

**Universidad Internacional del Ecuador**



**Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz**

**Proyecto de investigación para la obtención del Título de Ingeniería Mecánica  
Automotriz**

**Estudio de los parámetros de seguridad en parabrisas locales e importados mediante  
norma INEN 1669**

**Luis Francisco Naranjo**

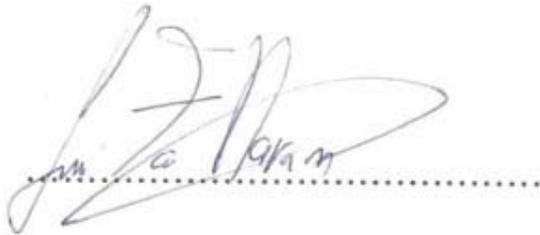
**Mauricio Carranco**

**Director: Ing. Gorky Reyes**

**Quito Noviembre 2016**

### **Certificación**

Yo, Luis Francisco Naranjo Izurieta declaro que soy autor exclusivo de la presente investigación y que esta es original, autentica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprenden de la presente investigación serán de exclusiva responsabilidad.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Francisco Naranjo Izurieta', written over a horizontal dotted line.

Luis Francisco Naranjo Izurieta  
C.C. 1719675660

Yo, Ing. Gorky Guillermo Reyes Campaña declaro que, en lo que yo personalmente conozco a, el señor Luis Francisco Naranjo Izurieta, es el autor exclusivo de la presente investigación y que esta es original, autentica y personal suya.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gorky Guillermo Reyes Campaña', written over a horizontal dotted line.

Ing. Gorky Guillermo Reyes Campaña  
DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

C.C. 0401266762

## **Certificación**

Yo, Mauricio Armando Carranco García declaro que soy autor exclusivo de la presente investigación y que esta es original, autentica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprenden de la presente investigación serán de exclusiva responsabilidad.



Mauricio Armando Carranco García  
C.C. 1716152002

Yo, Ing. Gorky Guillermo Reyes Campaña declaro que, en lo que yo personalmente conozco a, el señor Mauricio Armando Carranco García, es el autor exclusivo de la presente investigación y que esta es original, autentica y personal suya.



Ing. Gorky Guillermo Reyes Campaña  
DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

C.C. 0401266762

## **Autorización**

Yo, Luis Francisco Naranjo Izurieta declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación personal y que se ha consultado en la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Francisco Naranjo Izurieta', is written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and cursive.

Luis Francisco Naranjo Izurieta  
C.C. 1719675660

## **Autorización**

Yo, Mauricio Armando Carranco García declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación personal y que se ha consultado en la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

A handwritten signature in blue ink, reading "Mauricio Carranco", written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and cursive.

Mauricio Armando Carranco García  
C.C. 1716152002

## **Dedicatoria Luis Francisco Naranjo**

Principalmente dedico esta tesis a Dios por guiarme, cuidarme y darme siempre sabiduría y fortaleza para seguir adelante y no rendirme nunca, para así poder alcanzar este objetivo que es la culminación de una carrera universitaria.

A mis padres, mi hermana, mi cuñado, familiares y amigos que me dieron el soporte necesario y aportaron en mi formación personal y académica para poder desarrollar mis conocimientos y habilidades, y así poder culminar esta etapa de estudios.

A mi madre que es un pilar fundamental de mi vida, que siempre me brinda su apoyo incondicional y los recursos necesarios para poder cumplir mis objetivos.

## **Dedicatoria Mauricio Carranco**

Dedico esta tesis, principalmente a Dios, por guiarme siempre por el buen camino, por haberme dado la fortaleza y empeño suficiente para poder llegar a esta meta tan importante en mi vida, encarando siempre las adversidades con dignidad, sin perder nunca el deseo de llegar a ser un profesional y no desfallecer en el camino hacia mi meta.

A mis Padres, por haber sido los pilares más importantes a lo largo de esta etapa de mi vida, por demostrarme siempre su cariño y apoyo. Por los valores inculcados, por los principios y consejos que me ayudaron a formarme como una persona correcta y perseverante.

A mis amigos que me ayudaron y brindaron su amistad a lo largo de toda mi carrera estando siempre presentes en las buenas y en las malas brindándome todo su apoyo

### **Agradecimiento Luis Francisco Naranjo**

Doy gracias a dios, a mi familia y amigos, autoridades y profesores, y demás personas que supieron apoyarme y brindarme su colaboración tanto en los estudios como en la realización de esta tesis de grado, para que de esta manera poder proyectarme hacia el futuro en beneficio de la sociedad con altura y responsabilidad.

Adicionalmente un agradecimiento especial a las empresas Crilamyt, Suavit, y al Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional, por su valiosa aportación para este proyecto de grado.

## **Agradecimiento Mauricio Carranco**

Agradezco a mis padres, a mi hermana por estar siempre a mi lado a lo largo de toda mi vida. A los profesores que supieron impartirme su cátedra y conocimientos, dejando en cada uno de nosotros su sapiencia y experiencia adquirida a lo largo de muchos años de estudios. A mi Tutor de tesis, Ing. Gorky Reyes, por su acertada guía y consejos durante el desarrollo de mi tesis.

## Índice General

|   |       |
|---|-------|
| Certificación.....  | iii   |
| Certificación.....  | iv    |
| Autorización.....   | v     |
| Autorización.....   | vi    |
| Dedicatoria Luis Francisco Naranjo .....  | vii   |
| Dedicatoria Mauricio Carranco.....  | viii  |
| Agradecimiento Luis Francisco Naranjo .....   | ix    |
| Agradecimiento Mauricio Carranco .....  | x     |
| Índice General.....   | xi    |
| Índice de figuras.....  | xvii  |
| Índice de tablas .....  | xxii  |
| Estudio de los parámetros de seguridad en parabrisas locales e importados mediante norma INEN 1669..... | xxiii |
| Study of the security parameters in local and imported windshields by INEN 1669 standard .....          | xxiv  |
| Introducción .....  | xxv   |
| Capítulo 1.....   | 2     |
| Generalidades del parabrisas.....   | 2     |
| 1.1 Antecedentes .....  | 2     |
| 1.2 Composición de los cristales.....   | 5     |

|   |    |
|---|----|
| 1.2.1 Corte y serigrafía.....                                       | 6  |
| 1.2.2 Moldeo .....  | 7  |
| 1.2.3 Ensamblado.....   | 7  |
| 1.3 Causas de impacto en los parabrisas.....                        | 8  |
| 1.4 Tipos de roturas en el parabrisas.....                          | 10 |
| 1.5 Tipos de lunas .....  | 12 |
| 1.5.1 Parabrisas:.....  | 13 |
| 1.5.2 Cristales Laterales.....                                      | 17 |
| 1.5.3 Cristales Posteriores o luneta trasera. ....                  | 18 |
| 1.5.4 Techo solar.....  | 18 |
| 1.6 Clima variable que afecta a los parabrisas.....                 | 19 |
| 1.6.1 Calor:.....   | 21 |
| 1.6.2 Frio:.....  | 22 |
| 1.7 Proceso de fabricación nacional de parabrisas.....              | 23 |
| 1.7.1 Área de ensamblado.....                                       | 24 |
| Capítulo 2.....   | 25 |
| Normativas aplicadas a ensayos de parabrisas.....                   | 25 |
| 2.1 Reglamento RTE 084, Vidrios se seguridad para automotores. .... | 25 |
| 2.1.1 Condiciones Generales.....                                    | 26 |
| 2.1.2 Clasificación. ....   | 26 |
| 2.1.3 Requisitos del rotulado. ....                                 | 26 |

|   |    |
|---|----|
| 2.1.4 Ensayos para evaluar la conformidad. ....   | 27 |
| 2.2 Norma NTE INEN 1669, Vidrios de seguridad para automotores. ....  | 27 |
| 2.2.1 Disposiciones Generales. ....   | 28 |
| 2.2.2. Requisitos.....  | 31 |
| 2.2.3 Impacto con esfera de acero.....  | 32 |
| 2.2.4. Impacto simulado de la cabeza (cabeza de maniquí).....   | 32 |
| 2.2.5 Impacto con dardo.....  | 33 |
| 2.2.6 Inspección .....  | 34 |
| 2.2.7 Método de ensayo .....  | 34 |
| 2.3 Norma NTE INEN 1723, Determinación de la resistencia al impacto con esfera de acero.<br>.....                       | 34 |
| 2.3.1 Instrumental .....  | 35 |
| 2.3.2 Preparación de la muestra .....   | 36 |
| 2.3.3 Procedimiento vidrio templado.....  | 36 |
| 2.3.4 Vidrio laminado .....   | 37 |
| 2.4 Norma NTE INEN 1724, Determinación de la resistencia al impacto simulado de la<br>cabeza (ensayo del maniquí). .... | 37 |
| 2.4.1 Instrumental .....  | 37 |
| 2.4.2 Preparación de la muestra .....   | 38 |
| 2.4.3 Procedimiento .....   | 38 |
| 2.5 Norma NTE INEN 1725, Determinación de la resistencia al impacto con dardo .....                                     | 38 |
| 2.5.1 Procedimiento de ensayo. ....   | 40 |

