia, se advierte tendencia a que el ancho máximo del bisel se presente mayormente en el cuadrante 1 y 4, luego los cuadrantes 3 y 2. En cuanto al ancho mínimo se registra en los cuadrantes 3 y 4 con igual cantidad y después con escasa diferencia en los cuadrantes 2 y 1. (Ver tabla 60°- 6).

cuadrante	ancho máximo	ancho mínimo
1°	12	3
2°	0	6
3°	3	8
4°	10	8

Tabla 60°- 6: Ancho máximo y mínimo de Bisel
Fuente: Elaboración Propia

Bordes del Bisel:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada una la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es bibiselado y en su minoría predominantemente monobiselado. (Ver ilustración 60°- 8)

Se observo el borde y no se encontraron desprendimientos de acrílico en la cara incidente.

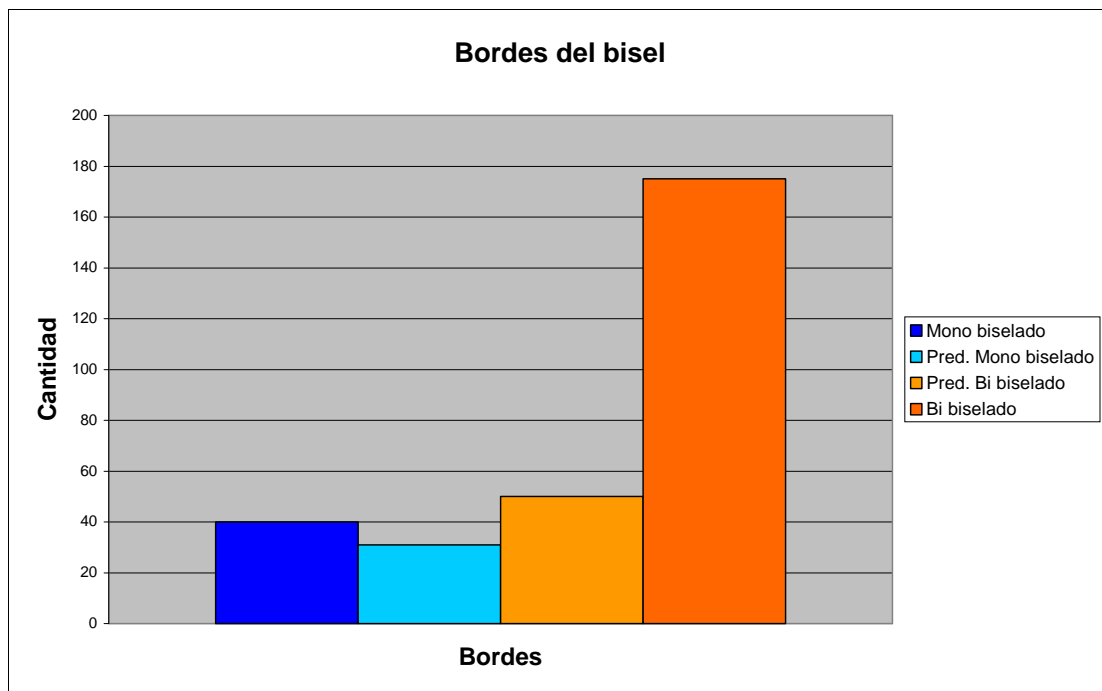


Ilustración 60°- 8: Tipo de Bisel- Fuente: Elaboración Propia

3 Fracturas Radiales:

La fractura radial máxima se presenta más veces en el cuadrante 4, luego en menor cantidad el cuadrante 1. La fractura radial mínima se observa en los cuadrantes 2 y 3 con igual cantidad. (Ver tabla 60°- 7).

cuadrante	Longitud máxima	Longitud Mínima
1°	5	0
2°	2	12
3°	3	12
4°	15	1

Tabla 60°- 7: Longitud Fracturas Radiales
Fuente: Elaboración Propia

En un 84% de las muestras, las fracturas radiales se proyectan rectilíneas alejándose del daño y en un 80% la sección de la fractura es perpendicular al plano impactado. (Ver tabla 60°- 8).

Eje X y Y	
Recta	21
Predominantemente Recta	2
Curva	1

Sección de la fractura	
Perpendicular	20
Predominantemente Perpendicular	3
Oblicua	1

Predominantemente Curva	0	Predominantemente Oblicua	0
Mixta	1	Mixta	1

Tabla 60°- 8: Comportamiento fracturas radiales
Fuente: Elaboración propia

Punto de origen:

Si bien no existe una diferencia muy marcada, se advierte una tendencia a que las líneas trazadas a partir de las fracturas radiales hacia el centro se presenten mayormente con un punto de origen múltiple produciéndose en el 68% del total de probetas, el 32% restante tiene un punto de origen único.

Distribución de fracturas radiales:

En las fracturas radiales de acuerdo a la división de la imagen en horas, se calculo el total de fracturas radiales por cada hora, dando como resultado que la mayoría de las fracturas se presentan a las 10 y la minoría a las 3. En cuanto a la cantidad máxima total de fracturas por probeta, se presenta en su mayoría 12. El valor que más se repite en las muestras es 10 fracturas por probeta.

Otras Características:

Además de las características mencionadas anteriormente se encontró a través de una observación minuciosa del bisel que las mismas presentaban en su conformación rugosidades transversales y curvas, las mismas podían tener diferentes grados de intensidad.

Las rugosidades transversales son diferentes elevaciones, crestas y surcos, que se presentan en el bisel en forma radial predominantemente cerca del orificio. Las mismas cuando se alejan del borde, las crestas se curvan y funden con otras definiendo un aspecto esponjoso que recuerda al de la piedra pómez.

Las rugosidades curvas son líneas escalonadas que se observan como cambios de niveles, desde un nivel más bajo en el borde del orificio a niveles más altos en los extremos del bisel.

No se detectaron transferencias de la cubierta del proyectil (adherencias o incrustaciones), tampoco se advierten en la cara saliente e incidente fusiones ni deformaciones por efecto de fricción y elevación de temperatura.

También se advirtió que los bordes de orificio eran afilados y agudos.

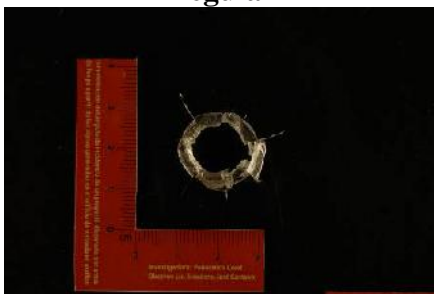
Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 50°

1 Análisis del Orificio:

Aspecto y Apariencia:

De un total de 25 muestras, el 60% son de aspecto irregular y el 40% son regulares. En cuanto a la apariencia un 48% es indefinido, 28% es ovoidal, 4% es oval y un 20% es circular. (Ver ilustración 50°- 1 y 2)

Irregular



Regular

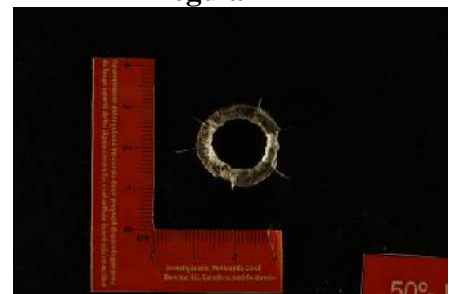


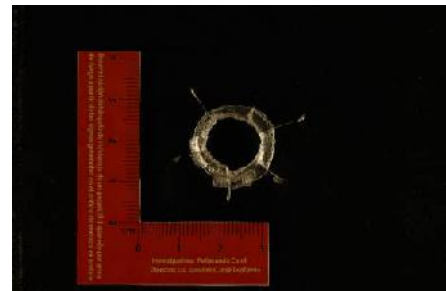
Ilustración 50°- 1: Aspecto.

Fuente: Elaboración propia

Ovoidal



Circular



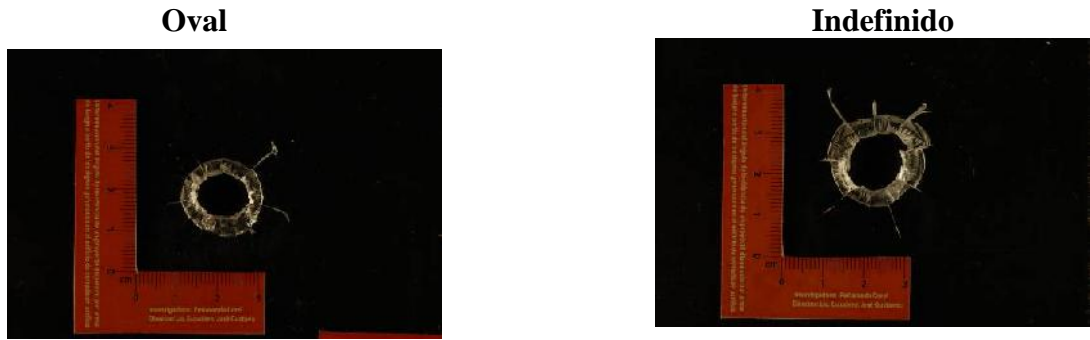


Ilustración 50°- 2: Apariencia.

Fuente: Elaboración propia

Eje Horizontal y Vertical:

La medición del eje horizontal del orificio, dio como resultado que de una muestra de 25, el 16% tiene menor longitud que el vertical. Por lo tanto el 84% restante registra una mayor longitud.

Longitud del eje horizontal:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[1,11	1,21)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[1,21	1,31)	7	0,28	28%	7	0,28	28%
[1,31	1,41)	12	0,48	48%	19	0,76	76%
[1,41	1,51)	4	0,16	16%	23	0,92	92%
[1,51	1,61)	2	0,08	8%	25	1,00	100%
[1,61	1,71)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 50°- 1: Longitud del eje horizontal en centímetros

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje horizontal que se encuentra en el intervalo [1,31; 1,41) centímetros son 12. (Ver tabla 50°- 1).

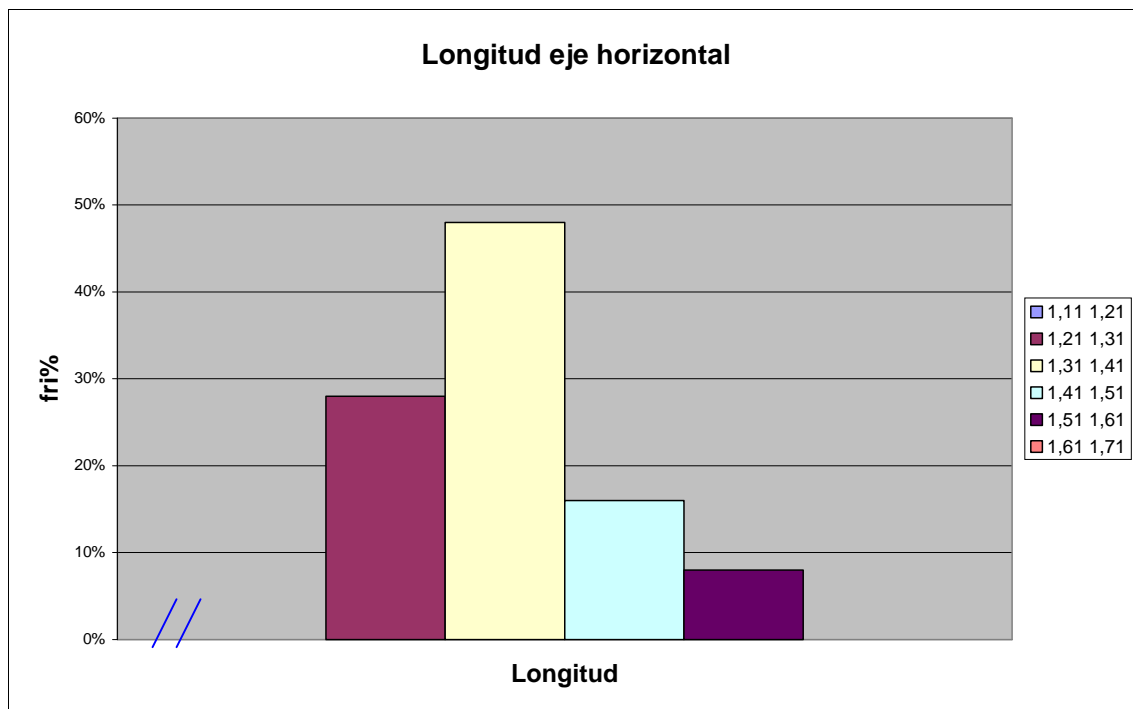


Ilustración 50°- 3: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje horizontal con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [1,31; 1,41), con un porcentaje del 48%. (Ver ilustración 50°- 3)

A partir de la tabla 50°- 1 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 1,34 cm
- cuartil 3 1,4 cm

Longitud del eje vertical:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,88	0,98)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,98	1,18)	6	0,24	24%	6	0,24	24%
[1,18	1,28)	13	0,52	52%	19	0,76	76%
[1,28	1,38)	2	0,08	8%	21	0,84	84%
[1,38	1,48)	3	0,12	12%	24	0,96	96%
[1,48	1,58)	1	0,04	4%	25	1,00	100%
[1,58	1,68)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 10°- 2: Longitud del eje vertical en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje vertical que se encuentra en el intervalo [1,18; 1,28) centímetros son 13. (Ver tabla 50°- 2)

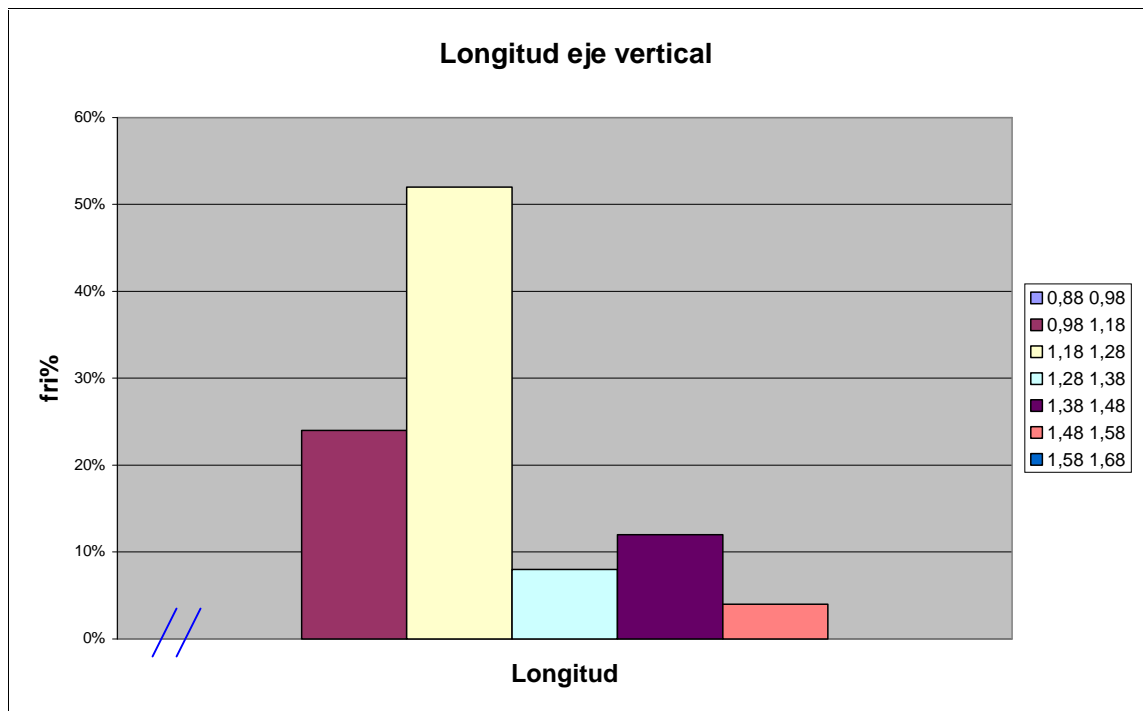


Ilustración 50°- 4: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje vertical con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [1,18; 1,28), con un porcentaje del 52%. (Ver ilustración 50°- 4)

A partir de la tabla 50°- 1 de anexos se calculó el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 1,24 cm
- cuartil 3 1,28 cm

Borde del orificio:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada probeta la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de

observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es predominantemente dentado y en su minoría predominantemente escamado. (Ver ilustración 50°- 5).