|   |    |
|---|----|
| 2.6 Informe de resultados.....  | 40 |
| 2.7 Normativas Internacionales .....  | 41 |
| 2.7.1 Norma ISO 3537, impacto con esfera de acero .....                               | 41 |
| 2.7.1.1 Comparativa.....  | 42 |
| 2.7.2 Norma ANSI Z 26.1, impacto con esfera de acero.....                             | 43 |
| 2.7.2.1 Comparativa.....  | 45 |
| 2.7.3 Norma COVENINI 199, impacto con esfera de acero. ....                           | 46 |
| 2.7.3.1 Comparativa.....  | 46 |
| 2.7.4 Impacto con dardo.....  | 47 |
| 2.7.4.1 Comparativa.....  | 49 |
| 2.8 Tabas comparativas.....   | 49 |
| 2.8.1 Comparativa normas internacionales y nacional, impacto con esfera de acero..... | 49 |
| 2.8.2 Tabla comparativa norma internacional y nacional, impacto con dardo .....       | 53 |
| Capítulo 3.....   | 55 |
| Ensayos .....   | 55 |
| 3.1 Ensayo de impacto, prueba con esfera de acero. ....                               | 58 |
| 3.1.1 Ensayo de impacto con esfera de acero muestras X. ....                          | 60 |
| 3.1.2 Ensayo de impacto con esfera de acero muestra Y.....                            | 63 |
| 3.1.3 Ensayo de impacto con esfera de acero, muestra Z. ....                          | 66 |
| 3.2 Ensayo de impacto, prueba con dardo. ....   | 69 |
| 3.2.1 Ensayo de impacto con dardo muestra X.....                                      | 70 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.2.2 Ensayo de impacto con dardo muestra Y.....                   | 74  |
| 3.2.3 Ensayo de impacto con dardo muestra Z.....                   | 77  |
| 3.3 Ensayo de impacto, prueba con cabeza de maniquí.....           | 80  |
| 3.3.1 Ensayo de impacto con cabeza de maniquí muestra X.....       | 82  |
| 3.3.2 Ensayo de impacto con cabeza de maniquí muestra Y.....       | 85  |
| 3.3.3 Ensayo de impacto con cabeza de maniquí muestra Z.....       | 88  |
| Capítulo 4.....  | 91  |
| Análisis de resultados.....  | 91  |
| 4.1 Impacto con esfera de acero.....                               | 91  |
| 4.1.1 Impacto con esfera de acero, muestra X.....                  | 91  |
| 4.1.2 Impacto con esfera de acero muestra Y.....                   | 92  |
| 4.1.3 Impacto con esfera de acero, muestra Z.....                  | 92  |
| 4.1.4 Conclusión impacto con esfera de acero muestras X, Y, Z..... | 93  |
| 4.2 Impacto con cabeza de maniquí.....                             | 95  |
| 4.2.1 Impacto con cabeza de maniquí, muestra X.....                | 95  |
| 4.2.2 Impacto con cabeza de maniquí, muestra Y.....                | 98  |
| 4.2.3 Impacto con cabeza de maniquí, muestra Z.....                | 100 |
| 4.3 Impacto con dardo.....   | 103 |
| 4.3.1 Impacto con dardo, muestra X.....                            | 103 |
| 4.3.2 Impacto con dardo, muestra Y.....                            | 104 |
| 4.3.3 Impacto con dardo, muestra Z.....                            | 106 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.4 Análisis de resultados, pruebas de impacto. .... | 107 |
| Conclusiones .....                                   | 110 |
| Recomendaciones .....                                | 111 |
| Bibliografía .....                                   | 112 |
| Anexos .....   | 113 |
| Anexo 1: Informe de resultados .....                 | 113 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.1: Primer vehículo impulsado con un motor de combustión interna.....                     | 3  |
| Figura 1.2: Primer vehículo en tener parabrisas laminado (Ford modelo A) .....                    | 4  |
| Figura 1.3: BMW DIXI 3-15 primer vehículo en contar con un parabrisas templado .....              | 4  |
| Figura 1.4: Peugeot 402 1935; su parabrisas es curvo por el tipo de carrocería.....               | 5  |
| Figura 1.5 Composición de los cristales. ....   | 6  |
| Figura 1.6: Corte y serigrafía. ....  | 7  |
| Figura 1.7: Proceso de moldeo del parabrisas. ....  | 7  |
| Figura 1.8: Proceso de ensamblado de parabrisas. ....   | 8  |
| Figura 1.9: Porcentaje de roturas de cristales. ....  | 9  |
| Figura 1.10: Principales causas de rotura de lunas. ....  | 10 |
| Figura 1.11: Desgaste superficial del parabrisas.....   | 10 |
| Figura 1.12: Ojo de buey .....  | 11 |
| Figura 1.13: Ojo de buey con microfisura .....  | 11 |
| Figura 1.14: Rotura con grieta en el parabrisas. ....   | 12 |
| Figura 1.15: Tipos de cristales del automóvil.....  | 13 |
| Figura 1.16: Posición de accionamiento automático de limpiaparabrisas Lexus RX 450h.....          | 14 |
| Figura 1.17: Posición de accionamiento de luces automáticas Lexus RX 450h.....                    | 15 |
| Figura 1.18: Funcionamiento luces automáticas, estacionamiento subterráneo Lexus RX 450h<br>..... | 15 |
| Figura 1.19: Sensor de lluvia ubicando en la parte interior del parabrisas. ....                  | 16 |
| Figura 1.20: Funcionamiento del limpiaparabrisas automático en condiciones de lluvia. ....        | 17 |
| Figura 1.21: Visualización de la Head up display. ....  | 17 |
| Figura 1.22: Techo corredizo Lexus RX 450h.....   | 19 |
| Figura 1.23: Techo panorámico Nissan Qashqai .....  | 19 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.24: Daño en el parabrisas, agravado por la temperatura de Quito.....     | 20 |
| Figura 1.25: Evolución del tamaño de la grieta en función de la temperatura. .... | 23 |
| Figura 2.1: Esquema Parabrisas.....   | 29 |
| Figura 2.2: Esquema Luneta .....  | 29 |
| Figura 2.3: Esquema Vidrio lateral delantero.....                                 | 30 |
| Figura 2.4: Esquema Vidrio lateral posterior.....                                 | 30 |
| Figura 2.5: Esquema Vidrio de techo. ....   | 31 |
| Figura 2.6: Soporte de muestras para ensayo.....                                  | 35 |
| Figura 2.7: Maniquí (Dimensiones en mm).....                                      | 38 |
| Figura 2.8: Dardo de prueba con sus dimensiones. ....                             | 39 |
| Figura 2.9: Soporte para el ensayo de fractura, adherencia e impacto. ....        | 40 |
| Figura 2.10: Soporte de probetas norma ISO 3537.....                              | 42 |
| Figura 2.11: Soporte de muestras.....   | 44 |
| Figura 2.12: Especificaciones del dardo. ....                                     | 48 |
| Figura 2.13: Comparativa entre normativas.....                                    | 51 |
| Figura 2.14: Porcentaje entre normas. ....  | 52 |
| Figura 2.15: Comparativa entre norma ecuatoriana y venezolana.....                | 53 |
| Figura 2.16: Comparativa entre norma ecuatoriana y venezolana, porcentajes. ....  | 54 |
| Figura 3.1: Posición de la etiqueta de identificación en las muestras.....        | 56 |
| Figura 3.2: Etiqueta de identificación de muestras y ensayos. ....                | 57 |
| Figura 3.3: Soporte para ensayos de impacto. ....                                 | 58 |
| Figura 3.4: Placa de sujeción de probetas.....                                    | 59 |
| Figura 3.5: Esfera de acero (masa: 2,26 kg). ....                                 | 59 |
| Figura 3.6: Soporte para caída de esfera de acero (caída de 4 metros).....        | 60 |
| Figura 3.7: Impacto de la esfera.....   | 61 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 3.8: Probeta número 1 del fabricante X después del impacto. ....          | 61 |
| Figura 3.9: Probeta número 2 del fabricante X después del impacto. ....          | 62 |
| Figura 3.10: Probeta número 3 del fabricante X después del impacto. ....         | 62 |
| Figura 3.11: Probeta número 4 del fabricante X después del impacto. ....         | 63 |
| Figura 3.12: Probeta lista para ensayo de impacto con esfera (Fabricante Y)..... | 63 |
| Figura 3.13: Ensayo de impacto con esfera de acero (Fabricante Y). ....          | 64 |
| Figura 3.14: Impacto con esfera de acero fabricante Y (probeta 1).....           | 65 |
| Figura 3.15: Impacto con esfera de acero fabricante Y (probeta 2).....           | 65 |
| Figura 3.16: Impacto con esfera de acero fabricante Y (probeta 3).....           | 66 |
| Figura 3.17: Impacto con esfera de acero fabricante Y (probeta 4).....           | 66 |
| Figura 3.18: Probeta del fabricante Z. ....                                      | 67 |
| Figura 3.19: Impacto con esfera de acero en la probeta del fabricante Z. ....    | 67 |
| Figura 3.20: Probeta número 1 del fabricante Z, después de ser impactada.....    | 68 |
| Figura 3.21: Probeta número 2 del fabricante Z, después de ser impactada.....    | 69 |
| Figura 3.22: Dardo utilizado para ensayos. ....                                  | 69 |
| Figura 3.23: Altura para ensayo de impacto con dardo. ....                       | 70 |
| Figura 3.24: Caída del dardo.....  | 71 |
| Figura 3.25: Probeta número 1 del fabricante X después de ser impactada. ....    | 72 |
| Figura 3.26: Probeta número 2 del fabricante X después de ser impactada. ....    | 72 |
| Figura 3.27: Probeta número 3 del fabricante X después de ser impactada. ....    | 73 |
| Figura 3.28: Probeta número 4 del fabricante X después de ser impactada. ....    | 73 |
| Figura 3.29: Probeta número 1 del fabricante Y después de ser impactada. ....    | 75 |
| Figura 3.30: Probeta número 2 del fabricante Y después de ser impactada. ....    | 75 |
| Figura 3.31: Probeta número 3 del fabricante Y después de ser impactada. ....    | 76 |
| Figura 3.32: Probeta número 4 del fabricante Y después de ser impactada. ....    | 76 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 3.33: Probeta impacta por el dardo.....                                 | 77  |
| Figura 3.34: Probeta número 1 del fabricante Y después de ser impactada. ....  | 78  |
| Figura 3.35: Probeta número 2 del fabricante Z después de ser impactada.....   | 79  |
| Figura 3.36: Probeta número 3 del fabricante Z después de ser impactada.....   | 79  |
| Figura 3.37: Probeta número 3 del fabricante Z después de ser impactada.....   | 80  |
| Figura 3.38: Soporte para probetas. ....                                       | 80  |
| Figura 3.39: Herramienta de ensayo Cabeza de maniquí. ....                     | 81  |
| Figura 3.40: Regulación de altura para impacto con cabeza de maniquí.....      | 82  |
| Figura 3.41: Impacto con cabeza de maniquí probeta número 1 fabricante X. .... | 83  |
| Figura 3.42: Impacto con cabeza de maniquí probeta número 2 fabricante X. .... | 83  |
| Figura 3.43: Impacto con cabeza de maniquí probeta número 3 fabricante X. .... | 84  |
| Figura 3.44: Impacto con cabeza de maniquí probeta número 4 fabricante X. .... | 84  |
| Figura 3.45: Impacto con cabeza de maniquí probeta número 1 fabricante Y. .... | 86  |
| Figura 3.46: Impacto con cabeza de maniquí probeta número 2 fabricante Y. .... | 86  |
| Figura 3.47: Impacto con cabeza de maniquí probeta número 3 fabricante Y. .... | 87  |
| Figura 3.48: Impacto con cabeza de maniquí probeta número 4 fabricante Y. .... | 87  |
| Figura 3.49: Impacto con cabeza de maniquí probeta número 1 fabricante Z.....  | 88  |
| Figura 3.50: Impacto con cabeza de maniquí probeta número 2 fabricante Z.....  | 89  |
| Figura 3.51: Impacto con cabeza de maniquí probeta número 3 fabricante Z.....  | 89  |
| Figura 3.52: Impacto con cabeza de maniquí probeta número 4 fabricante Z.....  | 90  |
| Figura 4.1: Grafica de resultados de impacto con esfera de acero.....          | 94  |
| Figura 4.2: Grafica de resultados muestra X .....                              | 97  |
| Figura 4.3: Grafico de resultados muestras X.....                              | 97  |
| Figura 4.4: Grafico de resultados muestra Y. ....                              | 99  |
| Figura 4.5: Grafico de resultados muestras Y.....                              | 100 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 4.6: Grafica de resultados fabricante Z.....                       | 102 |
| Figura 4.7: Grafico de resultados muestras Z.....                         | 102 |
| Figura 4.8: Grafica de resultados muestras X.....                         | 104 |
| Figura 4.9: Grafico de resultados muestras Y.....                         | 106 |
| Figura 4.10: Grafico de resultados muestras Z.....                        | 107 |
| Figura 4.11: Grafio de porcentajes individual y total de fabricantes..... | 109 |

## Índice de tablas

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1.1: Tipos de impactos y características. ....                                    | 12  |
| Tabla 2.1: Clasificación de vidrios de seguridad. ....                                  | 25  |
| Tabla 2.2: Requisitos para vidrios de seguridad. ....                                   | 31  |
| Tabla 2.3: Espesores nominales. ....  | 36  |
| Tabla 2.4: Comparativa entre normas internacionales y norma nacional, impacto con dardo | 51  |
| Tabla 2.5: Comparativa entre normas internacionales y norma nacional (porcentaje).....  | 52  |
| Tabla 2.6: Comparativa entre norma COVENIN 199, e INEN 1725, impacto con dardo .....    | 53  |
| Tabla 2.7: Comparativa entre norma venezolana y ecuatoriana, porcentajes.....           | 54  |
| Tabla 3.1: Nomenclatura de las muestras. ....   | 55  |
| Tabla 3.2: Tipo de ensayo que se realizara. ....  | 55  |
| Tabla 3.3: Tabla de temperaturas de muestras. ....                                      | 57  |
| Tabla 4.1: Resultados impacto con esfera de acero muestra X.....                        | 91  |
| Tabla 4.2: Resultados impacto con esfera de acero muestra Y.....                        | 92  |
| Tabla 4.3: Resultados impacto con esfera de acero muestra Z.....                        | 93  |
| Tabla 4.4: Resultados impacto con esfera de acero muestras X, Y, Z.....                 | 94  |
| Tabla 4.5: Resultado de ensayo impacto con maniquí.....                                 | 96  |
| Tabla 4.6: Resultados de impacto fabricante Y. ....                                     | 99  |
| Tabla 4.7: Resultados de impacto fabricante Z.....                                      | 101 |
| Tabla 4.8: Resultados impacto con dardo, muestra X .....                                | 104 |
| Tabla 4.9: Resultados impacto con dardo, muestra Y. ....                                | 105 |
| Tabla 4.10: Resultados de impacto con dardo, muestra Z. ....                            | 107 |
| Tabla 4.11: Ponderación final de ensayos.....   | 108 |
| Tabla 4.12: Porcentajes obtenidos, pruebas de impacto .....                             | 108 |

## **Estudio de los parámetros de seguridad en parabrisas locales e importados mediante norma INEN 1669**

En la actualidad el parabrisas desempeña un papel fundamental en nuestro vehículo tanto en la seguridad activa como pasiva, garantizando la seguridad de los ocupantes del vehículo. En el Ecuador actualmente se comercializan parabrisas de fabricación nacional como parabrisas importados. Por lo que se procedió a realizar una serie de ensayos destructivos para dar una valoración y validación de que dichos parabrisas cumplan tanto con la normativa Ecuatoriana NTE INEN 1669, como las normativas internacionales. En la normativa ecuatoriana INEN 1669 se encuentra las especificaciones técnicas para la aprobación vidrios de seguridad automotrices que garanticen la seguridad de los ocupantes del vehículo, esta normativa se apoya en normativas internacionales para que su validación cumpliendo con estándares internacionales de seguridad en el vehículo.

Se utilizaron probetas tanto de fabricación nacional, como importados, los cuales fueron sometidas a tres ensayos destructivos: ensayo de impacto con cabeza de maniquí, ensayo de impacto de esfera de acero y finalmente el ensayo de impacto con darlo, estos ensayos simulan el impacto de objetos contundentes en este vidrio de seguridad automotriz. Esta serie de ensayos destructivos tienen el fin de realizar una comparación y validación de que en el Ecuador se elaboran productos de calidad que cumplen tanto estándares nacionales como internacionales de seguridad. Dando como resultado general que los parabrisas de fabricación nacional y parabrisas importados cumplen con lo que establece la norma ecuatoriana.

## **Study of the security parameters in local and imported windshields by INEN 1669 standard**

Now a days the windshield plays a very important role in active and passive security for our vehicle, offering security for the people inside the vehicle. Actually in Ecuador sales windshields of national fabrication and imports. So it has been made several destructive tests to get assessment and to get a validation that those windshields meet the Ecuadorian standard of validation NTE INEN 1669, and international standards of validation. In the Ecuadorian standard INEN 1669 we found the technical specifications for approvals of security glazing for motor vehicles that guarantee the security of the people inside of the vehicle, this standard is supported by international standards with the objective of accomplish international safety standards for vehicles.

They were used several specimens of national fabrication windshields and import windshields, which ones were tested for three tests: manikin impact test, steel ball impact, and dart impact, this one's simulates hard impacts in the windshield. The objective of this tests is to compare and validate, that Ecuador produces quality products that satisfy national and international security standards. The results of these tests confirm that national and imported windshields satisfy the Ecuadorian standard.

## **Introducción**

Debido a que en la actualidad por la restricción de importaciones y las medidas de salvaguardias las empresas ecuatorianas quieren ganar participación de mercado dedicándose a la fabricación de elementos y piezas automotrices para cubrir la demanda que presenta el país, por lo cual se determinara las empresas encargadas de fabricar elementos automotrices que cumplan con los requerimientos mínimos para garantizar la seguridad de los ocupantes del vehículo.

De manera que mediante ensayos destructivos con instrumentos que validen estos ensayos determinados en la norma INEN 1669 acerca de los requisitos de seguridad para vidrios automotores, y demás normas nacionales como internacionales, lograr comparar y determinar las características de los parabrisas locales y regionales. Para determinar si los parabrisas cumplen con exigencias locales de fabricación, e internacionales que permitan su distribución en el país garantizando la seguridad de sus ocupantes.

De manera que realizaremos una serie de ensayos destructivos a diferentes muestras de parabrisas de fabricación local, regional; a través de instrumentos normados que validen esta serie de ensayos y verificar cuál de estas muestras presentan mejores características mecánicas rigiéndonos a la normativa ecuatoriana INEN 1669. Se seleccionara 3 tipos de muestras de parabrisas en las cuales deben existir al menos una muestra local, y una regional.

Se investigará cuáles son las normativas de seguridad que rigen para la fabricación y comercialización de parabrisas dentro del territorio ecuatoriano; para poder realizar ensayos destructivos para verificar cumplimientos de la norma INEN 1669, y así comparar los valores obtenidos en los ensayos realizado en las diferentes muestras de parabrisas.

## Capítulo 1

### Generalidades del parabrisas

El parabrisas es el principal elemento de seguridad activa como pasiva, ya que dicho elemento no solo nos da comodidad al aislar habitáculo del vehículo con el medio ambiente (lluvia, viento, polvo, etc.).