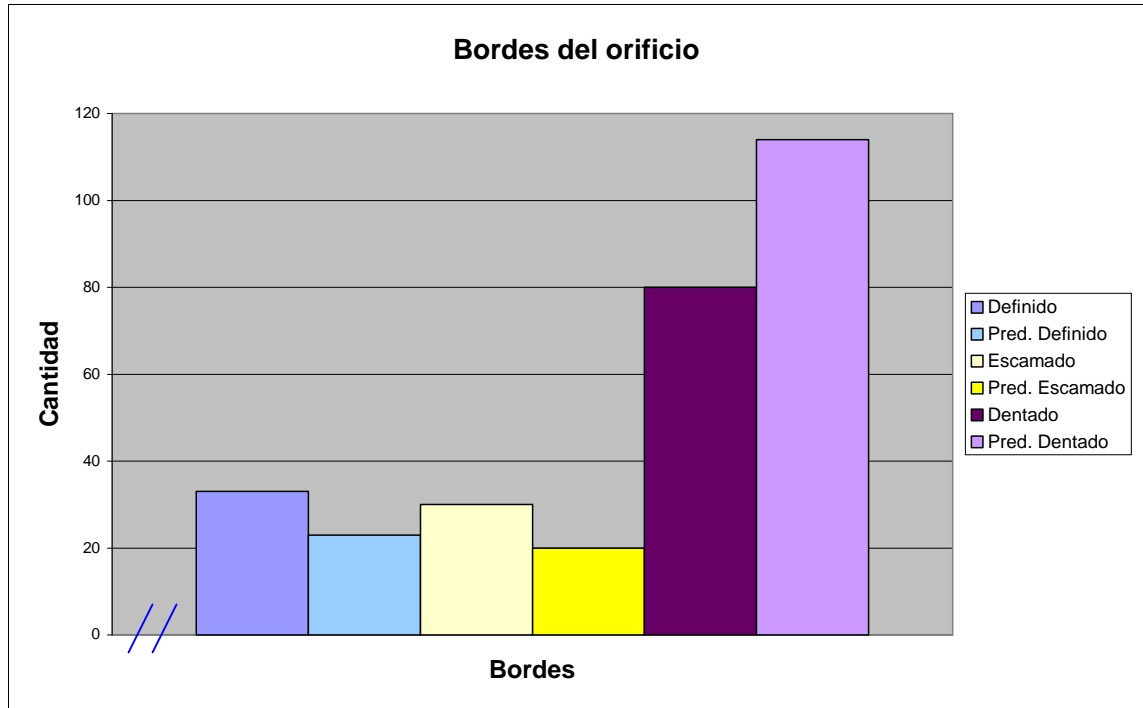


Ilustración 50°- 5: Fuente: Elaboración propia

2 Análisis del Bisel:

Ancho máximo y mínimo:

El ancho máximo del bisel varía en distintos lugares de la periferia del orificio, mayormente no coincide con el eje horizontal o vertical, ya que en 15 probetas corresponde a otra ubicación. En cambio en el ancho mínimo mayormente coincide con el eje horizontal y en menor cantidad el vertical. (Ver tabla 50°- 3)

Ancho máximo	vertical	6
	horizontal	4
	Otra ubicación	15
Ancho mínimo	vertical	6
	horizontal	14
	Otra ubicación	5

Tabla 50°- 3: Ancho máximo del bisel en centímetros

Fuente: Elaboración propia

Ancho máximo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,24	0,34)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,34	0,44)	12	0,48	48%	12	0,48	48%
[0,44	0,54)	7	0,28	28%	19	0,76	76%
[0,54	0,64)	5	0,20	20%	24	0,96	96%
[0,64	0,74)	0	0,00	0%	24	0,96	96%
[0,74	0,84)	1	0,04	4%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 50°- 4: Ancho máximo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho máximo del bisel se encuentra en el intervalo [0,34; 0,44) centímetros presentándose 12 probetas. (Ver tabla 50°- 4)

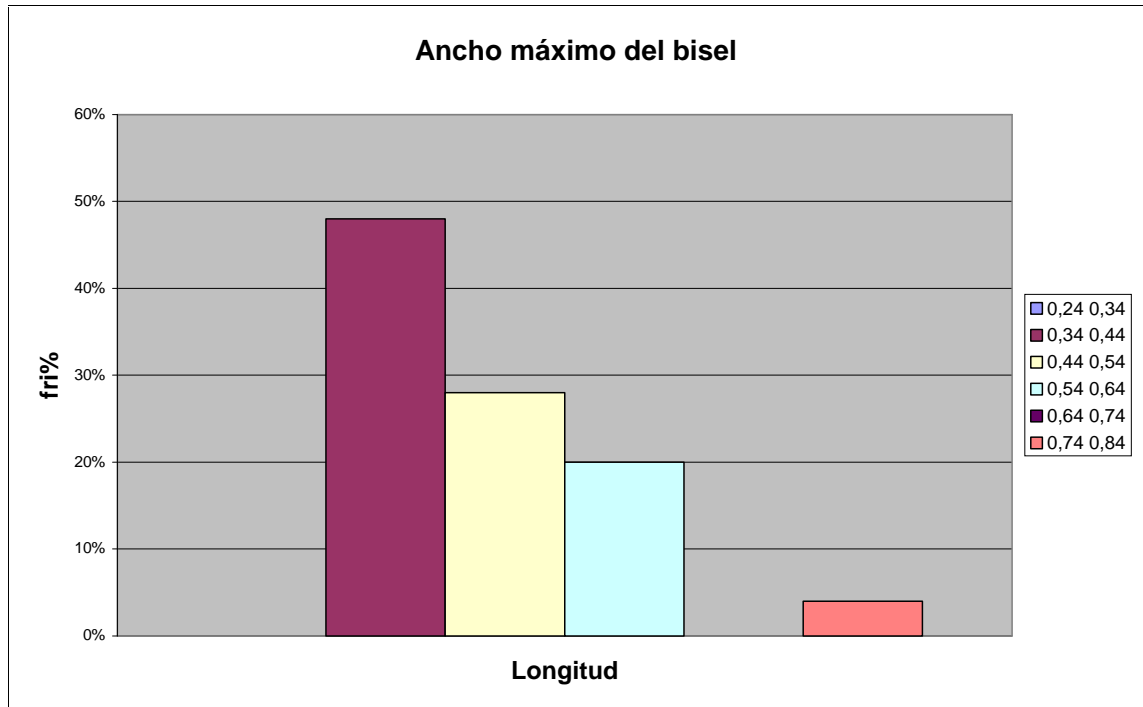


Ilustración 50°- 6: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho máximo del bisel con mayor frecuencia se encontró en los intervalos de clase [0,34; 0,44), con un porcentaje del 48%. (Ver ilustración 50°- 6)

A partir de la tabla 50°- 2 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,48 cm
- cuartil 3 0,53 cm

Ancho mínimo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,04	0,14)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,14	0,24)	5	0,20	20%	5	0,20	20%
[0,24	0,34)	12	0,48	48%	17	0,68	68%
[0,34	0,44)	8	0,32	32%	25	1,00	100%
[0,44	0,54)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 50°- 5: Ancho mínimo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho mínimo del bisel se encuentra en el intervalo [0,24; 0,34) centímetros presentándose 12 probetas. (Ver tabla 50°- 5)

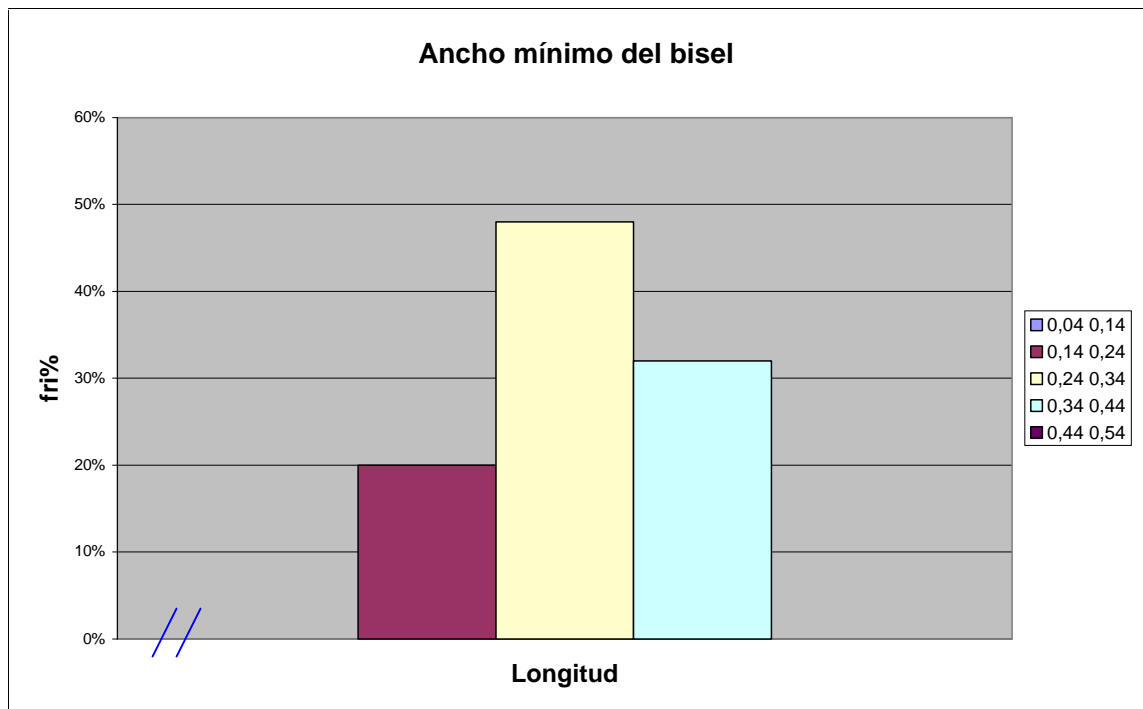


Ilustración 50°- 7: Fuente Elaboración Propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho mínimo del bisel con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase $[0,24; 0,34)$, con un porcentaje del 48%. (Ver ilustración 50°- 7)

A partir de la tabla 50°- 2 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,29 cm
- cuartil 3 0,35 cm

Ubicación del ancho máximo y mínimo:

El ancho máximo del bisel se presenta mayormente en el cuadrante 4, en menor medida el 2 y luego los cuadrantes 1 y 3. En cuanto al ancho mínimo se registra con escasa diferencia en los cuadrantes 1 y 2, luego en menor medida con los cuadrantes 3 y 4. (Ver tabla 50°- 6).

cuadrante	ancho máximo	ancho mínimo
1°	3	9
2°	5	8
3°	3	4
4°	14	4

Tabla 50°- 6: Ancho máximo y mínimo de Bisel
Fuente: Elaboración Propia

Bordes del Bisel:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada una la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es bibiselado y en su minoría predominantemente monobiselado. (Ver ilustración 50°- 8)

Se observo el borde y no se encontraron desprendimientos de acrílico en la cara incidente.

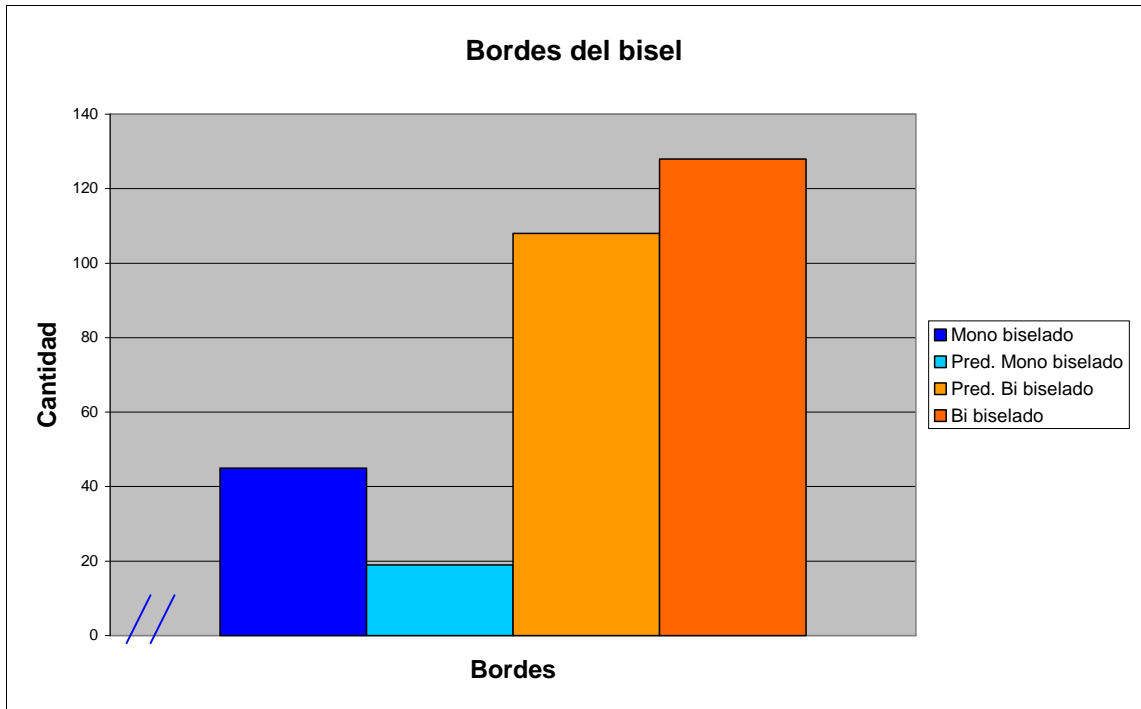


Ilustración 50°- 8: Tipo de Bisel- Fuente: Elaboración Propia

3 Fracturas Radiales:

La fractura radial máxima se presenta más veces en el cuadrante 1, luego en menor cantidad el cuadrante 2. La fractura radial mínima, con escasa diferencia se observa en el cuadrante 2 y 3. (Ver tabla 50°- 7).

cuadrante	Longitud máxima	Longitud Mínima
1°	14	2
2°	8	12
3°	1	9
4°	2	2

Tabla 50°- 7: Longitud Fracturas Radiales

Fuente: Elaboración Propia

En un 96% de las muestras, las fracturas radiales se proyectan rectilíneas alejándose del daño y la sección de la fractura es perpendicular al plano impactado. (Ver tabla 50°- 8).

Eje X y Y	
Recta	24
Predominantemente Recta	1
Curva	0
Predominantemente Curva	0

Sección de la fractura	
Perpendicular	24
Predominantemente Perpendicular	1
Oblicua	0
Predominantemente Oblicua	0

Mixta	0	Mixta	0
-------	---	-------	---

Tabla 50°- 8: Comportamiento fracturas radiales
Fuente: Elaboración propia

Punto de origen:

Si bien no existe una diferencia muy marcada, se advierte una tendencia a que las líneas trazadas a partir de las fracturas radiales hacia el centro se presenten mayormente con un punto de origen único produciéndose en el 68% del total de probetas, el 32% restante tiene un punto de origen múltiple.

Distribución de fracturas radiales:

En las fracturas radiales de acuerdo a la división de la imagen en horas, se calculo el total de fracturas radiales por cada hora, dando como resultado que la mayoría de las fracturas se presentan a las 5 y 7 y la minoría a las 3. En cuanto a la cantidad máxima total de fracturas por probeta, se presenta en su mayoría 12. El valor que más se repite en las muestras es 9 fractura por probeta.

Otras Características:

Además de las características mencionadas anteriormente se encontró a través de una observación minuciosa del bisel que las mismas presentaban en su conformación rugosidades transversales y curvas, las mismas podían tener diferentes grados de intensidad.