A su vez este nos protege ante impactos del exterior, con el fin de minimizar el riesgo de daño a los ocupantes previniendo lesiones que perjudiquen a los mismos; este tipo de cristales se los conoce como vidrios de seguridad, los cuales han evolucionado desde sus inicios siendo cristales templados, hasta la actualidad utilizando cristal laminado.

Es importante conocer cuál es su composición, cuáles son los cristales que cuenta el vehículo, las causas de daños o roturas y los tipos de daños que se pueden presentar a lo largo de su vida útil.

### 1.1 Antecedentes

Desde sus inicios los primeros automóviles eran muy simples, solo contaban con un sistema de propulsión o motor, sistema de dirección y ruedas para mover dicho vehículo. Nicolas-Joseph Cugnot fue la primera persona en construir el primer automóvil impulsado con vapor. Pero no fue hasta 1886 cuando se presentó el primer automóvil con un motor a combustión interna.

Al ser modelos muy básicos y rudimentarios carecían de ciertos elementos que en la actualidad son de gran importancia tanto para la seguridad de los ocupantes y el confort de los mismos. Como se puede observar en la figura 1.1.



**Figura 1.1:** Primer vehículo impulsado con un motor de combustión interna.

**Fuente:** [https://es.wikipedia.org/wiki/Benz\\_Patent-Motorwagen#/media/File:First\\_Car\\_Replica\\_IAA\\_2007\\_1\\_crop.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Benz_Patent-Motorwagen#/media/File:First_Car_Replica_IAA_2007_1_crop.jpg)

Los primeros vehículos en ser comercializados no incorporaban uno de los principales elementos de seguridad que es el parabrisas; este elemento se encarga de proteger a los ocupantes ante cualquier impacto frontal principalmente piedras que pueden ir directo hacia los mismos.

El parabrisas también se encarga de reducir el ruido emitido por el motor y darnos protección contra el ambiente principalmente la lluvia.

A partir del año 1900 donde comienza el auge de la producción en cadena los vehículos comienzan a ser fabricados con un parabrisas con el objetivo de evitar posibles impactos hacia los ocupantes. Sin embargo dada su elaboración y poca tecnología estos parabrisas se rompían ante un impacto fuerte.

A partir de 1927 Ford incorpora el parabrisas laminado su modelo A, la característica de este tipo de parabrisas era contar con una capa de celuloide entre las dos capas de cristal. Como se observa en la figura 1.2.



**Figura 1.2:** Primer vehículo en tener parabrisas laminado (Ford modelo A)

**Fuente:**

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1928\\_Model\\_A\\_Ford.jpg#/media/File:1928\\_Model\\_A\\_Ford.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1928_Model_A_Ford.jpg#/media/File:1928_Model_A_Ford.jpg)

Para 1928 BMW saca al mercado su modelo DIXI 3-15 siendo el primer vehículo en incorporar un parabrisas de seguridad; este contaba con una fabricación de cristal templado que impedía su fragmentación en caso de rotura.



**Figura 1.3:** BMW DIXI 3-15 primer vehículo en contar con un parabrisas templado

**Fuente:** [http://www.bmwdrives.com/bmw\\_cars/bmw-315-da2.php](http://www.bmwdrives.com/bmw_cars/bmw-315-da2.php)

A partir de los años 30 la forma de los parabrisas comienza a cambiar ya que los nuevos conceptos de vehículos comienzan a tener formas aerodinámicas, obligando a los parabrisas a adoptar formas curvas, para poder adaptarse a las nuevas carrocerías.



**Figura 1.4:** Peugeot 402 1935; su parabrisas es curvo por el tipo de carrocería.

**Fuente:**

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peugeot\\_402\\_grey\\_vl.jpg#/media/File:Peugeot\\_402\\_grey\\_vl.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peugeot_402_grey_vl.jpg#/media/File:Peugeot_402_grey_vl.jpg)

Para finales de 1940 se introduce de manera general la utilización de cristal templado, para todo tipo de fabricación de parabrisas automotrices.

Para 1983 entra en vigencia el Reglamento 43 de la ECE, haciendo referencia a todos los vidrios de seguridad utilizados en el campo automotriz; exceptuando cristales de protección y cristales luminosos. El principal objetivo de dicho reglamento es unificar criterios de validación y definir pruebas a realizar y sus resultados mínimos.

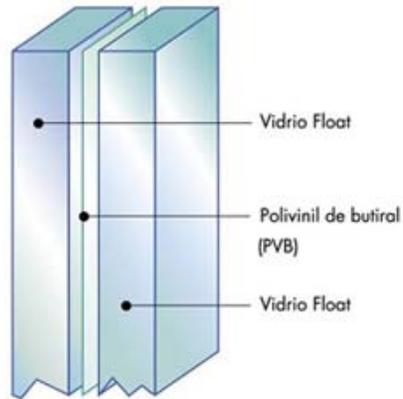
En la actualidad es solo obligatorio utilizar vidrio laminado en el parabrisas con el fin de proteger a los ocupantes del habitáculo; la utilización de este tipo de cristal para vidrios laterales y posteriores se ve en vehículos de gama alta, sin embargo muchos vehículos de gama media traen cristal laminado en todas las lunas del vehículo.

## **1.2 Composición de los cristales.**

Actualmente como indica el reglamento 43 de Comunidad Económica Europea los cristales son de fabricación laminada. Las características de fabricación de los cristales actuales son:

- Dos láminas de cristal de 2,1 mm de grosor aproximadamente.

- Una lámina intermedia de polivinilbutiral (PVB) de 0,76 mm de espesor aproximadamente. Su función es unir las dos capas de cristales.



**Figura 1.5** Composición de los cristales.

**Fuente:** [trenthermet.com.ar/laminados.asp](http://trenthermet.com.ar/laminados.asp)

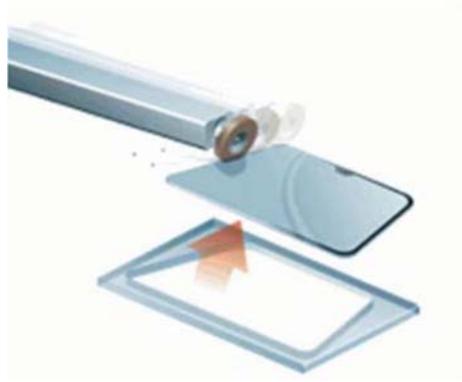
La lámina intermedia de polivinilbutiral es la que impide la fragmentación en caso de rotura causada por un impacto o por el avance de una grieta.

Existen 3 etapas en la fabricación de cristales laminados:

- Corte y serigrafía
- Moldeo
- Ensamblado

### 1.2.1 Corte y serigrafía.

Según Carglass 2009 se recortan los paneles de cristal en bruto, con el tinte y las cualidades ópticas requeridos para el producto final, según las dimensiones requeridas. Posteriormente se fresan los bordes para tener un mejor acabado y eliminar puntos débiles, como se muestra en la figura 6. Por último se lava y se deja secar para poder iniciar el proceso de serigrafía, aplicando un esmalte negro.

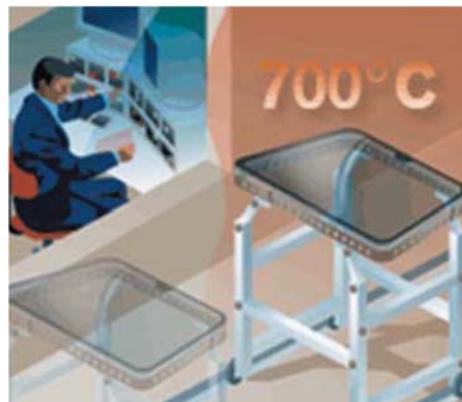


**Figura 1.6:** Corte y serigrafía.

**Fuente:** Carglass 2009

### 1.2.2 Moldeo

En esta fase las láminas de cristal que conformaran el parabrisas son colocadas en un soporte para fijar su posición e introducirlo en un horno, las láminas son sometidas a un proceso de moldeo por gravedad a una temperatura de 700°C, el parabrisas se adapta a la forma del molde y se obtiene su forma curvada; como se muestra en la figura 7.



**Figura 1.7:** Proceso de moldeo del parabrisas.

**Fuente:** Carglass 2009

### 1.2.3 Ensamblado

Carglass 2009 indica que una vez frías ambas capas de cristal se procederá al ensamblado donde se instalara la lámina de polivinilbutiral entre ambos cristales, esto debe realizarse en un ambiente controlado libre de impurezas que afecten su proceso. Las piezas son sometidas a

calor y presión para que el polivinilbutiral se polinice, facilitando la adhesión a las piezas de cristal; como se observa en a figura 8.



**Figura 1.8:** Proceso de ensamblado de parabrisas.

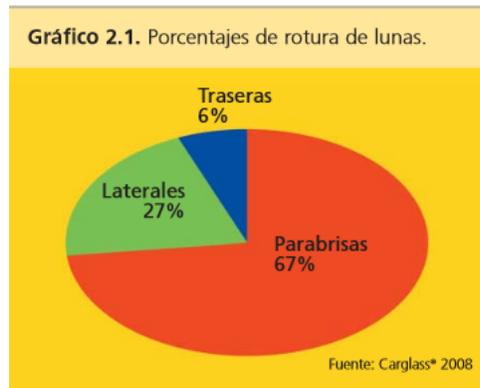
**Fuente:** Carglass 2009

Los demás cristales del vehículo suelen ser de cristal templado su fabricación es calentando un cristal normal entre 650-750°C y posteriormente enfriándolo con chorros de aire. De esta manera la superficie interior del cristal es más resistente, siendo más sólido que un cristal convencional de iguales medidas; su resistencia mecánica es de 4 a 5 veces más resistente que el cristal convencional. Al producirse un impacto este cristal se rompe en pequeños pedazos, siendo estos casi inofensivos y evitando cortes a los ocupantes.

Las características del cristal laminado son superiores siendo más rígido y teniendo una resistencia mecánica 10 veces superior al del cristal templado.

### **1.3 Causas de impacto en los parabrisas**

La principal luna o cristal con mayor porcentaje de rotura es el parabrisas, seguido por los cristales laterales y finalmente el cristal posterior, así como lo indica la figura 9, según un estudio realizado por Carglass en el 2008.



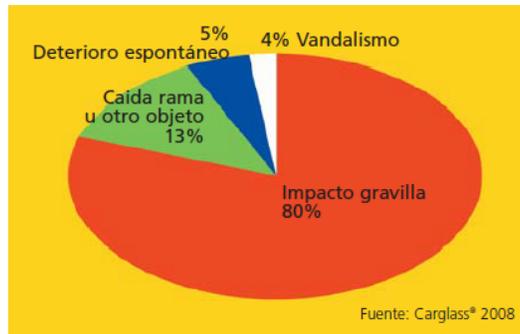
**Figura 1.9:** Porcentaje de roturas de cristales.

**Fuente:** Carglass 2008

Carglass 2009 determina que la principal causa de roturas son impactos recibidos durante el movimiento del vehículo, desperfectos ocasionados por el clima, actos vandálicos.

Según una encuesta realizada por Carglass en el 2004 en Francia, se determinó 4 principales causas de rotura de parabrisas, como se muestra en la figura 10.

- Impacto con gravilla, alcanza el 80% siendo solo el 50% de los casos reparable, según ciertos criterios de reparación, en algunos casos este tipo de impacto es capaz de reducir hasta en un 70% la resistencia del parabrisas.
- Caída de ramas o algún otro objeto, alcanzando un 13%.
- Deterioro espontaneo, puede darse a partir de un pequeño impacto inicial; o por un shock de temperatura (elevada diferencia de temperatura entre el interior y el exterior), una torsión de la carrocería ocasionada por un choque, o por una falla de fábrica. En estos casos solo alcanza el 5%.
- Vandalismo, siendo el 2%, principalmente siendo robo de artículos en el interior del vehículo.



**Figura 1.10:** Principales causas de rotura de lunas.

**Fuente:** Carglass 2004

#### 1.4 Tipos de roturas en el parabrisas

Las principales roturas o averías en el parabrisas son:

- Desgaste superficial: en la figura 1.11 se muestra el desgaste en el parabrisas, sin embargo no presenta ningún tipo de impacto que perjudique o empeorar su estado.



**Figura 1.11:** Desgaste superficial del parabrisas.

**Fuente:** Carglass 2009

- Ojo de buey: en la figura 1.12 Carglass 2009 nos muestra cómo la avería se extiende en forma de cono a través del espesor del cristal. Por lo general no presenta un agrietamiento, y su diámetro alcanza los 2,5 cm.



**Figura 1.12:** Ojo de buey

**Fuente:** Carglass 2009

- Ojo de buey con microfisura: es el más común entre los golpes, también se lo conoce como microfisura estrella, en algunos casos este tipo de fisura llega a crecer y extenderse por un área considerable del parabrisas.



**Figura 1.13:** Ojo de buey con microfisura

**Fuente:** Carglass 2009

- Rotura con grietas: como se muestra en la figura 1.14, una grita presenta una cámara abierta de aire, permitiendo su circulación al interior, posibilitando el ingreso de suciedad. Este tipo de avería puede repararse siempre y cuando se evita exponerla al agua o suciedad.



**Figura 1.14:** Rotura con grieta en el parabrisas.

**Fuente:** Carglass 2009

En la tabla número 1 observamos los tipos de impactos y sus características, de esta manera conocemos cual es el estado de la avería, si se existe reparación o es necesario el cambio completo de la pieza.

**Tabla 1.1:** Tipos de impactos y características.

|  | Desgaste superficial | Ojo de buey      | Ojo de buey con micro-fisuras        | Con grietas                               |
|--|----------------------|------------------|--------------------------------------|---|
| Intensidad de la fuerza que lo causó     | Escasa               | Fuerte           | Fuerte                               | Muy fuerte                                |
| Punto crítico de resistencia del cristal | No alcanzado         | Sobrepasado      | Sobrepasado con creces               | Sobrepasado con creces                    |
| Descripción del impacto                  | Superficial          | Sin microfisuras | Con microfisuras                     | Con microfisuras                          |
| Daños causados                           | Insignificantes      | Sin microfisuras | Con microfisuras                     | Irreparables                              |
| Problema                                 | NO HAY               | Visibilidad      | Visibilidad y riesgo de agravamiento | Visibilidad y alto riesgo de agravamiento |
| Acción                                   | NO HAY               | Reparación       | Casi siempre reparable               | Sustitución (en la mayoría de los casos)  |

**Fuente:** Carglass 2009

## 1.5 Tipos de lunas

Como ya conoce la principal función de las lunas del vehículo son:

- Dar protección a los ocupantes, evitando el ingreso de cualquier objeto hacia el interior del vehículo.
- Proporcionar un aislamiento acústico y térmico, logrando generar el mayor confort posible.

Según Carglass 2009 indica que otra función del cristal laminado es contribuir a la rigidez del automóvil, tanto absorbiendo esfuerzos cortantes y torsionales, como en la distribución de fuerzas por todo el parabrisas.

Como se observa en la figura 1.15 existen diferentes tipos de cristales, en los cuales varían, dependiendo el tipo de vehículo, marca, modelo y accesorios como sería un techo corredizo o un techo panorámico; de acuerdo a la imagen los cristales del vehículo son: parabrisas, luneta lateral delantera y posterior, luneta posterior.



**Figura 1.15:** Tipos de cristales del automóvil.

**Fuente:** windowglassnitiv.blogspot.com

### 1.5.1 Parabrisas:

Como se mencionó anteriormente debido a la Resolución 43 todos los parabrisas son de cristal laminado. Esta pieza del vehículo es la que ha venido trayendo un notorio avance tecnológico, ya que en algunos modelos de gama media y alta se han puesto una serie de

sensores como sensores de luz y lluvia que ayudan al manejo y proporcionan un mayor grado de seguridad.

Ambos sensores poseen un accionamiento automático, que puede ser seleccionado en la palanca direccional para luces automáticas o en la palanca del limpiaparabrisas, para accionar o desconectar dicho sistema, como se puede apreciar dicho sistema en las figuras 1.16, 1.17 y 1.18.

Selector de movimiento de plumas en modo automático, en dicha posición las plumas funcionarán de acuerdo a lo captado por el sensor ubicado en el parabrisas.



**Figura 1.16:** Posición de accionamiento automático de limpiaparabrisas Lexus RX 450h.

**Fuente:** L Naranjo, M Carranco

Selector de intensidad de luces, en dicha posición las luces se encenderán o apagaran de acuerdo a la intensidad de luz que reciba el sensor de manera automática.

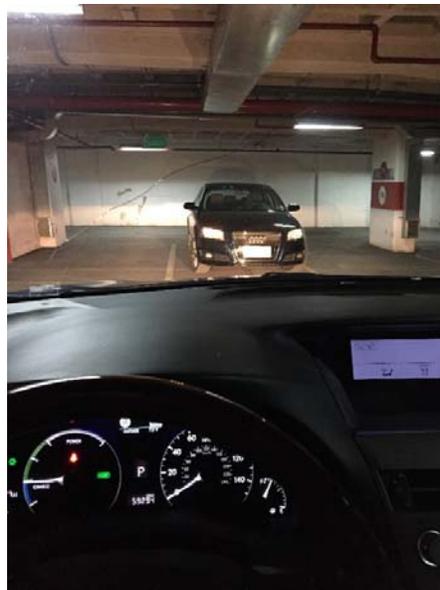
En la figura 1.17 se observa el seleccionador de intensidad de luz en modo automático, de esta manera las luces funcionarán como se estableció anteriormente.



**Figura 1.17:** Posición de accionamiento de luces automáticas Lexus RX 450h.

**Fuente:** L Naranjo, M Carranco

En la siguiente figura se observa el funcionamiento de encendido de luces de manera automática en un parqueadero subterráneo.

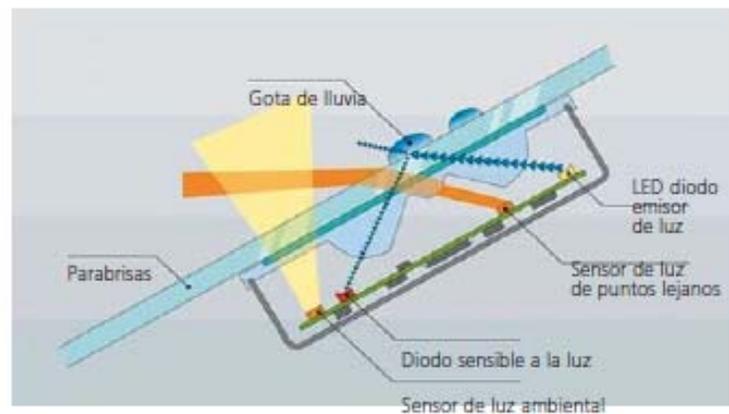


**Figura 1.18:** Funcionamiento luces automáticas, estacionamiento subterráneo Lexus RX 450h

**Fuente:** L Naranjo, M Carranco

Como se aprecia en la figura 1.19 Carglass 2009 nos indica el funcionamiento del sensor de lluvia que permita accionar o desconectar automáticamente el limpiaparabrisas, “se trata de un sensor capaz de leer la cantidad de lluvia depositada en el parabrisas, para ajustar en consecuencia la cadencia del barrido de las escobillas del limpiaparabrisas.” (Carglass, 2009)

De esta manera se tiene un funcionamiento completamente automático del sistema según las condiciones climáticas del lugar, facilitando la visibilidad y contribuyendo a la seguridad activa del vehículo. Dicho sistema consta de un sensor colocado en la parte interior del parabrisas, con un emisor y receptor infrarrojo. “Un parabrisas limpio refleja todo el rayo emitido, mientras que el agua depositada sobre él se refracta y no vuelve al captador.” (Carglass, 2009)



**Figura 1.19:** Sensor de lluvia ubicado en la parte interior del parabrisas.

**Fuente:** Carglass 2009.

En la figura 1.20 observamos el funcionamiento, del accionamiento del limpia parabrisas y el ajuste de velocidad en modo automático de limpia parabrisas en condiciones de lluvia en la ciudad de Quito.