Las rugosidades transversales son diferentes elevaciones, crestas y surcos, que se presentan en el bisel en forma radial predominantemente cerca del orificio. Las mismas cuando se alejan del borde, las crestas se curvan y funden con otras definiendo un aspecto esponjoso que recuerda al de la piedra pómez.

Las rugosidades curvas son líneas escalonadas que se observan como cambios de niveles, desde un nivel más bajo en el borde del orificio a niveles más altos en los extremos del bisel.

No se detectaron transferencias de la cubierta del proyectil (adherencias o incrustaciones), tampoco se advierten en la cara saliente e incidente fusiones ni deformaciones por efecto de fricción y elevación de temperatura.

También se advirtió que los bordes de orificio eran afilados y agudos.

Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 40°

1 Análisis del Orificio:

Aspecto y Apariencia:

De un total de 25 muestras, el 100% son de aspecto irregular. En cuanto a la apariencia un 96% es indefinido y un 4% es ovoidal. (Ver ilustración 40°- 1 y 2)

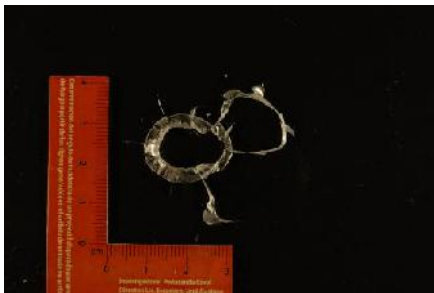
Irregular



Ilustración 40°- 1: Aspecto.

Fuente: Elaboración propia

Ovoidal



Indefinido

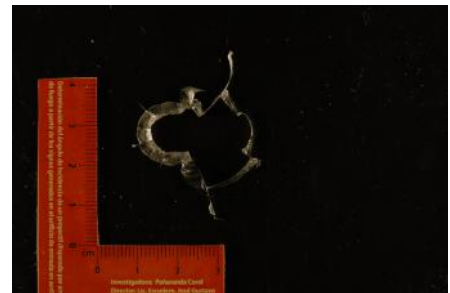


Ilustración 40°- 2: Apariencia.

Fuente: Elaboración propia

Eje Horizontal y Vertical:

La medición del eje horizontal del orificio, dio como resultado que de una muestra de 25, el 100% registra una mayor longitud que el vertical.

Longitud del eje horizontal:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[1,35	1,65)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[1,65	1,95)	10	0,40	40%	10	0,40	40%

[1,95	2,25)	10	0,40	40%	20	0,80	80%
[2,25	2,55)	4	0,16	16%	24	0,96	96%
[2,55	2,85)	1	0,04	4%	25	1,00	100%
[2,85	3,15)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 20^o- 1: Longitud del eje horizontal en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje horizontal que se encuentra en los intervalos [1,65; 1,95) y [1,95; 2,25) centímetros son 10 en cada uno. (Ver tabla 40^o- 1).

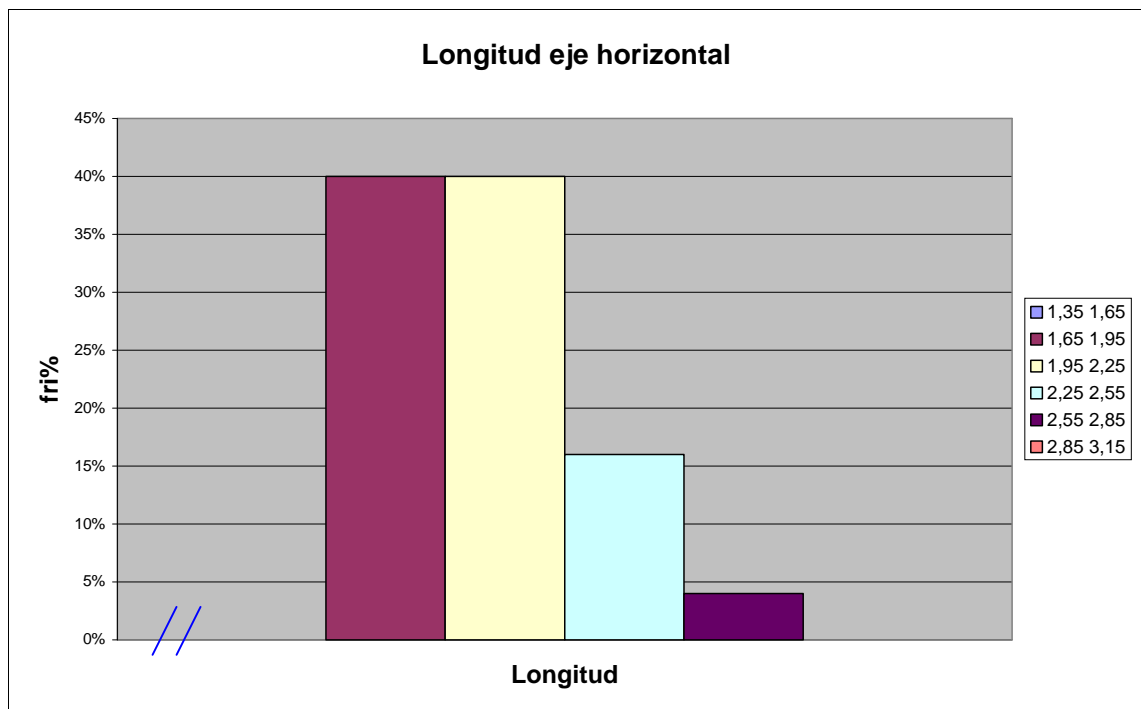


Ilustración 40^o- 3: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje horizontal con mayor frecuencia se encontró en los intervalos de clase [1,65; 1,95) y [1,95; 2,25), con un porcentaje del 40% en cada uno. (Ver ilustración 40^o- 3)

A partir de la tabla 40^o- 1 de anexos se calculó el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 2,07 cm
- cuartil 3 2,24 cm

Longitud del eje vertical:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,79	0,89)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,89	0,99)	6	0,24	24%	6	0,24	24%
[0,99	1,09)	8	0,32	32%	14	0,56	56%
[1,09	1,19)	6	0,24	24%	20	0,80	80%
[1,19	1,29)	4	0,16	16%	24	0,96	96%
[1,29	1,39)	1	0,04	4%	25	1,00	100%
[1,39	1,49)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 40°- 2: Longitud del eje vertical en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje vertical que se encuentra en el intervalo [0,99; 1,09) centímetros son 8. (Ver tabla 40°- 2)

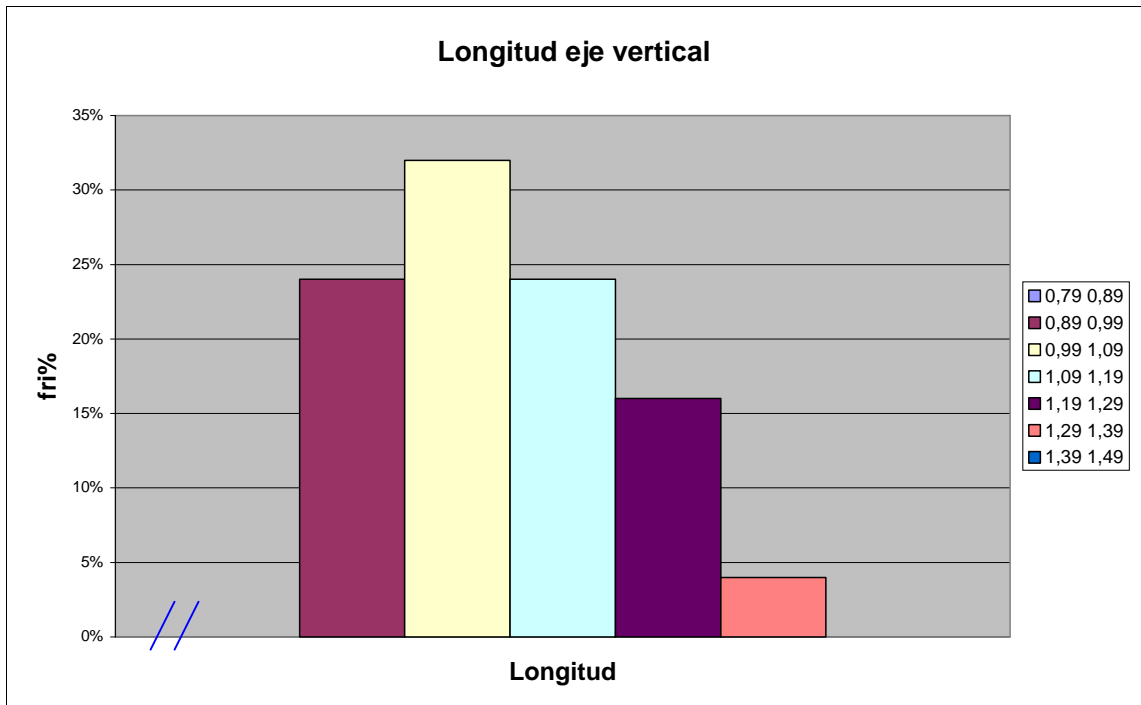


Ilustración 40°- 4: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje vertical con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [0,99; 1,09), con un porcentaje del 32%. (Ver ilustración 40°- 4)

A partir de la tabla 40°- 1 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 1,07 cm
- cuartil 3 1,16 cm

Borde del orificio:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada probeta la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es escamado y en su minoría definido. (Ver ilustración 40°- 5).

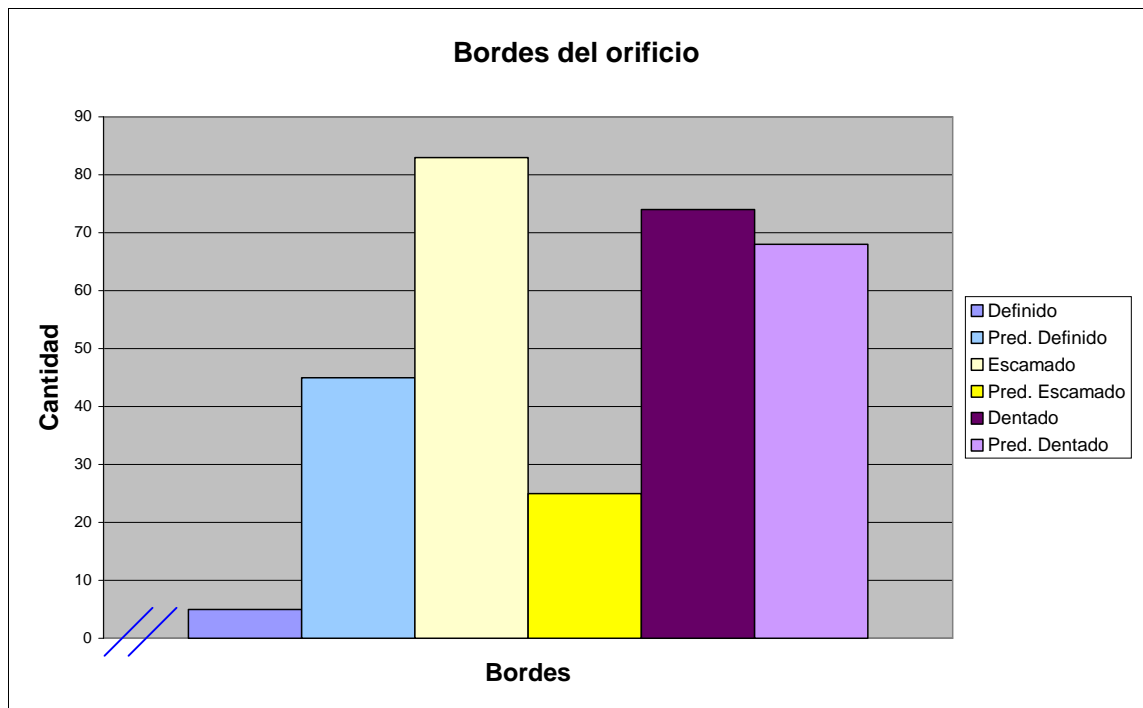


Ilustración 40°- 5: Fuente: Elaboración propia

2 Análisis del Bisel:

Ancho máximo y mínimo:

El ancho máximo del bisel varía en distintos lugares de la periferia del orificio, mayormente coincide con el eje horizontal, presentándose en 13 probetas y luego en menor cantidad otra ubicación con 9. En cambio en el ancho mínimo se presenta con escasa diferencia en otra ubicación y el eje horizontal. (Ver tabla 40°- 3)

Ancho máximo	vertical	3
	horizontal	13
	Otra ubicación	9
Ancho mínimo	vertical	3
	horizontal	10
	Otra ubicación	12

Tabla 40°- 3: Ancho máximo y mínimo
Fuente: Elaboración propia

Ancho máximo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,24	0,34)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,34	0,44)	12	0,48	48%	12	0,48	48%
[0,44	0,54)	10	0,40	40%	22	0,88	88%
[0,54	0,64)	3	0,12	12%	25	1,00	100%
[0,64	0,74)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 40°- 4: Ancho máximo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho máximo del bisel se encuentra en el intervalo [0,34; 0,44) centímetros presentándose 12 probetas. (Ver tabla 40°- 4)

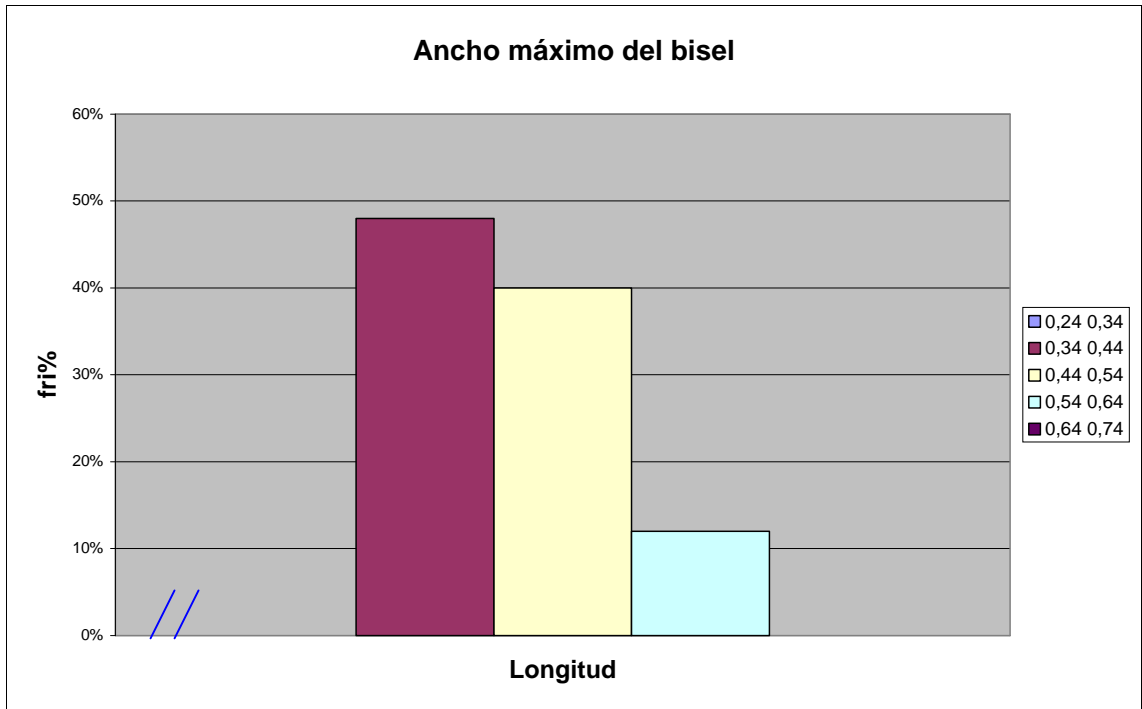


Ilustración 40°- 6: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho máximo del bisel con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [0,34; 0,44), con un porcentaje del 48%. (Ver ilustración 40°- 6)

A partir de la tabla 40°- 2 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,45 cm
- cuartil 3 0,5 cm

Ancho mínimo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
0,00	0,04	0	0,00	0%	0	0,00	0%
0,04	0,14	4	0,16	16%	4	0,16	16%
0,14	0,24	11	0,44	44%	15	0,60	60%
0,24	0,34	8	0,32	32%	23	0,92	92%
0,34	0,44	2	0,08	8%	25	1,00	100%
0,44	0,54	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 40°- 5: Ancho mínimo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho mínimo del bisel se encuentra en el intervalo [0,14; 0,24) centímetros presentándose 11 probetas. (Ver tabla 40°- 5)

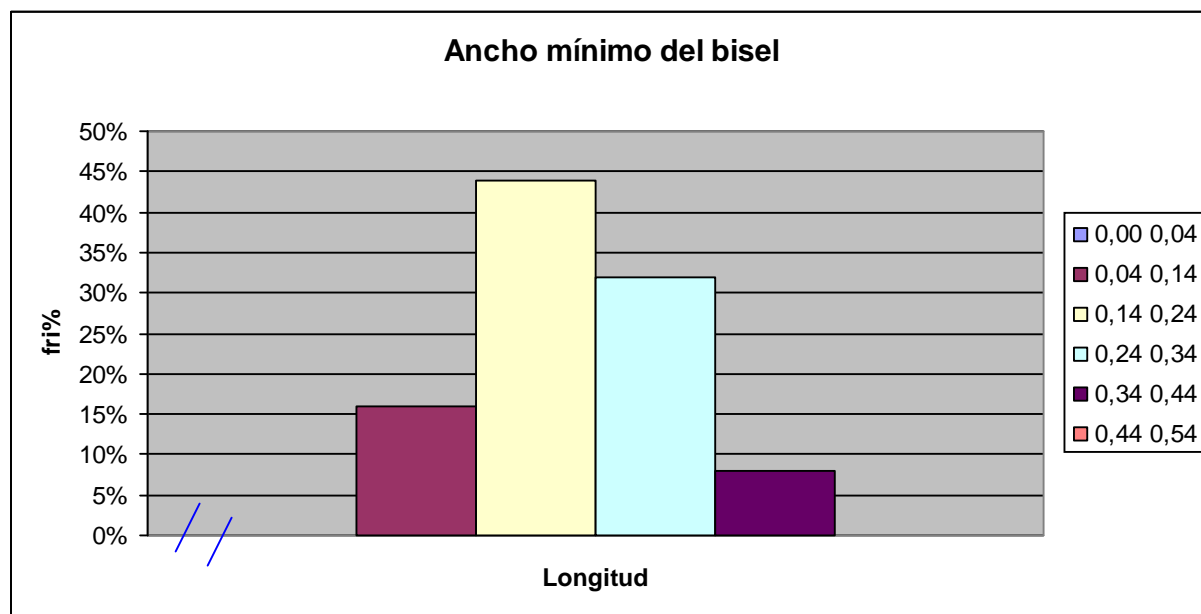


Ilustración 40°- 7: Fuente Elaboración Propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho mínimo del bisel con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [0,14; 0,24), con un porcentaje del 44%. (Ver ilustración 40°- 7)

A partir de la tabla 40°- 2 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,21 cm
- cuartil 3 0,28 cm

Ubicación del ancho máximo y mínimo:

El ancho máximo del bisel se presenta con escasa diferencia mayormente en el cuadrante 3 y 2, luego en menor medida en los cuadrantes 4 y 1. En cuanto al ancho mínimo se registra en el cuadrante 1, y después en los cuadrantes 4, 2 y 3. (Ver tabla 40°- 6).

cuadrante	ancho máximo	ancho mínimo
1°	1	14

2º	8	1
3º	12	1
4º	4	9

Tabla 40º- 6: Ancho máximo y mínimo de Bisel
Fuente: Elaboración Propia

Bordes del Bisel:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada una la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es bibiselado y en su minoría monobiselado. (Ver ilustración 40º- 8)

Se observó el borde y no se encontraron desprendimientos de acrílico en la cara incidente.

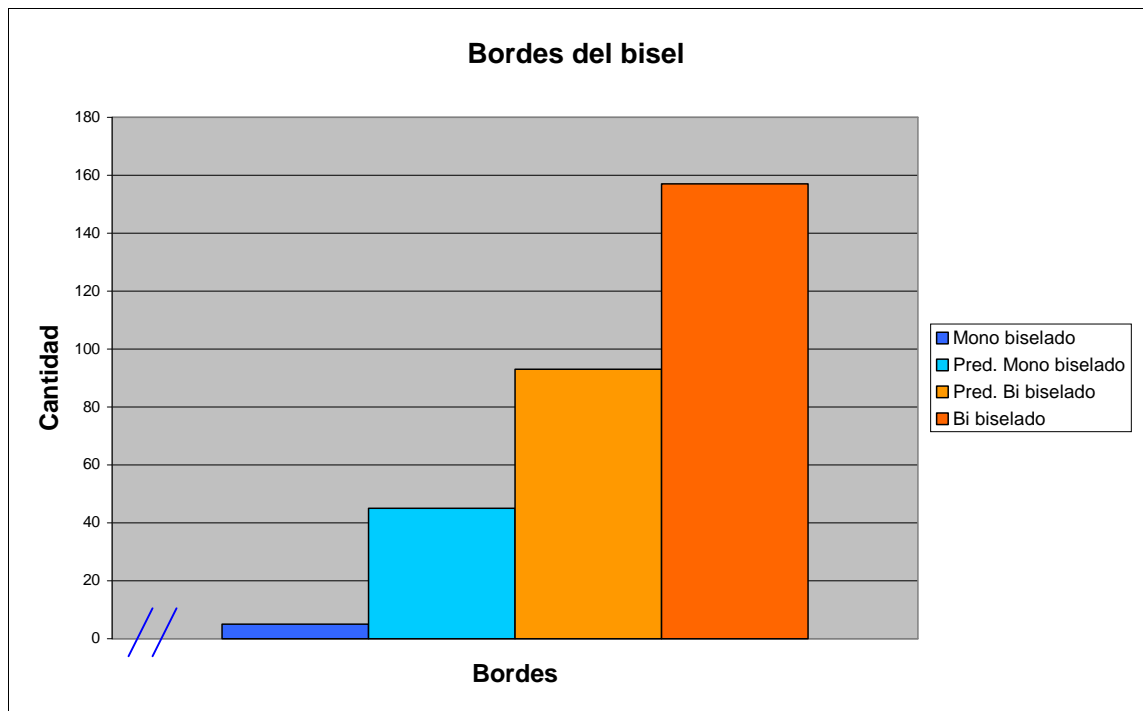


Ilustración 40º- 8: Tipo de Bisel- Fuente: Elaboración Propia

Otra característica que se encontró en el borde del bisel es que entre las posiciones horarias 1 y 5 existe desprendimiento de acrílico en la cara incidente.

Entiéndase que en un sector se verifica la presencia de bisel en la misma cara que recibe el impacto, mientras que en el resto del daño el bisel se presenta en la cara saliente como es de esperarse.

En el sector comprendido por las posiciones horarias mencionadas en el párrafo anterior se produce con mayor frecuencia el fenómeno de bisel frontal. (Ver ilustración 40°- 9)

En cuanto al desprendimiento el mismo presenta al tacto una rugosidad suave, al contrario del bisel de la cara saliente. Y el ancho del bisel frontal a simple vista se observa de mayor tamaño.

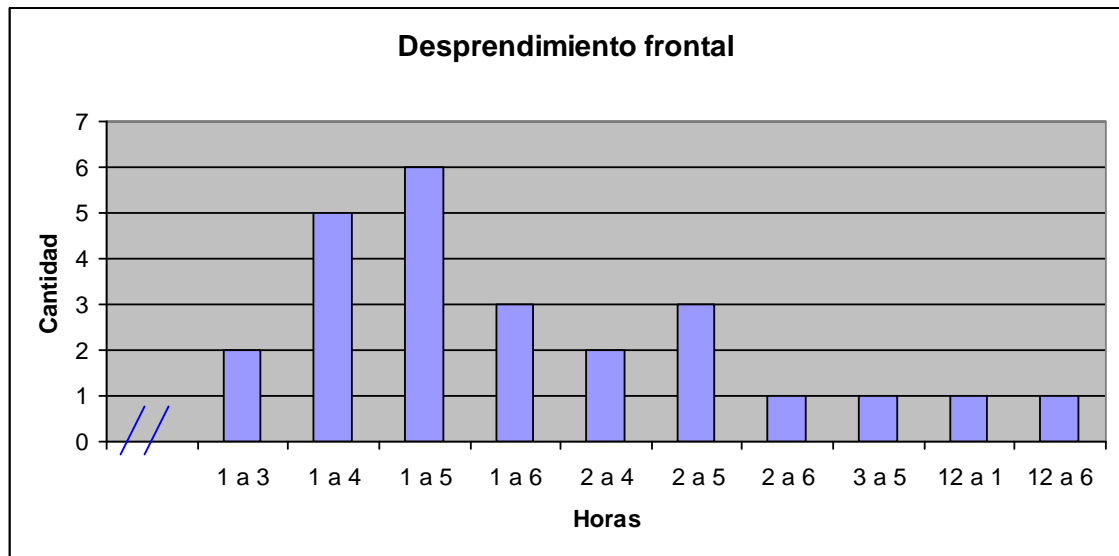


Ilustración 40°- 9: Fuente: Elaboración Propia

3 Fracturas Radiales:

La fractura radial más extensa se presenta más veces en el cuadrante 1, luego en menor cantidad el cuadrante 4. La fractura radial mínima se observa en el cuadrante 3. (Ver tabla 40°- 7).

cuadrante	Longitud máxima	Longitud Mínima
1°	19	0
2°	0	10
3°	0	15
4°	6	0

Tabla 40°- 7: Longitud Fracturas Radiales
Fuente: Elaboración Propia

En un 72% de las muestras, las fracturas radiales se proyectan rectilíneas alejándose del daño y la sección de la fractura es perpendicular al plano impactado. (Ver tabla 40°- 8).

Eje X y Y		Sección de la fractura	
Recta	18	Perpendicular	18
Predominantemente Recta	0	Predominantemente Perpendicular	0
Curva	0	Oblicua	0
Predominantemente Curva	1	Predominantemente Oblicua	1
Mixta	6	Mixta	6

Tabla 40°- 8: Comportamiento fracturas radiales
Fuente: Elaboración propia

Punto de origen:

Si bien no existe una diferencia muy marcada, se advierte una tendencia a que las líneas trazadas a partir de las fracturas radiales hacia el centro se presenten mayormente con un punto de origen múltiple produciéndose en el 56% del total de probetas, el 44% restante tiene un punto de origen único.

Distribución de fracturas radiales:

En las fracturas radiales de acuerdo a la división de la imagen en horas, se calculo el total de fracturas radiales por cada hora, dando como resultado que la mayoría de las fracturas se presentan a las 5 y la minoría a las 6. En cuanto a la cantidad máxima total de fracturas por probeta, se presenta en su mayoría 12. El valor que más se repite en las muestras es 10 fracturas por probeta.

Otras Características:

Además de las características mencionadas anteriormente se encontró a través de una observación minuciosa del bisel que las mismas presentaban en su conformación rugosidades transversales y curvas, las mismas podían tener diferentes grados de intensidad.

Las rugosidades transversales son diferentes elevaciones, crestas y surcos, que se presentan en el bisel en forma radial predominantemente cerca del orificio. Las mismas cuando se alejan del borde, las crestas se curvan y funden con otras definiendo un aspecto esponjoso que recuerda al de la piedra pómez.

Las rugosidades curvas son líneas escalonadas que se observan como cambios de niveles, desde un nivel más bajo en el borde del orificio a niveles más altos en los extremos del bisel.

No se detectaron transferencias de la cubierta del proyectil (adherencias o incrustaciones), tampoco se advierten en la cara saliente e incidente fusiones ni deformaciones por efecto de fricción y elevación de temperatura.

También se advirtió que los bordes de orificio eran afilados y agudos.

Datos obtenidos a un ángulo de incidencia de 30°

1 Análisis del Orificio:

Aspecto y Apariencia:

De un total de 25 muestras, el 100% son de aspecto irregular y de apariencia indefinida. (Ver ilustración 30°- 1 y 2)

Irregular



Ilustración 30°- 1: Aspecto.

Fuente: Elaboración propia

Indefinido



Ilustración 30°- 2: Aspecto.

Fuente: Elaboración propia

Eje Horizontal y Vertical:

La medición del eje horizontal del orificio, dio como resultado que de una muestra de 25, el 100% registra una mayor longitud que el vertical.

Longitud del eje horizontal:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[1,63	1,93)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[1,93	2,23)	2	0,08	8%	2	0,08	8%
[2,23	2,53)	10	0,40	40%	12	0,48	48%
[2,53	2,83)	9	0,36	36%	21	0,84	84%
[2,83	3,13)	2	0,08	8%	23	0,92	92%
[3,13	3,43)	2	0,08	8%	25	1,00	100%
[3,43	3,73)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 30º- 1: Longitud del eje horizontal en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje horizontal que se encuentra en el intervalo [2,23; 2,53) centímetros son 10. (Ver tabla 30º- 1).

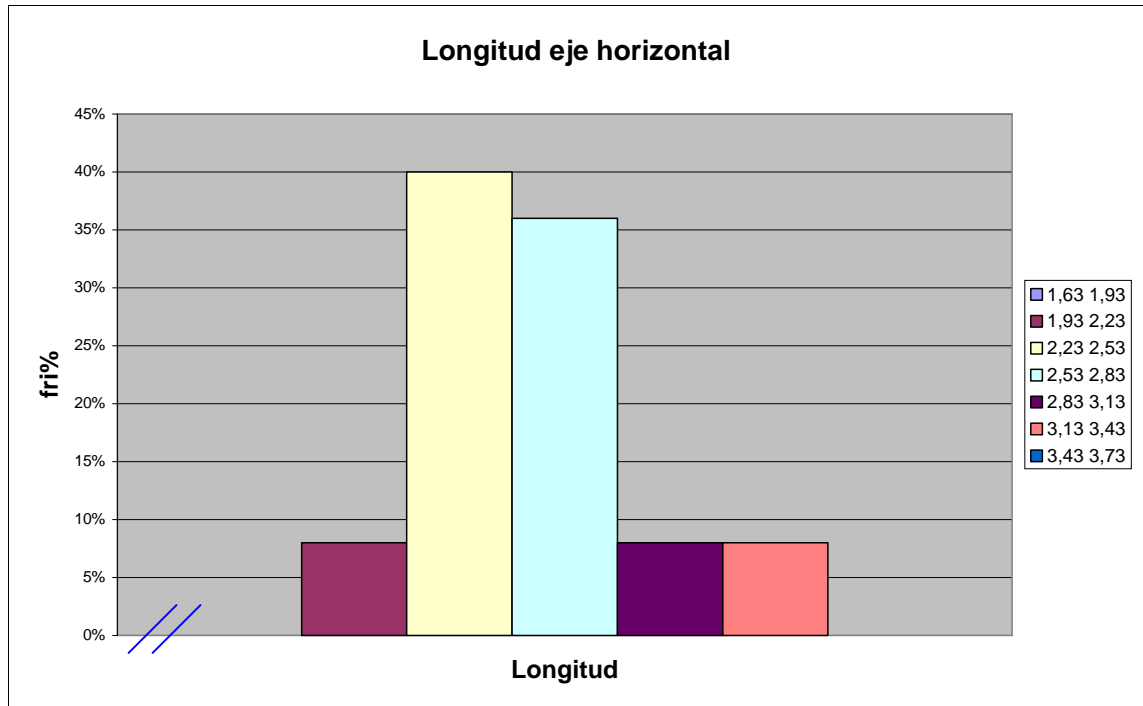


Ilustración 30º-3: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje horizontal con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [2,23; 2,53), con un porcentaje del 40%. (Ver ilustración 30°- 3)