**Figura 1.20:** Funcionamiento del limpiaparabrisas automático en condiciones de lluvia.

**Fuente:** L Naranjo, M Carranco

Hoy en día algunos modelos de gama alta poseen en el parabrisas un sistema denominado Head Up Display. En donde se refleja en la parte inferior algunos datos básicos como velocidad del automóvil, hasta datos relevantes como sistema de navegación, de esta manera el conductor no se distrae observando al tablero de instrumentos, y consola central donde por lo general se ubica la pantalla del sistema de navegación. Este sistema es considerado parte de la seguridad activa de vehículo. Como se aprecia en la figura 1.21.



**Figura 1.21:** Visualización de la Head up display.

**Fuente:** [www.bmw.es](http://www.bmw.es)

### 1.5.2 Cristales Laterales.

Por lo general los cristales laterales son construidos con cristal templado como se mencionó anteriormente; sin embargo ahora tanto en modelos de gama media, como gama alta cuentan

con cristales laterales laminados. Este tipo de cristales no presentan un margen alto de roturas, sin embargo las roturas de este tipo se deben principalmente a robos o vandalismo.

Por lo general las roturas de cristales laterales siempre terminan en cambio completo de la pieza, porque a la hora de reemplazarlo se debe tener cuidado con los dispositivos eléctricos encontrados en el interior de la puerta, principalmente de los levanta vidrios.

### **1.5.3 Cristales Posteriores o luneta trasera.**

Este tipo de luneta presenta un circuito térmico impreso, por su proceso de fabricación se depositan en su interior esmaltes vitrificables, y pasta de plata que actúan como desempañador; posteriormente se le realizara un proceso de templado.

Su resistencia es menor al cristal templado ya que frágil debido a la superficie esmaltada. Al someterlo a esfuerzos y deformaciones, este tiende a agrietarse.

### **1.5.4 Techo solar.**

También conocido como techo corredizo, se los instala en vehículos donde se requieren mayor entrada de luz, sin embargo la implementación de este accesorio depende netamente del propietario del vehículo, o como accesorio en vehículos de gama media y alta.

Su tamaño puede varias permitiendo mayor iluminación en la parte delantera (techo corredizo) o total iluminando todo el habitáculo (techo panorámico).

El sistema de accionamiento se encuentra en su interior y por lo general poseen dos posiciones una completamente abierta y la otra la parte posterior levantada. Ver figura 1.22.



**Figura 1.22:** Techo corredizo Lexus RX 450h.

**Fuente:** L Naranjo, M Carranco

Para el techo panorámico solo se puede abrir hasta la mitad del mismo y en algunos casos no se abre, es decir solo podemos abrir la cortina superior del techo, como se muestra en la figura 1.23.



**Figura 1.23:** Techo panorámico Nissan Qashqai

**Fuente:** L Naranjo, M Carranco

### **1.6 Clima variable que afecta a los parabrisas.**

El clima y la variación del mismo afectan las propiedades del parabrisas según Carglass 2009, temperatura y humedad provoca un comportamiento diferente en el parabrisas,

aumentando el riesgo de que se produzca un daño o agravando un daño ya existente como se observa todo en la figura 1.24.

Dicha figura nos muestra una rajadura de más de 30 cm de largo que inicialmente comenzó con una estrella, sin embargo el factor climático de la ciudad de Quito provocó que dicho daño se agrave con el tiempo ya que en cuestión de solo 4 horas una de las puntas de la estrella existente ascendió por la parte izquierda del parabrisas, siendo la temperatura un factor fundamental para que en este caso un daño se agrave y sea necesario el reemplazo de parabrisas.

Daño agravado en un parabrisas consecuencia del cambio brusco de temperatura y diferencia de temperatura entre el interior del vehículo y el exterior del mismo.



**Figura 1.24:** Daño en el parabrisas, agravado por la temperatura de Quito.

**Fuente:** L Naranjo, M Carranco

Lo que comenzó como un ojo de buey microfisurado, la condición climática de la ciudad y excesiva temperatura a la que se fue expuesto el parabrisas provocó que se fisure de manera acelerada y excesiva, siendo en este caso no sujeto a reparación dada la gran prolongación de la fisura.

Como se mencionó anteriormente los cristales del vehículo proporcionan un aislamiento con respecto a la condiciones del exterior, es por esto que tanto la cara interna como externa del parabrisas son sustancialmente diferentes. También se toma en cuenta que algunas salidas del sistema de aire acondicionado o calefacción, se encuentran cerca a los cristales produciendo un contraste o diferencia de temperatura que afecta a dichos elementos.

Otro factor importante es la velocidad de calentamiento o enfriamiento influyendo directamente en su resistencia en situaciones externas, si se producen cambios bruscos de temperatura en un tiempo reducido provocamos una tensión térmica ocasionando en algunos casos la apertura de una microgrieta agravando la condición del cristal como se mostró en la figura 1.24.

Dada nuestra situación geográfica la cual no posee 4 estaciones como en otros países, sin embargo la ciudad de Quito y los valles podemos tener 2 temperaturas calor o frio.

### **1.6.1 Calor:**

Según Carglass 2009 en verano la carrocería tiende a dilatarse, por lo que el adhesivo utilizado para unir el parabrisas soporta dicho efecto sin producir un pequeño abombamiento en el parabrisas; una temperatura de 30°C sumada a un sol intenso hará que la temperatura del parabrisas suba hasta 70°C. Lo que provoca la pérdida de su capacidad de absorción de golpes. Siendo verano la época donde la tasa de roturas incrementa o agrava roturas o daños ya presentados en los cristales del vehículo.

“Si se ponen en marcha los sistemas de refrigeración del vehículo, se produce un contraste brusco, lo que provoca que la capa interna del parabrisas, la que recibe directamente el flujo de aire frío, pueda experimentar una ligera contracción, originando una presión hacia el interior.”  
(Carglass, 2009)

Debido a esta presión, se provoca la apertura microfisuras existentes en el parabrisas, ya que los puntos débiles del parabrisas son sometidos a una tensión elevada provocando su rotura.

Según un estudio realizado por Belron technical, al alcanzar una temperatura de 40°C en el exterior del parabrisas, ambas láminas de vidrio empiezan a desacoplarse.

### **1.6.2 Frio:**

Según Carglass 2009 el frio extremo del invierno puede provocar una sollicitación de los cristales del vehículo. Debido a las condiciones térmicas y diferencia de temperaturas exterior e interior.

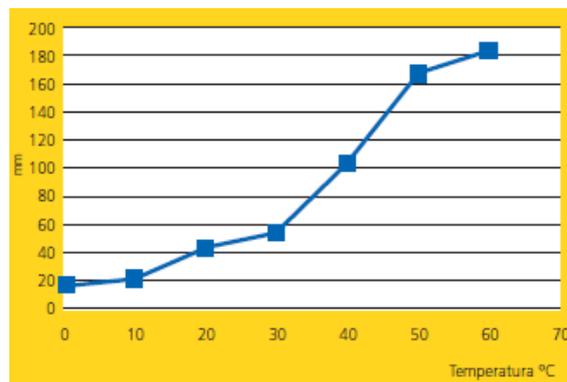
Debido a la diferencia de temperatura existente, provocaría una disminución de las cotas del marco parabrisas de la carrocería, dado este fenómeno y los diferentes coeficientes de dilatación de la carrocería, siendo el caso de que si el adhesivo no absorbe dicha variación en las cotas del marco, el cristal disminuirá su curvatura, produciéndose un mayor momento flector en la capa exterior del parabrisas. Este efecto se agrava cuando se enciende la calefacción del vehículo, produciendo una dilatación de la lámina interior del parabrisas, produciendo abertura de grietas existentes o provocar un fallo en el cristal.

El estudio realizado por Belron technical, que al utilizar la calefacción a máxima potencia, más el frio intenso provocan un fallo fatal para el parabrisas ocasionando grietas de tamaño considerable.

Al combinar el frio intenso más una calzada en mal estado provocan una rotura del parabrisas, ya que la baja temperatura afectan la flexibilidad del cristal y la calzada en mal estado produce vibraciones que se transmiten por toda la carrocería hasta los cristales. A medida que baja la temperatura el PVB del cristal se vuelve rígido, volviendo más frágil a todo el conjunto.

Algunas prácticas como arrojar agua caliente al parabrisas cuando este se encuentra helado, perjudica su integridad, lo que provoca una diferencia de temperatura elevada, e introduce una tensión térmica, dicha tensión se suma a las tensiones ya establecidas por la baja temperatura a la que se encuentra; en caso de formarse hielo en el interior de una grieta, la dilatación que experimenta el interior puede provocar la apertura de la misma, por lo que se recomienda en caso de tener grietas taparlas y aislarlas.