A partir de la tabla 30°- 1 de anexos se calculo el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 2,53 cm
- cuartil 3 2,78 cm

Longitud del eje vertical:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,37	0,67)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,67	0,97)	12	0,48	48%	12	0,48	48%
[0,97	1,27)	10	0,40	40%	22	0,88	88%
[1,27	1,57)	1	0,04	4%	23	0,92	92%
[1,57	1,87)	0	0,00	0%	23	0,92	92%
[1,87	2,17)	1	0,04	4%	24	0,96	96%
[2,17	2,47)	1	0,04	4%	25	1,00	100%
[2,47	2,77)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 30°- 2: Longitud del eje vertical en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, las longitudes del eje vertical que se encuentra en el intervalo [0,67; 0,97) centímetros son 12. (Ver tabla 30°- 2)

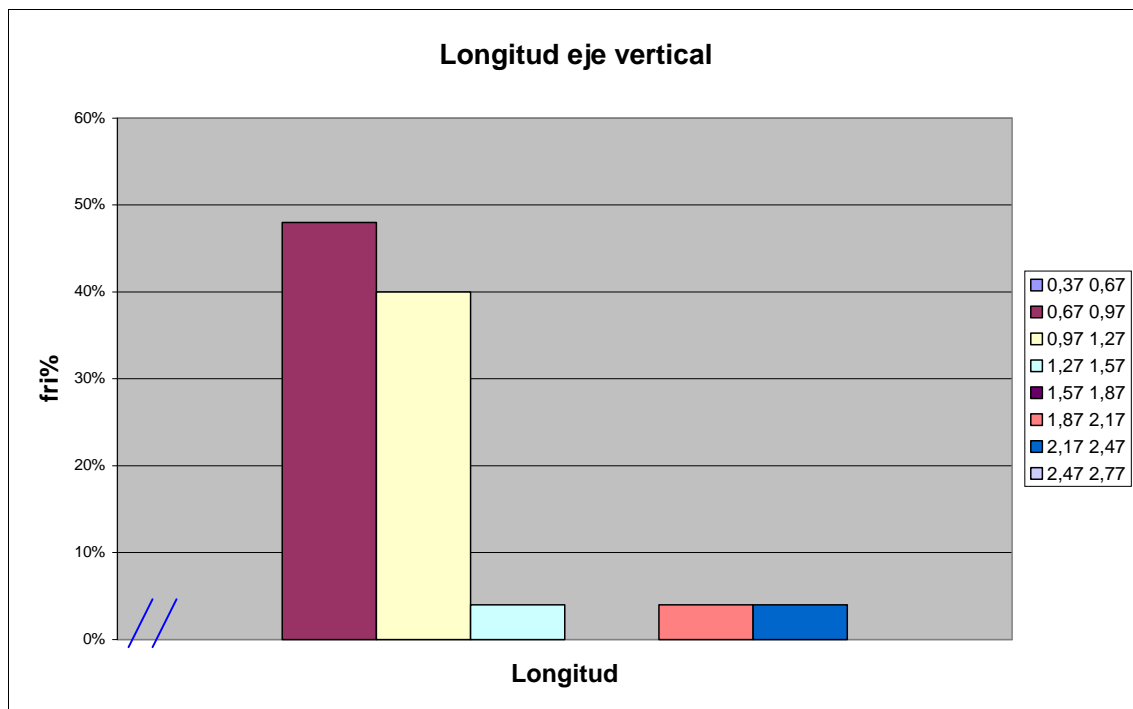


Ilustración 30°- 4: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, la longitud del eje vertical con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase $[0,67; 0,97)$, con un porcentaje del 48%. (Ver ilustración 30°- 4)

A partir de la tabla 30°- 1 de anexos se calculó el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,98 cm
- cuartil 3 1,09 cm

Borde del orificio:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada probeta la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es dentado y en su minoría predominantemente escamado. (Ver ilustración 30- 5).

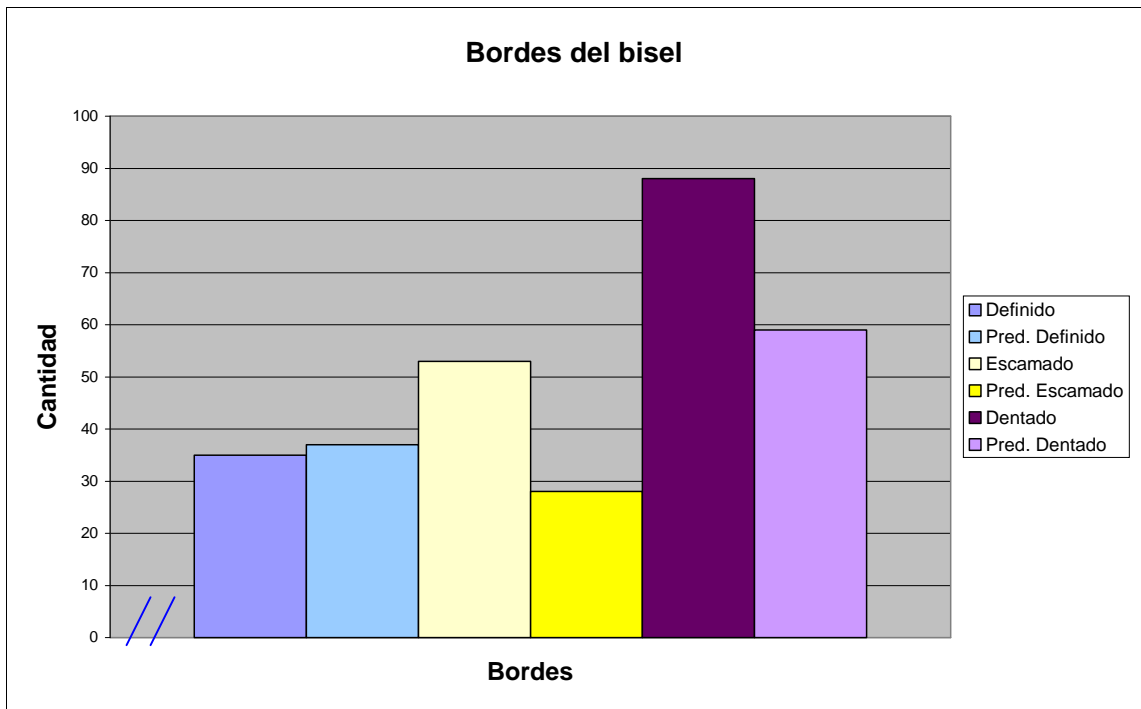


Ilustración 30°- 5: Fuente: Elaboración propia

2 Análisis del Bisel:

Ancho máximo y mínimo:

El ancho máximo del bisel varía en distintos lugares de la periferia del orificio, mayormente no coincide con el eje horizontal o vertical, ya que en 16 probetas corresponde a otra ubicación. En cambio en el ancho mínimo mayormente coincide con escasa diferencia en el eje horizontal y en otra ubicación. (Ver tabla 30°- 3)

Ancho máximo	vertical	8
	horizontal	1
	Otra ubicación	16
Ancho mínimo	vertical	1
	horizontal	13
	Otra ubicación	11

Tabla 30°-3: Ancho máximo y mínimo
Fuente: Elaboración propia

Ancho máximo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,33	0,43)	0	0,00	0%	0	0,00	0%

[0,43	0,53)	6	0,24	24%	6	0,24	24%
[0,53	0,63)	7	0,28	28%	13	0,52	52%
[0,63	0,73)	8	0,32	32%	21	0,84	84%
[0,73	0,83)	2	0,08	8%	23	0,92	92%
[0,83	0,93)	2	0,08	8%	25	1,00	100%
[0,93	1,03)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 30°- 4: Ancho máximo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho máximo del bisel se encuentra en el intervalo [0,63; 0,73) centímetros presentándose 8 probetas. (Ver tabla 30°- 4)

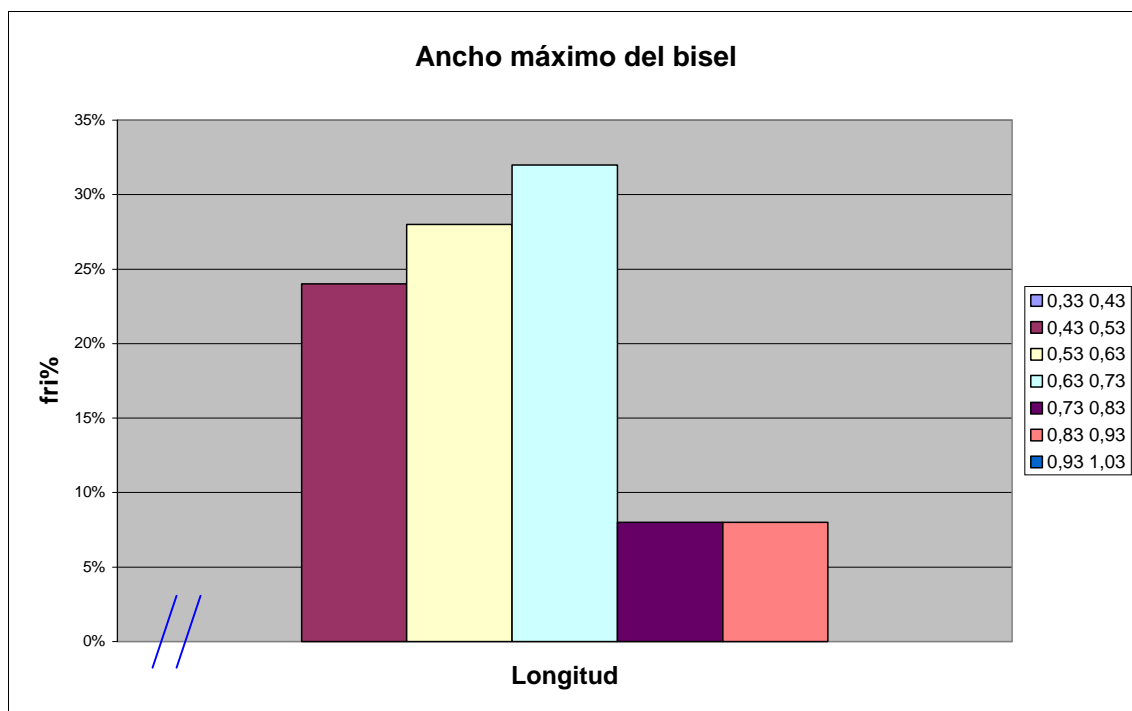


Ilustración 30°- 6: Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho máximo del bisel con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [0,63; 0,73), con un porcentaje del 32%. (Ver ilustración 30°- 6)

A partir de la tabla 30°- 2 de anexos se calculó el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,6 cm
- cuartil 3 0,68 cm

Ancho mínimo:

		fi	fri	fri%	Fi	Fri	Fri%
[0,00	0,06)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[0,06	0,16)	8	0,32	32%	8	0,32	32%
[0,16	0,26)	10	0,40	40%	18	0,72	72%
[0,26	0,36)	7	0,28	28%	25	1,00	100%
[0,36	0,46)	0	0,00	0%	25	1,00	100%
			1,00	100%			

Tabla 30°- 5: Ancho mínimo del bisel en centímetros
Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la tabla de distribución de frecuencia, puede decirse que de un total de 25 muestras estudiadas, el ancho mínimo del bisel se encuentra en el intervalo [0,16; 0,26) centímetros presentándose 10 probetas. (Ver tabla 30°- 5)

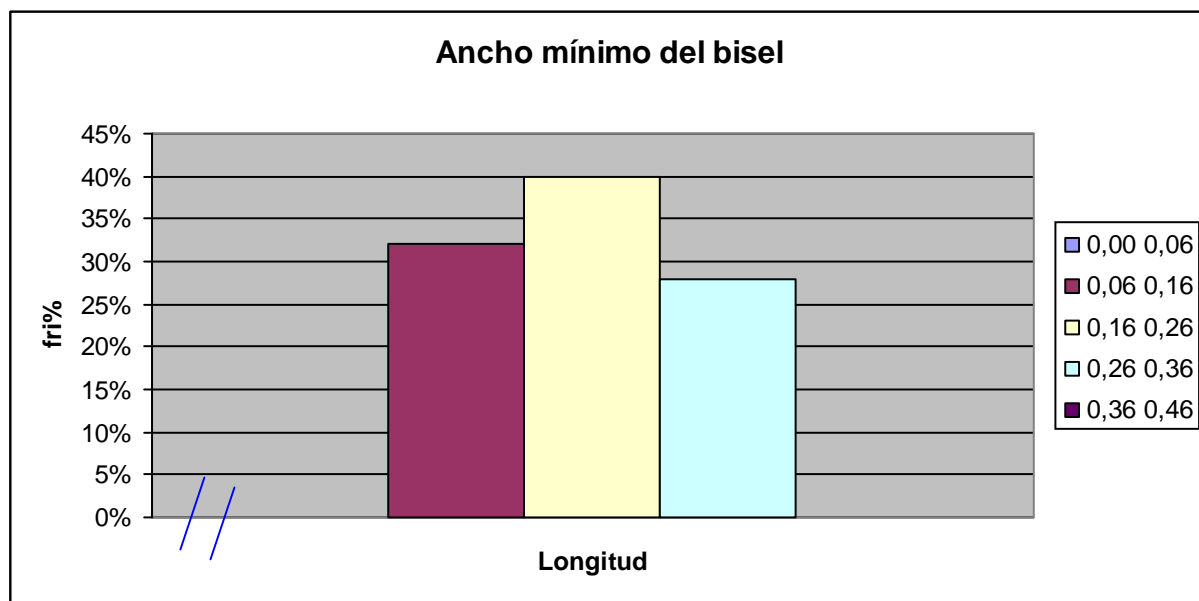


Ilustración 30°- 7: Fuente Elaboración Propia

Según lo observado en el gráfico, el ancho mínimo del bisel con mayor frecuencia se encontró en el intervalo de clase [0,16; 0,26), con un porcentaje del 40%. (Ver ilustración 30°- 7)

A partir de la tabla 30°- 2 de anexos se calculó el segundo y tercer cuartil, los cuales representan el 50% central de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- cuartil 2 0,21 cm
- cuartil 3 0,26 cm

Ubicación del ancho máximo y mínimo:

El ancho máximo del bisel se puede decir que se presenta equilibradamente en los cuatro cuadrantes sin que se advierta una fuerte tendencia. En cuanto al ancho mínimo se registra con escasa diferencia en los cuadrantes 4 y 1. (Ver tabla 30°- 6).

cuadrante	ancho máximo	ancho mínimo
1°	5	11
2°	6	1
3°	6	0
4°	8	13

Tabla 30°- 6: Ancho máximo y mínimo de Bisel
Fuente: Elaboración Propia

Bordes del Bisel:

Se agruparon todos los datos de la muestra, esto implica sumar para cada una la cantidad de veces que se repite la característica en los doce puntos de observación; uno por cada posición horaria. Dando como resultado que la mayoría es bibiselado y en su minoría monobiselado. (Ver ilustración 30°- 8)

Se observó el borde y no se encontraron desprendimientos de acrílico con la cara incidente.

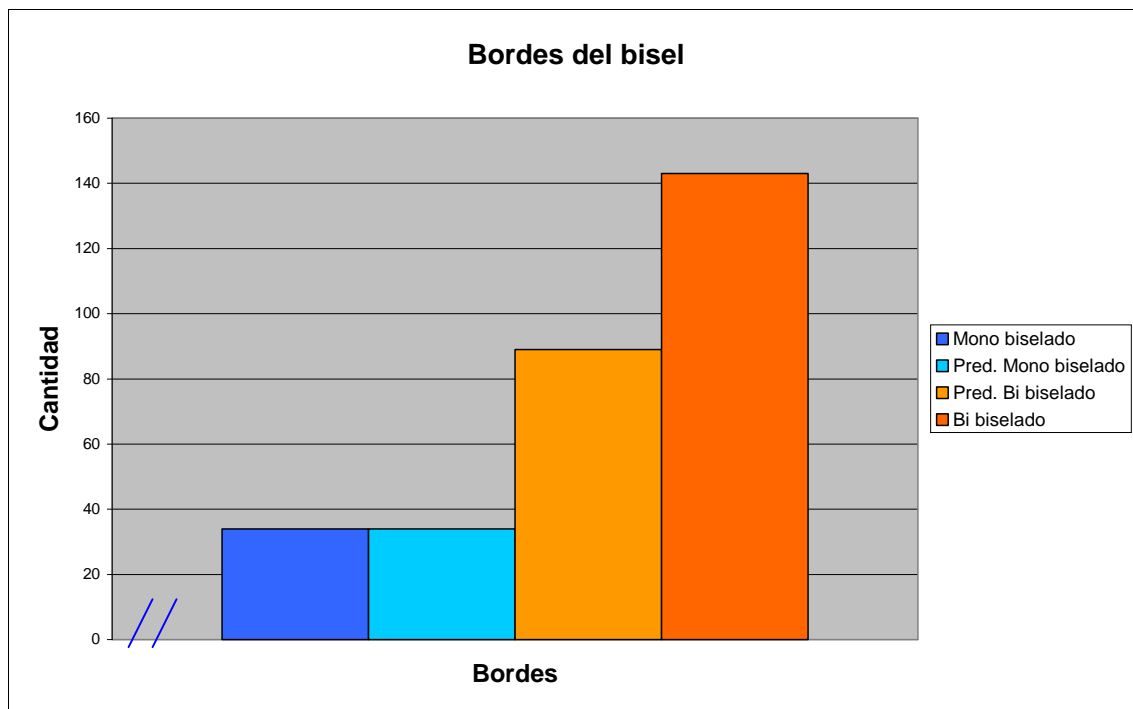


Ilustración 30°- 8: Tipo de Bisel- Fuente: Elaboración Propia

Otra característica que se encontró en el borde del bisel es que entre las posiciones horarias 1 y 5 existe desprendimiento de acrílico en la cara incidente.

Entiéndase que en un sector se verifica la presencia de bisel en la misma cara que recibe el impacto, mientras que en el resto del daño el bisel se presenta en la cara saliente como es de esperarse.

En el sector comprendido por las posiciones horarias 2 y 5 se produce con mayor frecuencia el fenómeno de bisel frontal. (Ver ilustración 30°- 9)

En cuanto al desprendimiento el mismo presenta al tacto una rugosidad suave, al contrario del bisel de la cara saliente. Y el ancho del bisel frontal a simple vista se observa de mayor tamaño.

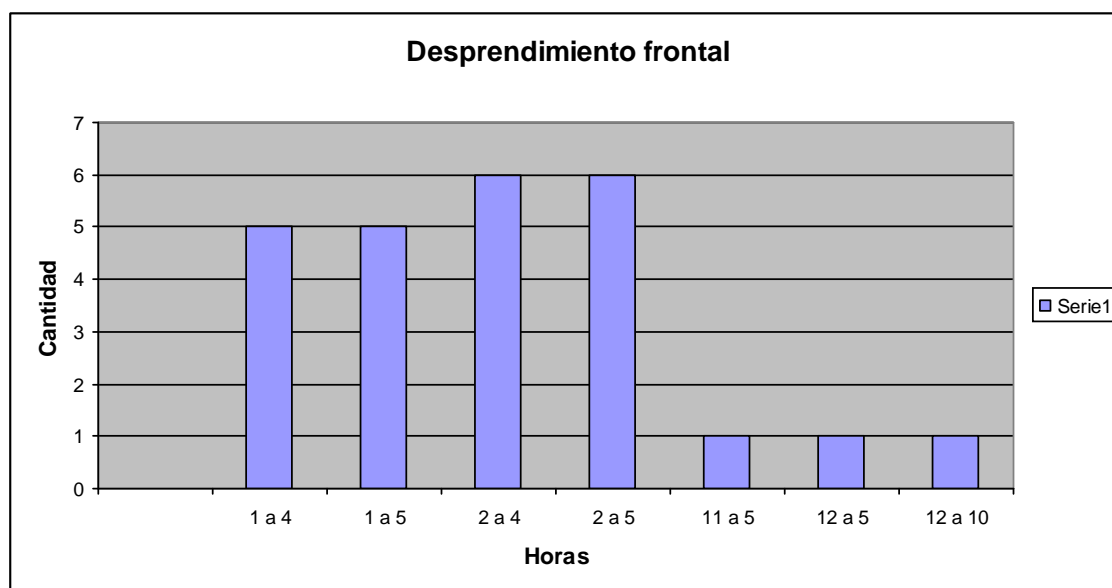


Ilustración 30°- 9: Fuente: Elaboración Propia

3 Fracturas Radiales:

La fractura radial más extensa se presenta con escasa diferencia, más veces en el cuadrante 4 y 1. La fractura radial mínima se observa en el cuadrante 2. (Ver tabla 30°- 7).

cuadrante	Longitud máxima	Longitud mínima
1°	11	0
2°	0	17
3°	1	7
4°	13	1

Tabla 30°- 7: Longitud Fracturas Radiales
Fuente: Elaboración Propia

En un 64% de las muestras, las fracturas radiales se proyectan rectilíneas alejándose del daño y en el 60% la sección de la fractura es perpendicular al plano impactado. (Ver tabla 30°- 8).

Eje X y Y		Sección de la fractura	
Recta	16	Perpendicular	15
Predominantemente Recta	5	Predominantemente Perpendicular	6
Curva	1	Oblicua	1
Predominantemente Curva	1	Predominantemente Oblicua	1
Mixta	2	Mixta	2

Tabla 30°- 8: Comportamiento fracturas radiales
Fuente: Elaboración propia

Punto de origen:

Si bien no existe una diferencia muy marcada, se advierte una tendencia a que las líneas trazadas a partir de las fracturas radiales hacia el centro se presenten mayormente con un punto de origen múltiple produciéndose en el 96% del total de probetas, el 4% restante tiene un punto de origen único.

Distribución de fracturas radiales:

En las fracturas radiales de acuerdo a la división de la imagen en horas, se calculo el total de fracturas radiales por cada hora, dando como resultado que la mayoría de las fracturas se presentan a las 7 y 10 y la minoría a las 6 y 12. En cuanto a la cantidad máxima total de fracturas por probeta, se presenta en su mayoría 15. El valor que más se repite en las muestras es 8 fracturas por probeta.

Otras Características:

Además de las características mencionadas anteriormente se encontró a través de una observación minuciosa del bisel que las mismas presentaban en su conformación rugosidades transversales y curvas, las mismas podían tener diferentes grados de intensidad.

Las rugosidades transversales son diferentes elevaciones, crestas y surcos, que se presentan en el bisel en forma radial predominantemente cerca del orificio. Las mismas cuando se alejan del borde, las crestas se curvan y funden con otras definiendo un aspecto esponjoso que recuerda al de la piedra pómez.

Las rugosidades curvas son líneas escalonadas que se observan como cambios de niveles, desde un nivel más bajo en el borde del orificio a niveles más altos en los extremos del bisel.

No se detectaron transferencias de la cubierta del proyectil (adherencias o incrustaciones), tampoco se advierten en la cara saliente e incidente fusiones ni deformaciones por efecto de fricción y elevación de temperatura.

También se advirtió que los bordes de orificio eran afilados y agudos.

CAPÍTULO V

Discusión de Resultados

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1 Orificio:

Al referirse a plásticos en general Chiviló (2008) expresa que cuando el proyectil impacta de forma perpendicular al blanco, el orificio presenta una forma radial uniforme, mientras que si el impacto se produce en ángulos menores a 90° el orificio tiende a ser elíptico y ovalado.

De acuerdo a la investigación realizada se llegó a describir que si bien algunos orificios adoptan aspectos regulares con apariencias circulares, ovales y ovoidales en las muestras, estos comportamientos se presentan en baja proporción para las condiciones bajo estudio. Se ha registrado un predominio de aspecto irregular y apariencia indefinida en cada trayectoria incidente sometida a observación. Tal característica surge como consecuencia de las irregulares pérdidas de material en la periferia del daño, por lo cual no se puede determinar la forma que presenta el orificio.

De acuerdo a Ferreyro (2007) al referirse al metal, señala que cuando la incidencia es perpendicular, se describe un orificio circular, el cual se puede medir y dará un valor que podría ser asimilado con el diámetro del proyectil. La misma autora sostiene que al ser el orificio de menor tamaño del lado del que proviene el proyectil, se puede pensar que la mensura del pequeño orificio nos da el diámetro del proyectil actuante, a no ser que el proyectil se hubiera deformado al recibir la resistencia elástica del vidrio, y al final lo logre atravesar pero con su ojiva ampliada y peor aún, deformada, o que el movimiento posterior del vidrio o el viento hubiera desprendido del material. En general se cumplen los hallazgos de Ferreyro en cuanto a que en la medida que disminuye el ángulo de incidencia se produce el incremento de la extensión del eje que corresponde a la trayectoria incidente. A pesar de la tendencia referida, al ser analizadas las dimensiones (eje horizontal y vertical) para los efectos de los distintos ángulos observados se advirtió que para las incidencias de 90° y 60° no existe una marcada diferencia respecto de la longitud del eje horizontal con el vertical. Si bien este comportamiento para incidencia perpendicular (90°) es esperable, llama la atención en el caso de la incidencia de 60° ya que era de esperarse que el eje horizontal fuera

marcadamente superior al vertical; por el contrario el eje horizontal no es predominantemente más extenso que el vertical.

Mucho más llamativo es el comportamiento advertido para los daños generados con incidencias de 80° y 70° . Contrario a lo que la teoría prevé el eje horizontal (que recordemos coincide con la trayectoria incidente) mayormente se presenta menor que el vertical.

Recién en los daños producidos con trayectorias incidentes de 50° , 40° y 30° se cumple que el eje horizontal sea superior en extensión que el vertical.

De la lectura del 50% central de los datos relevados para el eje horizontal y vertical surgen comportamientos no solo diferentes, sino que irregulares. El valor del segundo y tercer cuartil del eje vertical disminuye desde los daños provocados a 90° en la medida que disminuye el ángulo de incidencia.

Por otro lado los valores de segundo cuartil del eje horizontal se comportan de un modo variable. Para las incidencias de 90° , 80° y 70° el valor disminuye, aumenta en la incidencia de 60° alcanzando valores similares a los de 70° . Luego disminuye para las incidencias de 50° a valores ligeramente superiores a 70° , y para las incidencias de 40° y 30° vuelve a aumentar con valores que superan los alcanzados a 80° .

En cuanto al tercer cuartil el eje horizontal para las incidencias de 90° a 70° el valor disminuye, aumenta en la incidencia de 60° alcanzando valores similares a 70° . Luego disminuye en 50° a valores ligeramente inferiores a 70° , y para las incidencias de 40° y 30° vuelve a aumentar con valores que superan los alcanzados a 90° .

En el análisis del borde se observa que el mismo adopta diferentes características entre escamado, dentado y predominantemente dentado, que varía según el ángulo de incidencia. Sin embargo se puede decir que en su mayoría cada uno de los ángulos responde al siguiente comportamiento: 90° , 80° y 40° presentan borde escamado, los ángulos 70° , 60° y 30° borde dentado y para el de 50° predominantemente dentado.

2 Bisel:

El ancho máximo del bisel varía en distintos lugares de la periferia del orificio, mayormente no coincide con el eje horizontal como es de esperarse a partir de lo que sostiene Guzmán (2000) y Ferreyro (2007) quienes indican la mayor presencia de bisel a partir de un mayor desprendimiento de escamas en el sector opuesto a la trayectoria incidente. Según los datos obtenidos en la observación, ya que en general de 90° a 30° el sector más ancho del bisel corresponde a cualquier otra ubicación, sin que coincida con el eje horizontal o vertical.

Es importante resaltar que a diferencia de lo anterior los biseles generados a partir de una incidencia de 40° son los únicos en los que con claridad se observó que el sector de mayor ancho coincide con el eje horizontal. En cuanto al ancho mínimo del bisel y de acuerdo a Guzmán (2000) y Ferreyro (2007) es de esperarse que coincida con el eje horizontal y se ubique en la zona coincidente con la dirección de donde proviene el proyectil. Según lo observado en este trabajo no hay regularidades en la presencia de este sector. En el ángulo de incidencia de 90° se encuentra mayormente en el eje horizontal y el vertical, con escasa diferencia, también es el caso del ángulo de 70° y 30° que se hallan en el eje horizontal y en otra ubicación. En las restantes incidencias 80° , 60° y 50° coinciden mayormente con el eje horizontal, exceptuando el ángulo de 40° que corresponde a otra ubicación.

El ancho máximo del bisel se presenta mayormente en el cuadrante 4 para todos los ángulos de incidencia, exceptuando el ángulo de 40° que se encuentra en el 3. No existe una marca diferencia en los ángulos de incidencia de 90° entre los cuadrantes 4 y 2, en 70° y 60° entre el 4 y el 1 y el de 30° en todos los cuadrantes.

Con respecto al ancho mínimo se presenta mayormente en el cuadrante 1 los ángulos de incidencia de 80° , 70° , 50° , 40° y 30° y en el 3 el de 90° y 60° . Es importante señalar que no existe una diferencia grande en los ángulos de 50° con el cuadrante 2, el de 30° con el 4 y el de 90° con todos los cuadrantes.

En el análisis de los bordes se observa que para todos los ángulos de incidencia presentan en su mayoría un borde biselado. Esta característica difiere de lo que se describe en la bibliografía tradicional ya que como sostiene Guzmán (2000) los

impactos en estas superficies definen por pérdida de escamas su bisel en la cara opuesta a la incidencia.

Sumado a lo anterior, otra característica que enfatiza la presencia de desprendimientos atípicos corresponde a los signos encontrados en el borde del bisel en los ángulos de 40° y 30° . Entre las posiciones horarias 1 y 5 existía desprendimiento deacrílico en la cara incidente. En este sector se produce con mayor frecuencia el fenómeno del bisel frontal en el ángulo de 40° y en la posición horaria de 2 a 5 el de 30° . Al tacto presentan los ángulos de 40° y de 30° una rugosidad suave y a simple vista se observan de mayor tamaño que el bisel de la cara saliente.

3 Fracturas radiales:

La fractura radial de máxima longitud se presenta más veces, con escasa diferencia, en los cuadrantes 4 y 1 en los ángulos de 90° , 70° y 30° ; en el cuadrante 4 las incidencias de 60° y 40° y en todo los cuadrantes, ya que no existe una gran diferencia el ángulo de 80° . En cuanto a la fractura radial mínima se produce mayormente en los cuadrantes 1 y 3 en el ángulo de incidencia de 90° , en el cuadrante 2 en 80° , 70° , 50° y 30° , en los cuadrantes 2 y 3 en el 60° y en el 3 el de 40° .

El punto de origen de los ángulos 90° , 60° , 40° y 30° es múltiple, mientras que en los restantes ángulos es único. En todos los ángulos de incidencia no existe una marcada diferencia entre ambos puntos de origen, ya que no llegan al 70%, exceptuando el ángulo de 30° que alcanza el 96%.

En la distribución de las fracturas radiales se encontró que el máximo total por hora se presenta a la 1 con los ángulos de 90° , 80° , 70° y 60° , a las 4 el ángulo de 50° y 40° y a las 3 el de 30° . En cuanto al mínimo se presenta a las 6 con los ángulos de 90° , 80° y 40° , a las 12 el de 70° , a las 6 y 12 el de 30° y a las 3 el de 60° y 50° .

Ferreyro (2007) al referirse a la determinación del sentido de la fuerza a partir de las características en vidrio sostiene que la agrupación mayor de las fracturas radiales y concéntricas indica que el proyectil proviene de la zona contraria.