En algunos casos el tamaño de la grieta aumenta debido a la baja temperatura, llegando a ser 10 veces mayor cuando la temperatura pasa de 0°C a 60°C. Como se muestra en la figura 1.25.



**Figura 1.25:** Evolución del tamaño de la grieta en función de la temperatura.

**Fuente:** Carglass 2009.

### 1.7 Proceso de fabricación nacional de parabrisas.

Nacionalmente existen varias empresas que se dedican a la fabricación de parabrisas ya sea de manera industrializada o de manera artesanal. La manera industrializada reciben las láminas de cristal que son importadas principalmente de Brasil o Chile, las láminas de cristal son puestas en una máquina o impresora CNC que por medio de un programa se delimita las dimensiones que tendrá el parabrisas y se cortan 2 láminas que vendrán a conformar un parabrisas.

Ambas láminas son lijadas con el fin de evitar filos o salientes cortantes en sus bordes que perjudiquen a los operarios. Las láminas son separadas, la lámina interior es llevada a un cuarto donde por medio de un proceso de serigrafía se pintara del contorno del parabrisas. Una vez pintado el contorno ambas láminas se volverán a unir para así de esta manera dar forma al parabrisas utilizando moldes ya establecidos de acuerdo al tipo de requerimiento que desee el consumidor. Existen 3 maneras de dar forma al parabrisas: presión o estampado, por rodillos, o por gravedad. En este caso se realiza por gravedad. Ambas láminas son colocadas en su respectivo soporte y son ingresadas a un horno donde por medio de calor obtendrán la forma del soporte donde son colocadas. En este proceso entre las láminas se coloca arena, con el fin de que las láminas no se peguen por el calor.

### **1.7.1 Área de ensamblado**

Con la forma definida los parabrisas son llevados a un área de completa limpieza donde las láminas son limpiadas y donde se pondrá la lámina de PVB que de igual manera es importada.

Dicha lámina debe pasar por un proceso de acondicionamiento de humedad.

Una vez colocada la lámina entre las láminas de cristal se coloca una banda en sus bordes que se colocara a una bomba de vacío donde se extrae el aire existente entre las láminas.

Finalmente los parabrisas son llevados a un horno de secado donde se unirá correctamente la lámina de PVB con las láminas de cristal este proceso se lo conoce como laminado.

Por último se realizara una inspección visual donde se observara defectos en el proceso de producción donde se separan los parabrisas aprobados y los que no aprobaron para luego ser almacenados.

## Capítulo 2

### Normativas aplicadas a ensayos de parabrisas

Al ser uno de los principales implementos de seguridad activa y pasiva del vehículo, este cumplirá con algunos requisitos para garantizar la seguridad de los ocupantes. De acuerdo a la región cada país tiene sus propias normas, dichas normas tiene referencia a normas de otros países.

En país existe el reglamento RTE 084 y la norma INEN 1669 respecto a parabrisas de seguridad para automotores. Debido a que la investigación es determinar el cumplimiento de la norma ecuatoriana, utilizando 3 tipos de parabrisas, seleccionamos 3 pruebas destructivas para determinar el si las probetas obtenidas cumplen con los requisitos de seguridad del país.

#### 2.1 Reglamento RTE 084, Vidrios se seguridad para automotores.

El reglamento RTE 084, establece los requisitos de seguridad mínimos que cumplen los vidrios de seguridad empleados en vehículos de transporte de personas, carga y mercancías. Con el objetivo de proteger la seguridad y vida de los ocupantes.

La obligatoriedad del reglamento RTE 084, será cumplida, tanto para vidrios de seguridad, que se fabriquen, importen y comercialicen dentro del territorio ecuatoriano. Dicho reglamento aplica a los vidrios de seguridad comprendidos en la siguiente clasificación.

**Tabla 2.1:** Clasificación de vidrios de seguridad.

| <b>CLASIFICACIÓN</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>  |
|----------------------|---|
| <b>70.07</b>         | <b>Vidrio de seguridad constituido por vidrio templado o contrachapado.</b>   |
|                      | - Vidrio templado:  |
| 70.07.11.00.00       | - - De dimensiones y formatos que permitan su empleo en automóviles, aeronaves, barcos u otros vehículos.           |
| 70.07.19.00.00       | -- Los demás  |
|                      | - Vidrio contrachapado:   |
| 70.07.21.00.00       | - - De dimensiones y formatos que permitan su empleo en automóviles, aeronaves, barcos u otros vehículos.           |
| 70.07.29.00.00       | -- Los demás  |
| 87.08.29.50.00       | Vidrios enmarcados; vidrios, incluso enmarcados, con resistencias calentadoras o dispositivos de conexión eléctrica |

**Fuente:** RTE 084.

### **2.1.1 Condiciones Generales.**

Según el reglamento técnico ecuatoriano (RTE) 084, los vidrios de seguridad deberán cumplir las disposiciones establecidas en la norma NTE INEN 1669.

- Soportar esfuerzos y tensiones durante la conducción que puedan ocurrir en condiciones normales de circulación.
- En caso de rotura el conductor podrá seguir conduciendo con la visibilidad clara con el fin de poder frenar y detener el vehículo.

### **2.1.2 Clasificación.**

Según RTE 084 existen dos tipos de clasificaciones de vidrios de seguridad para vehículos, según su ubicación y según su proceso de fabricación.

Ubicación:

- Parabrisas.
- Luneta.
- Lateral.
- Techo.

Proceso de fabricación:

- Laminado.
- Templado.

### **2.1.3 Requisitos del rotulado.**

“Cada vidrio de seguridad deberá tener grabado o marcado de manera indeleble y permanente la información requerida por dicho reglamento técnico.” (084, 2014)

Según RTE 084, la información debe ser legible a simple vista, y estar colocada en un sitio de fácil visibilidad, sin perjuicio del idioma, conteniendo la siguiente información.

- Razón social del fabricante, o marca comercial.
- País de origen.
- Denominación del vidrio.
- Espesor del vidrio en unidades del sistema internacional.
- Norma técnica de referencia al producto (INEN).

#### **2.1.4 Ensayos para evaluar la conformidad.**

Se verificarán los requisitos y el cumplimiento de los mismos realizando los métodos de ensayo establecidos en la norma NTE INEN 1669, y sus normas de acuerdo al tipo de ensayo que se desea realizar.

#### **2.2 Norma NTE INEN 1669, Vidrios de seguridad para automotores.**

El objetivo de la norma INEN 1669 establece los requisitos que deben cumplir los vidrios para automóviles terrestres, tanto parabrisas, lunetas, vidrios laterales, tanto fijos como móviles. De fabricación nacional e importados.

La norma establece ciertas definiciones como fundamentales, entre las más importantes se encuentra:

- Vidrio de seguridad: es aquel vidrio que ha sido combinado con otros materiales, de esta manera si se rompe la probabilidad de causar daños o heridas sea mínima.
- Vidrio templado: tipo de vidrio que consta con una sola lámina de vidrio tratada térmicamente, de manera que al romperse este se desintegra en pequeños pedazos.
- Vidrio laminado: consiste en 2 o más capas de vidrio unidas por una capa plástica, de manera que al romperse los pedazos quedan unidos en la capa plástica.

La norma INEN 1669 clasifica los vidrios según su fabricación; laminado o templado. Y según el tipo de vidrio y su ubicación en el vehículo como ya se mencionó en el capítulo anterior.

### 2.2.1 Disposiciones Generales.

La Norma INEN 1669 establece que los vidrios serán transparentes y no causar ningún tipo de distorsión de los objetos observados a través de los mismos, de igual manera no causar confusiones entre colores de señalizaciones vehiculares.

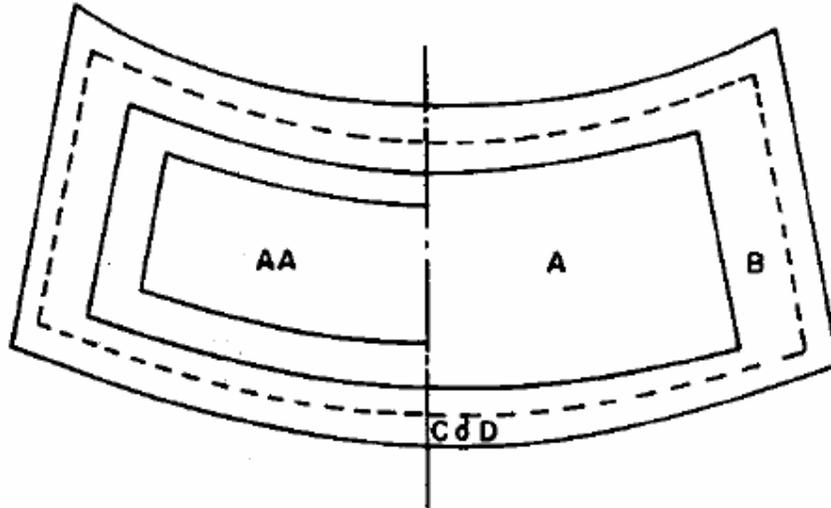
Los vidrios de seguridad serán fabricados de tal manera que en el caso de romperse o fragmentarse, deben ocasionar el menor daño a los ocupantes del vehículo. El material plástico para el vidrio laminado debe ser Polivinil Butiral (PVB).

De manera que para parabrisas exclusivamente se utilizara vidrios laminados y no vidrios templados, ya que pondría en peligro la seguridad de los ocupantes del vehículo.

También la norma establece una zonificación de acuerdo al tipo de vidrio encontrado en el vehículo.