De acuerdo a los resultados de la investigación se cumple lo que la bibliografía tradicional indica por cuanto efectivamente en la zona contraria a la

incidencia del proyectil (entiéndase que el proyectil incide en la posición horaria 9 y se dirige hacia la posición horaria 3) se agrupan mayormente las fracturas radiales. Por el contrario cercano a la posición horaria 9 es donde se produce el menor número de fracturas radiales.

La cantidad máxima total de fracturas por probeta son 15 en el ángulo de 30°, 12 en los ángulos de 80°, 60°, 50°, 40°, 11 en el de 70° y 10 en el ángulo de 90°. El valor que mas se repite en las muestras es el 9 en los ángulos de 90°, 80° y 50°, el 10 en el de 70°, 60° y 40° y el 8 en el ángulo de 30°.

4 Otras características:

Además de las características mencionadas anteriormente se encontró que en todos los ángulos, a través de una observación minuciosa del bisel que las mismas presentan en su conformación rugosidades transversales y curvas, las mismas eran de diferentes grados de intensidad.

Las rugosidades transversales son diferentes elevaciones, crestas y surcos, que se presentan en el bisel en forma radial predominantemente cerca del orificio. Las mismas cuando se alejan del borde, las crestas se curvan y funden con otras definiendo un aspecto esponjoso que recuerda al de la piedra pómez.

Las rugosidades curvas son líneas escalonadas que se observan como cambios de niveles, desde un nivel más bajo en el borde del orificio a niveles más altos en los extremos del bisel.

No se detectaron transferencias de la cubierta del proyectil (adherencias o incrustaciones), tampoco se advierten en la cara saliente e incidente fusiones ni deformaciones por efecto de fricción y elevación de temperatura.

También se advirtió que los bordes de orificio eran afilados y agudos.

Locles (2005) describe que una de las características dejadas por el proyectil a corta distancia en vidrio, es que los bordes del orificio se presentan muy afilados y agudos, concordando con los resultados obtenidos en acrílico.

De Antón y Barberá, y Luis y Turegano (2004) señalan que en plásticos se presentan fracturas radiales y concéntricas. Teniendo en cuenta la investigación realizada en acrílico si se presentan las fracturas radiales pero no las concéntricas.

CAPÍTULO VI

Conclusiones

CONCLUSIONES

Signos encontrados en:

✓ Orificio:

➔ Aspecto – Apariencia

Contrario a lo que está implícito en la teoría tradicional, y en antecedentes revisados, los orificios en el material bajo estudio, no mostraron regularidad en el aspecto o apariencia como para aproximar al diámetro del proyectil (Ferreyro, 2007), o para sostener que para un ángulo o rango de ángulos de incidencia se espera observar una forma en particular (Guevara, 2010).

Por el contrario se ha observado un claro predominio por daños irregulares de apariencia indefinida en todos los ángulos de incidencia utilizados en la experiencia.

➔ Relación entre el eje horizontal y el eje vertical

Sin perjuicio de lo anterior, se observa que en los orificios producidos, con incidencia de 90° , existe cierto equilibrio y poca diferencia entre el eje horizontal y el eje vertical.

En los demás ángulos no se cumple estrictamente lo que se espera respecto al incremento del eje horizontal en la medida que disminuye la trayectoria incidente tal como surge de Ferreyro (2007) y Guevara (2010).

Según se ha percibido para incidencias de 80° y 70° se produce un comportamiento inverso a lo que la bibliografía tradicional indica. Se ha registrado que el eje horizontal (correspondiente al mismo plano de la trayectoria incidente) en la mayoría de los casos estudiados es menor que el eje vertical.

Las incidencias de 60° , 50° , 40° y 30° adoptan el comportamiento contemplado en la teoría para el eje horizontal. Mientras que con un ángulo de incidencia de 60° se advierte, apenas una ligera tendencia del eje horizontal a ser algo superior que el vertical, este fenómeno es más claro para la incidencia de 50° y absoluto

para los ángulos de 40° y 30° ; ya que en todos los casos el eje en cuestión es superior al eje vertical.

→ Dimensión del eje horizontal

En general el 50% central de los datos relevados para el eje horizontal muestra que su extensión va en disminución desde las incidencias de 90° a las de 70° , contrario a lo que en teoría debería ocurrir.

A partir de los 60° de incidencia la extensión horizontal comienza paulatinamente a incrementarse, aunque existen mínimas diferencias hasta los daños experimentados a 50° y se encuentran siempre por debajo de los valores obtenidos para 80° haciendo imposible su diferenciación.

Recién con incidencia de 40° se ve una clara tendencia al incremento aunque los valores se encuentran ligeramente por debajo pero muy próximos a los relevados para el ángulo de 90° circunstancia que no permite su diferenciación.

Los únicos valores que se diferencian del resto son los correspondientes al ángulo de 30° ; estos son claramente mayores a los obtenidos con incidencias de 90°

→ Dimensión del eje vertical

Según el análisis del 50% central de los datos obtenidos para este eje en las distintas incidencias su longitud va disminuyendo desde el ángulo de 90° al ángulo de 30° . Se advierte que mientras que para incidencia de 90° el eje vertical es marcadamente superior al calibre del proyectil (supera en promedio hasta 2,5 veces su diámetro), para el ángulo de 30° es ligeramente superior.

Según se advierte en el análisis de estos datos los valores del eje vertical para incidencias de 90° y 80° se hallan muy dispersos y a pesar de la disminución pueden confundirse. Esto no ocurre en general con los valores correspondientes a 70° , 60° , 50° , 40° y 30° puesto que por la menor dispersión advertida en la experimentación podría ser posible su diferenciación.

✓ **Bisel**

→ Ubicación del ancho máximo del bisel

Según se conoce, el bisel adopta mayor extensión en la región opuesta a la trayectoria incidente o bien resulta equilibrado (se habla de cráter concéntrico) cuando el impacto es perpendicular.

Los datos observados para la incidencia de 90° , siguen el comportamiento teórico ya que no hay grandes diferencias en cuanto a la ubicación del sector del bisel con mayor amplitud para los distintos cuadrantes.

A partir de los biseles generados con incidencias de 80° , se verifica un claro predominio de su presentación en los cuadrantes 1 (de la posición horaria 12 a 3) y 4 (de la posición horaria 3 a 6). Esta discriminación es mas clara a 70° y 60° de incidencia.

A partir de los impactos obtenidos con 50° de incidencia la pérdida de material en la zona comprendida por los cuadrantes 1 y 4 comienza a afectar la observación. Si bien para 50° todavía se presenta el sector de bisel mas ancho en el cuadrante 4, con impactos obtenidos a 40° y 30° esto no ha podido ser observado; por lo tanto las observaciones válidas han indicado predominio del cuadrante 2 y 3.

➔ Bibiselación y desprendimiento frontal.

El contexto teórico considerado para esta investigación permite sostener que los orificios producidos en vidrio (la de apariencia más cercana a la superficie empleada) y con la que Ferreyro (2007) homologa el comportamiento, presentan desprendimiento de material exclusivamente en la cara opuesta a la incidente. Tal desprendimiento da lugar al bisel que ha sido puesto en observación en este trabajo.

Pese a lo anterior se ha podido observar que en todas las probetas el borde del orificio presenta un doble bisel; uno muy marcado en la cara opuesta a la trayectoria incidente, y otro menor en la cara correspondiente al impacto primario.

Además y contrario a todo lo que la bibliografía consultada expresa en la cara incidente se registro, en incidencias de 40° y 30° , la generación de un claro bisel por desprendimiento de material en la región frontal. Tal desprendimiento frontal se registra mayormente entre las posiciones horarias 1 y 5.

El bisel además presentó características comunes en todos los ángulos. En sentido radial se observaron rugosidades (por la presencia de finas crestas y surcos

radiales) que a medida que se alejan del borde del orificio se curvan y dan lugar a un aspecto esponjoso que recuerda a piedra pómez. En sentido transversal el bisel permite advertir líneas por cambios de nivel que dan lugar a un escalonamiento en la medida que el sector observado se aleja del borde del orificio.

Dos características permiten diferenciar el desprendimiento típico y tradicional del desprendimiento frontal: a) el desprendimiento frontal (atípico) genera un bisel más ancho que el desprendimiento típico; b) el desprendimiento frontal coincide con un bisel de textura suave, frente a la rugosidad características del bisel típico.

En el bisel no se detectaron transferencia de la cubierta del proyectil, ni fusiones o deformaciones causadas por fricción o elevación de temperatura.

✓ **Fracturas**

➔ Distribución de las fracturas radiales

Respecto de las fracturas radiales la teoría referida, nos permite sostener que el mayor número de estas se disponen en la periferia del orificio que se opone a la trayectoria incidente. Sin embargo esta experimentación ha verificado respecto del número de fracturas radiales por cuadrante que en general se reúne mayor número de fracturas en los cuadrantes que coinciden con el origen del proyectil (es decir la trayectoria incidente) por sobre aquellos que se ubican en la región opuesta. Por lo tanto, según la muestra estudiada, no se cumple lo previsto por Guzmán (2000) y Ferreyro (2007).

Además el número de fracturas que el impacto genera se muestra equilibrado a pesar del cambio de ángulo de incidencia. Se ha registrado un máximo de 15 fracturas (incidencia de 30°) y un mínimo de 10 fracturas (incidencia de 90°). Sin embargo se registra un comportamiento bimodal por cuanto independiente del ángulo de incidencia los valores que mas se repiten son un máximo de 9 y 10 por probeta.

➔ Ubicación de la fractura radial de mayor longitud

Otra observación surge del análisis de la extensión máxima de las fracturas radiales. Con mayor frecuencia la fractura radial de mayor extensión en cada probeta se

sitúa en los cuadrantes 1 y 4, que como se ha explicado son opuestos a la trayectoria incidente. Naturalmente esta afirmación no es tan manifiesta para los ángulos de 90° y 80° de incidencia, aunque la supremacía si se cumple.

→ Comportamiento en el espacio de la fractura radial

Las observaciones se condujeron a detectar el comportamiento en el eje x-y, como así también respecto de la sección de fractura.

Se detectaron fracturas rectas como comportamiento predominante en todos los ángulos de incidencia experimentados.

Respecto de la sección de las fracturas mayormente se presenta perpendicular al plano que corresponde a la cara incidente.

→ Punto de origen de la fractura radial

La investigación ha obtenido que el punto de origen de las fracturas radiales obedece a distintos comportamientos. Solo se puede advertir de un modo categórico que los daños producidos a 30° registran orígenes múltiples.

Bajo las demás incidencias aparecen comportamientos diferentes de los cuales no se detecta regularidad que se pueda relacionar con la variación del ángulo de incidencia.

→ Fracturas concéntricas

Contrario a lo que indica la teoría consultada en referencia a plásticos (De Antón y Barberá y Luis y Turégano, 2004) y con respecto a vidrios como Guzmán (2000) y Ferreyro (2007) en esta experimentación no se detectaron fracturas concéntricas.

✓ **Hipótesis:**

De acuerdo a la hipótesis planteada no se puede reconocer mediante el estudio aislado de los signos advertidos el ángulo de incidencia con el que ha sido generado el orificio en un blanco de acrílico por el paso de un proyectil disparado por arma de fuego calibre 9 mm.

Sin embargo algunos signos han sido distintivos de un rango de ángulos de incidencia como ocurre con el bisel frontal para trayectorias incidentes de 40° y 30° , o como se advierte en el origen múltiple para incidencia de 30° .

El único valor que mostró regularidad es la disminución de la longitud del eje vertical que decrece en la medida que hace lo propio el ángulo de incidencia.

APORTES DE LA INVESTIGACIÓN A LA CIENCIA CRIMINALÍSTICA.

El aporte fundamental de esta experiencia fue determinar a partir de los ángulos incidencia, los signos que se generan en un blanco construido en acrílico por el paso del proyectil.

Esta investigación aporta al estudio de la trayectoria incidente, ya que en la actualidad, en la bibliografía tradicional, solamente se encuentra información para la determinación del ángulo de incidencia a partir de dos blancos impactados, uno primario y el otro secundario. Por lo cual, con la experiencia realizada se aportan herramientas para la determinación mediante el estudio exclusivo del blanco primario, ofreciendo así una metodología para averiguar el ángulo de incidencia del disparo, aplicable a diferentes armas de fuego, municiones y espesores de acrílico.

También se detectaron aspectos que no han sido considerados entre los tratadistas en materia de balística de efectos, tal como la inexistencia de fracturas concéntricas, la presencia de un bisel por desprendimiento frontal y la variación del eje vertical que se asumía resultaba constante cuando variaba el ángulo de incidencia, hallazgos que merecen ser profundizados en futuras investigaciones.

De la dimensión de los orificios de entrada analizados a ángulos de incidencia de 30 grados a 90 grados, se obtuvieron valores que pueden cotejarse con algún hecho, en el cual se utilizó un arma de fuego y una munición con iguales características a los usados en la experiencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **BURKE TW, ROWE WF (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: 30/04/2012.
- **CASTRO, Álvaro; ESPEJO, Edgar; MARTÍNEZ, Leonardo (2000)**. Estudio de los tipos de cráteres obtenidos en el impacto de proyectiles 5,56 SS109, sobre blancos de acero AISI-SAE 1045. *Revista de Metalurgia.* 36 (1). En línea:
<http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/553>. Recuperado: 24/04/2012.
- **CALLISTER, JR. William D (1996)**. *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales 2*. Barcelona: Reverté.
- **CEGARRA, Manuel López (2012)**. *Estudio de la resistencia al rayado de nuevos nanocomposites de nanotubos de carbono en polimetilmetacrilato*. Cartagena. En línea:
<http://repositorio.bib.upct.es:8080/jspui/bitstream/10317/3010/1/pfc4343.pdf>. Recuperado: 24/04/2012.
- **CHIVILÓ, Darío Raúl (2008)**. *Manual pericial de balística y armamento*. Buenos Aires: García Alonso.
- **CIBRIÁN VIDRIO, Octavio (2007)**. *Balística Técnica y Forense*. Buenos Aires: La Rocca.
- **FERREYRO, María Fernanda (2007)**. *Balística manual*. Buenos Aires: B de f.
- **DE ANTÓN Y BARBERÁ, Francisco y LUIS Y TURÉGANO, Luis (2004)**. *Policía científica*. Vol. 2; 4ta Ed. Valencia: Tirant Lobanch.

- **GUEVARA, Cyntia Romina (2010).** Tesina. *Determinación de la posición del tirador a través del ángulo de incidencia en disparos efectuados a superficies metálicas*. Universidad del Aconcagua, Facultad de Psicología, Licenciatura en Criminalística.
- **GROOVER, Mikell P. (1997).** *Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, Procesos y Sistemas*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.
- **GUZMÁN, Carlos A. (2000).** *Manual de Criminalística*. Buenos Aires: La Rocca.
- **HIDALGO, Leandro (2012).** (Tesis de grado inédita). Universidad del Aconcagua, Facultad de Psicología, Licenciatura en Criminalística.
- **LOCLES, Roberto Jorge (2000).** *Balística y pericia*. Buenos Aires: La Rocca.
- **LOCLES, Roberto Jorge (2005).** *Tratado de Balística*. Buenos Aires: La Rocca.
- **MACCHI, Ricardo Luis (2007).** *Materiales dentales*. 4ta Ed. Buenos Aires: Panamericana.
- **MIKEL (2011).** *Esfuerzos que pueden soportar los materiales*. En línea: <http://mikelanderezfp.blogspot.com.ar/2011/11/esfuerzos-que-pueden-soportar-los.html>. Recuperado: 23/04/2012.
- **MILACHAY, Yuri (2012).** En línea: <http://www.slideshare.net/kurtmilach/elasticidad>. Recuperado: 3/07/12.
- **QUIROZ, Omar (2011).** *Balística De Efectos*. En línea: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Balistica-De-Efectos/2389747.html>. Recuperado el 25/04/2012.
- **TORRES R., Alex (2012).** En línea: <http://megacril.tripod.com/d/propiedades.htm>. Recuperado: 24/04/2012.

ANEXOS

Tabla de datos de los disparos de experiencia:

Muestra	Horizontal		Vertical	
1	menor	1,92	mayor	1,93
2	mayor	2,25	menor	1,89
3	menor	1,95	mayor	2,36
4	mayor	2,28	menor	2,17
5	menor	2,74	mayor	3,13
6	mayor	2,10	menor	1,33
7	menor	1,52	mayor	1,65
8	mayor	2,97	menor	2,73
9	menor	2,14	mayor	2,15
10	menor	2,05	mayor	2,19
11	menor	2,18	mayor	2,83
12	menor	2,05	mayor	2,26
13	mayor	2,32	menor	1,99
14	mayor	2,33	menor	1,97
15	mayor	2,92	menor	2,46
16	mayor	2,17	menor	2,01
17	mayor	3,39	menor	2,72
18	menor	2,28	mayor	2,64
19	menor	2,28	mayor	2,43
20	menor	2,07	mayor	2,08
21	mayor	3,25	menor	2,72
22	mayor	2,15	menor	2,08
23	menor	2,83	mayor	3,11
24	mayor	1,93	menor	1,81
25	menor	1,66	mayor	1,86

Tabla 1: 90° eje horizontal y vertical en centímetros.
Fuente: Elaboración propia

Ancho Máximo		Ancho Mínimo	
otro	0,55	Horizontal	0,37
otro	0,58	otro	0,22
otro	0,76	Vertical	0,22
Horizontal	0,48	Vertical	0,22
otro	0,57	Vertical	0,06
Vertical	0,60	otro	0,35
Vertical	0,48	Horizontal	0,35
otro	0,54	Horizontal	0,16
otro	0,45	Vertical	0,13
otro	0,55	Horizontal	0,24
otro	0,59	Vertical	0,15
Horizontal	0,60	Vertical	0,11
Vertical	0,46	Horizontal	0,22
otro	0,47	Horizontal	0,31
Horizontal	0,45	Vertical	0,14
Horizontal	0,52	Vertical	0,24
otro	0,66	Horizontal	0,10
Horizontal	0,44	Vertical	0,19
otro	0,58	Vertical	0,27
otro	0,54	Vertical	0,31
Vertical	0,51	Horizontal	0,23
Vertical	0,53	Horizontal	0,43
Vertical	0,58	Horizontal	0,10
Vertical	0,47	Horizontal	0,32
Vertical	0,52	Horizontal	0,32

Tabla 2: 90° ancho máximo y mínimo en centímetros.
Fuente: Elaboración propia

MUESTRA	horizontal	vertical
1	mayor 1,38	menor 1,30
2	mayor 1,35	menor 1,29
3	menor 2,22	mayor 2,27
4	menor 2,07	mayor 2,50
5	menor 1,28	mayor 1,66
6	menor 1,78	mayor 2,35
7	mayor 1,91	menor 1,68
8	menor 1,41	mayor 2,08
9	mayor 1,92	menor 1,75
10	menor 2,44	mayor 2,55
11	menor 1,77	mayor 1,96
12	menor 1,82	mayor 2,01
13	mayor 2,19	menor 1,33
14	mayor 2,40	menor 1,91
15	menor 2,02	mayor 2,55
16	menor 1,71	mayor 1,76
17	menor 1,45	mayor 2,82
18	menor 2,10	mayor 2,58
19	mayor 2,17	menor 1,47
20	menor 1,67	mayor 1,93
21	mayor 2,12	menor 1,84
22	menor 1,32	mayor 1,79
23	menor 1,04	mayor 1,67
24	menor 2,21	mayor 3,07
25	menor 1,67	mayor 1,90

Tabla 2: 80° eje horizontal y vertical en centímetros.

Fuente: Elaboración propia

Ancho Máximo	Ancho Mínimo
Vertical 0,47	Horizontal 0,27
Horizontal 0,71	otro 0,34
Horizontal 0,64	Vertical 0,26
Horizontal 0,56	Vertical 0,29
Horizontal 0,63	Horizontal 0,30
Vertical 0,63	Horizontal 0,40
Horizontal 0,53	Horizontal 0,35
Vertical 0,62	Vertical 0,28
Vertical 0,62	otro 0,29
Vertical 0,48	Horizontal 0,14
Horizontal 0,61	otro 0,39
Vertical 0,65	otro 0,34
Vertical 0,69	Horizontal 0,31
Horizontal 0,53	Horizontal 0,21
Horizontal 0,84	Vertical 0,29
Horizontal 0,60	otro 0,42
otro 0,60	Vertical 0,23
otro 0,62	Vertical 0,11
Vertical 0,69	Horizontal 0,08
Horizontal 0,63	otro 0,23
Vertical 0,63	otro 0,31
Vertical 0,66	Horizontal 0,25
Vertical 0,64	otro 0,14
otro 0,52	Vertical 0,31
otro 0,41	Horizontal 0,25

Tabla 2: 80° ancho máximo y mínimo en centímetros.

Fuente: Elaboración propia

MUESTRA		horizontal		vertical
1	menor	1,40	mayor	2,18
2	menor	1,37	mayor	1,40
3	menor	1,15	mayor	1,68
4	menor	0,97	mayor	1,29
5	menor	1,13	mayor	1,53
6	mayor	1,62	Vertical	1,44
7	menor	1,11	mayor	1,47
8	menor	0,99	mayor	1,33
9	menor	1,04	mayor	1,27
10	menor	1,03	mayor	1,50
11	menor	1,22	mayor	1,38
12	menor	1,56	mayor	1,60
13	menor	1,24	mayor	1,28
14	menor	1,26	mayor	1,54
15	mayor	1,54	Vertical	1,44
16	menor	1,24	mayor	1,80
17	mayor	2,52	Vertical	1,55
18	menor	1,10	mayor	1,46
19	menor	1,08	mayor	1,50
20	menor	1,15	mayor	1,37
21	menor	1,23	mayor	1,67
22	mayor	1,59	Vertical	1,47
23	menor	1,13	mayor	1,51
24	menor	1,27	mayor	1,83
25	menor	1,13	mayor	1,58

Tabla 3: 70° eje horizontal y vertical en centímetros.

Fuente: Elaboración propia

Ancho Máximo		Ancho Mínimo	
Horizontal	0,43	Vertical	0,07
Horizontal	0,61	Horizontal	0,37
Horizontal	0,64	Horizontal	0,32
Vertical	0,58	Horizontal	0,47
Vertical	0,53	Horizontal	0,34
Vertical	0,62	Horizontal	0,09
otro	0,53	otro	0,27
otro	0,84	otro	0,28
Vertical	0,62	otro	0,23
otro	0,61	otro	0,09
Vertical	0,81	otro	0,22
otro	0,79	Horizontal	0,39
otro	0,95	otro	0,22
otro	0,48	Horizontal	0,22
Vertical	0,49	Horizontal	0,22
otro	0,70	Horizontal	0,35
Vertical	1,03	Horizontal	0,34
otro	0,72	Horizontal	0,50
otro	1,04	otro	0,31
otro	1,07	Vertical	0,11
otro	0,61	Vertical	0,14
otro	0,57	Horizontal	0,42
otro	0,71	otro	0,33
otro	0,84	otro	0,36
Vertical	0,58	otro	0,27

Tabla 2: 70° ancho máximo y mínimo en centímetros.

Fuente: Elaboración propia

MUESTRA	horizontal		vertical
1	mayor	1,06	menor 0,97
2	mayor	1,26	menor 1,08
3	menor	1,25	mayor 1,40
4	menor	1,16	mayor 1,19
5	menor	1,19	mayor 1,46
6	mayor	1,65	menor 1,33
7	mayor	1,23	menor 1,22
8	mayor	1,17	menor 1,10
9	menor	1,45	mayor 1,51
10	mayor	1,14	menor 0,99
11	menor	1,16	mayor 1,22
12	menor	1,19	mayor 1,26
13	menor	1,33	mayor 1,47
14	mayor	1,32	menor 1,26
15	mayor	1,45	menor 1,04
16	menor	1,16	mayor 1,37
17	mayor	1,52	menor 1,39
18	mayor	1,88	menor 1,32
19	menor	1,03	mayor 1,20
20	mayor	1,52	menor 1,46
21	menor	1,20	mayor 1,41
22	mayor	1,75	menor 1,67
23	mayor	2,10	menor 1,50
24	menor	1,28	mayor 1,29
25	mayor	1,25	menor 1,15

Tabla 4: 60° eje horizontal y vertical en centímetros.

Fuente: Elaboración propia

Ancho Máximo		Ancho Mínimo	
otro	0,57	Horizontal	0,34
otro	0,73	Horizontal	0,30
otro	0,87	Horizontal	0,34
otro	0,72	Horizontal	0,37
Vertical	0,62	Horizontal	0,27
otro	0,53	Horizontal	0,12
otro	0,95	Horizontal	0,26
Vertical	0,54	Horizontal	0,36
otro	0,54	otro	0,24
Horizontal	0,61	Vertical	0,24
otro	0,64	otro	0,16
otro	0,94	otro	0,31
otro	0,59	Horizontal	0,39
otro	0,88	otro	0,15
otro	0,75	otro	0,13
otro	0,59	otro	0,27
Horizontal	0,81	otro	0,28
otro	0,88	Horizontal	0,29
Vertical	1,07	Horizontal	0,45
otro	0,64	Horizontal	0,25
otro	0,95	Horizontal	0,25
Vertical	0,56	Horizontal	0,23
otro	0,61	Horizontal	0,12
otro	0,69	Horizontal	0,38
Horizontal	0,60	Vertical	0,16

Tabla 2: 60° ancho máximo y mínimo en centímetros.

Fuente: Elaboración propia

Muestra	horizontal		vertical	
1	mayor	1,43	menor	1,25
2	mayor	1,38	menor	1,25
3	menor	1,29	mayor	1,56
4	mayor	1,29	menor	1,12
5	mayor	1,34	menor	1,28
6	mayor	1,35	menor	1,24
7	mayor	1,27	menor	1,25
8	mayor	1,52	menor	1,18
9	mayor	1,46	menor	1,23
10	mayor	1,39	menor	1,12
11	mayor	1,25	menor	1,06
12	mayor	1,30	menor	1,18
13	menor	1,32	mayor	1,40
14	menor	1,27	mayor	1,32
15	mayor	1,34	menor	1,18
16	mayor	1,51	menor	1,21
17	mayor	1,26	menor	1,17
18	mayor	1,37	menor	1,27
19	mayor	1,33	menor	1,25
20	mayor	1,21	menor	1,17
21	mayor	1,33	menor	1,24
22	mayor	1,40	menor	1,39
23	mayor	1,46	menor	1,42
24	menor	1,31	mayor	1,34
25	mayor	1,47	menor	0,98

Tabla 5: 50° eje horizontal y vertical en centímetros.

Fuente: Elaboración propia

Ancho Máximo		Ancho Mínimo	
Vertical	0,39	Horizontal	0,33
Vertical	0,42	Horizontal	0,26
otro	0,50	Vertical	0,35
otro	0,43	Horizontal	0,27
Vertical	0,54	Vertical	0,33
Horizontal	0,41	otro	0,24
Vertical	0,39	otro	0,19
otro	0,43	Horizontal	0,21
Horizontal	0,34	otro	0,17
Vertical	0,49	otro	0,30
otro	0,52	Horizontal	0,31
otro	0,40	Vertical	0,28
Horizontal	0,41	Horizontal	0,29
Horizontal	0,56	otro	0,37
otro	0,39	Vertical	0,35
otro	0,49	Horizontal	0,26
otro	0,40	Horizontal	0,19
otro	0,52	Horizontal	0,28
otro	0,61	Horizontal	0,38
otro	0,48	Vertical	0,26
otro	0,60	Horizontal	0,37
otro	0,74	Horizontal	0,42
otro	0,55	Horizontal	0,40
Vertical	0,53	Vertical	0,41
otro	0,43	Horizontal	0,14

Tabla 2: 50° ancho máximo y mínimo en centímetros.

Fuente: Elaboración propia

MUESTRA		horizontal		vertical
1	mayor	1,79	menor	1,26
2	mayor	1,76	menor	1,23
3	mayor	1,65	menor	0,98
4	mayor	2,61	menor	1,26
5	mayor	2,24	menor	0,89
6	mayor	1,83	menor	1,21
7	mayor	1,78	menor	0,99
8	mayor	2,10	menor	1,15
9	mayor	1,92	menor	1,16
10	mayor	2,13	menor	0,99
11	mayor	2,12	menor	0,90
12	mayor	1,95	menor	1,06
13	mayor	2,29	menor	0,91
14	mayor	2,11	menor	1,06
15	mayor	2,04	menor	0,90
16	mayor	1,79	menor	1,06
17	mayor	2,24	menor	1,18
18	mayor	2,09	menor	1,31
19	mayor	2,45	menor	1,10
20	mayor	1,73	menor	0,91
21	mayor	2,07	menor	1,13
22	mayor	1,86	menor	1,10
23	mayor	2,46	menor	1,07
24	mayor	1,76	menor	1,09
25	mayor	2,49	menor	1,03

Tabla 6: 40° eje horizontal y vertical en centímetros.

Fuente: Elaboración propia

Ancho Máximo		Ancho Mínimo	
Horizontal	0,45	otro	0,25
horizontal	0,49	otro	0,19
vertical	0,36	otro	0,22
otro	0,34	horizontal	0,14
horizontal	0,51	otro	0,30
horizontal	0,62	horizontal	0,43
horizontal	0,40	otro	0,19
vertical	0,58	horizontal	0,26
horizontal	0,52	otro	0,13
horizontal	0,38	otro	0,08
vertical	0,35	horizontal	0,20
horizontal	0,40	otro	0,28
horizontal	0,41	otro	0,32
otro	0,41	horizontal	0,24
horizontal	0,43	horizontal	0,19
horizontal	0,50	otro	0,32
otro	0,47	horizontal	0,21
otro	0,37	vertical	0,18
otro	0,47	vertical	0,04
otro	0,38	horizontal	0,17
otro	0,60	otro	0,21
horizontal	0,52	horizontal	0,34
horizontal	0,47	otro	0,17
otro	0,43	vertical	0,29
otro	0,50	horizontal	0,05

Tabla 2: 40° ancho máximo y mínimo en centímetros.

Fuente: Elaboración propia

MUESTRA	horizontal	menor	vertical
1	mayor	2,99	0,93
2	mayor	3,41	0,86
3	mayor	2,58	1,02
4	mayor	2,82	0,90
5	mayor	2,39	2,11
6	mayor	2,63	2,34
7	mayor	2,53	0,99
8	mayor	2,51	0,84
9	mayor	2,44	0,86
10	mayor	1,93	0,67
11	mayor	2,67	1,13
12	mayor	2,41	1,18
13	mayor	2,64	0,98
14	mayor	2,22	0,98
15	mayor	2,69	0,99
16	mayor	2,45	1,39
17	mayor	2,94	0,84
18	mayor	2,82	1,06
19	mayor	3,29	1,19
20	mayor	2,31	0,81
21	mayor	2,45	0,92
22	mayor	2,48	1,09
23	mayor	2,78	0,84
24	mayor	2,50	0,88
25	mayor	2,38	0,81

Tabla 7: 30° eje horizontal y vertical en centímetros.

Fuente: Elaboración propia

Ancho Máximo	Ancho Mínimo
otro	0,53
horizontal	0,54
vertical	0,46
vertical	0,53
vertical	0,63
otro	0,64
otro	0,60
otro	0,49
otro	0,57
otro	0,69
vertical	0,65
otro	0,60
vertical	0,68
otro	0,44
otro	0,68
otro	0,78
vertical	0,43
vertical	0,60
otro	0,90
otro	0,44
vertical	0,91
otro	0,43
otro	0,82
otro	0,65
otro	0,66

Tabla 2: 30° ancho máximo y mínimo en centímetros.

Fuente: Elaboración propia