- Zona AA: área de visibilidad del conductor. (ver figura 2.1)
- Zona A: área de visibilidad del pasajero. (ver figura 2.1)
- Zona B: área central de la luneta, vidrio lateral, y vidrio del techo; en el parabrisas esta zona se ubica entre la zona A y AA, y la zona C o D. (ver figura 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5)
- Zona C: área pintada no recubierta por la moldura cuando el vidrio está instalado. (ver figura 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5)
- Zona D: área no visible al ser instalado el vidrio. (ver figura 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5)

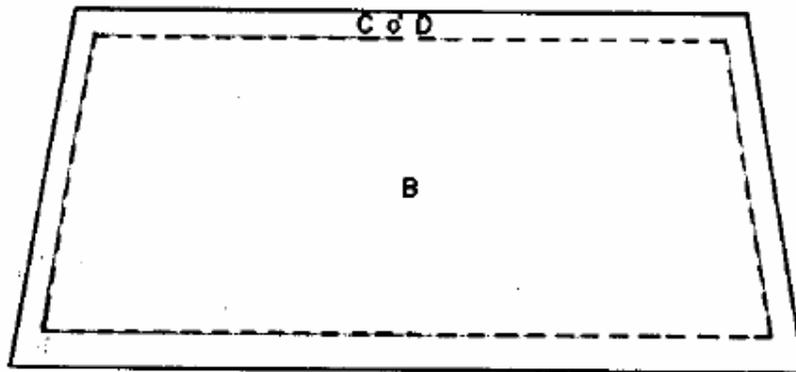
En la figura 2.1 indica un esquema completo del parabrisas principalmente las zonas de visibilidad del conductor (AA), y pasajero (A).



**Figura 2.1:** Esquema Parabrisas.

**Fuente:** NTE INEN 1669

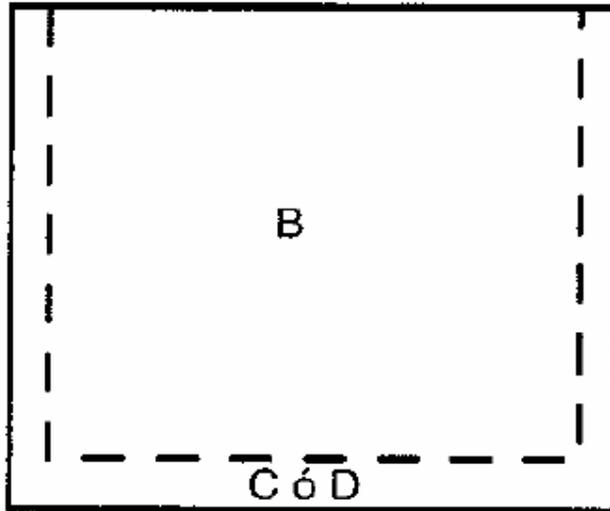
La figura 2.2 indica la zona centra (B) y la zona pintada o serigrafiada (C), en algunos caso las zonas C y D no es visible al ser instalado el parabrisas. La figura corresponde a la luneta posterior



**Figura 2.2:** Esquema Luneta

**Fuente:** NTE INEN 1669

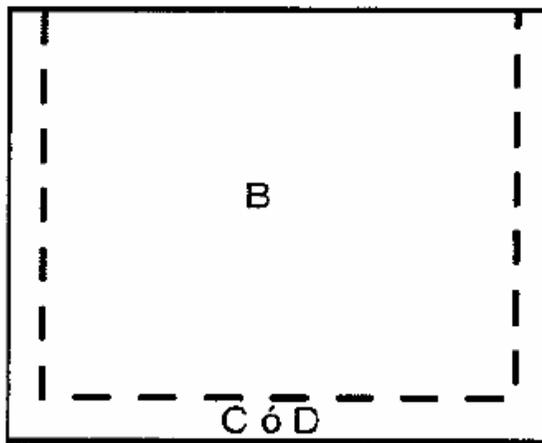
En la figura 2.3 muestra el vidrio lateral delantero, la letra B nos indica la zona central mientras que la zona C corresponde al serigrafiado o pintura.



**Figura 2.3:** Esquema Vidrio lateral delantero.

**Fuente:** NTE INEN 1669

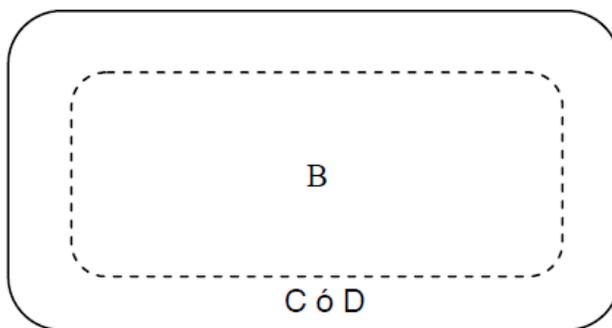
La figura 2.4 muestra el vidrio lateral posterior, la zona B es parte central del vidrio y la zona C la zona pintada.



**Figura 2.4:** Esquema Vidrio lateral posterior.

**Fuente:** NTE INEN 1669

La figura 2.5 corresponde al techo corredizo donde nos indica que la zona B es la central y la zona C es la pintada o serigrafiada.



**Figura 2.5:** Esquema Vidrio de techo.

**Fuente:** NTE INEN 1669.

### 2.2.2. Requisitos

Los vidrios de seguridad cumplirán con los siguientes requisitos presentados en la tabla 2.2. También nos indica el método de ensayo y su norma; y el tipo de prueba de acuerdo al tipo de vidrio si es laminado o templado.

**Tabla 2.2:** Requisitos para vidrios de seguridad.

| REQUISITOS  | LAMINADO | TEMPLADO | METODO DE ENSAYO |
|---|----------|----------|------------------|
| Fragmentación   |          | X        | NTE INEN 1722*   |
| Impacto con esfera de acero   | X        | X        | NTE INEN 1723*   |
| Impacto de la cabeza ensayo de maniquí (1)  | X        |          | NTE INEN 1724*   |
| Impacto con dardo   | X        |          | NTE INEN 1725*   |
| Resistencia a alta temperatura  | X        |          | NTE INEN 1726*   |
| Transmisión luminosa (2) (3)  | X        | X        | NTE INEN 1727**  |
| Estabilidad luminosa (3)  | X        | X        | NTE INEN 1728**  |
| Resistencia a la abrasión (3)   | X        | X        | NTE INEN 1730*   |
| Resistencia a la humedad  | X        |          | NTE INEN 1731**  |
| Distorsión óptica (4)   | X        | X        | NTE INEN 1729**  |
| Defectos visuales   | X        | X        | Numeral 5.12.1** |
| Dimensionales   | X        | X        | Numeral 5.12.2** |
| (1) Opcional se aplica a parabrisas, y puede efectuarse si el cliente lo solicita.<br>(2) No aplica para vidrios de techo<br>(3) Solo aplica para materia prima<br>(4) Solo para lunetas<br>* Ensayo destructivo ED<br>** Ensayo no destructivo END |          |          |                  |

**Fuente:** NTE INEN 1669.

De acuerdo al estudio se utilizaran en 3 tipos de pruebas destructivas para determinar si las probetas seleccionadas cumplen con los requisitos de seguridad establecidos por cada ensayo.

- Impacto con esfera de acero.
- Impacto con cabeza ensayo de maniquí.
- Impacto con dardo.

### **2.2.3 Impacto con esfera de acero**

Los vidrios templados y laminados deben cumplir lo siguiente según la norma NTE INEN 1723.

Vidrio templado:

- Se considera que el ensayo de impacto de esfera de acero dio resultado si el vidrio no se rompe.
- Se considera de un grupo de 4 probetas sometidas al ensayo, es satisfactorio si: no más de una probeta de resultado negativo y si “dos ensayos ha dado resultado negativo, pero una serie posterior de ensayos llevados a cabo sobre un nuevo grupo de 4 probetas no da ningún resultado negativo” (1669, 2011)

Vidrio laminado:

- Se considera un resultado positivo si la esfera de acero no pasa a través del vidrio dentro de los 5 segundos después del impacto.
- Se considera de un grupo de 4 probetas sometidas al ensayo, es satisfactorio si: todos los ensayos son positivos, y un ensayo ha dado negativo, pero una serie posterior de ensayos llevados a cabo a 4 probetas no da resultados negativos.

### **2.2.4. Impacto simulado de la cabeza (cabeza de maniquí)**

Los vidrios laminados de acuerdo a la norma NTE INEN 1724 deben cumplir con lo siguiente:

Se considera que el ensayo es positivo si:

- Si la muestra se fractura mostrando varias rajaduras circulares centras en el punto de impacto, las rajaduras más cercanas deberán estar a 80 mm del punto de impacto.

- “Si las capas de vidrio se adhieren todavía a la intercapa, se permite unos pocos sitios en los cuales el vidrio se ha despegado dentro de un círculo de 60 mm de diámetro alrededor del punto de impacto, siempre que los fragmentos se adhieran a la intercapa.”  
(1669, 2011)

En el lado de impacto se aplican las siguientes condiciones:

- No debe estar expuesta a  $200 \text{ mm}^2$  de la intercapa
- La masa total de astillas no debe superar los 20 gramos.

Se puede permitir una rajadura de 30 mm de longitud permisible máxima en la intercapa.

Se considera una prueba satisfactoria si de un grupo de 4 probetas cumplen con lo siguiente:

- Todas las pruebas den positivas.
- Una prueba da negativa, pero una serie posterior de probetas da positivas.

### **2.2.5 Impacto con dardo.**

Los vidrios laminados de acuerdo a la norma NTE INEN 1725 deben cumplir lo siguiente:

- El cuerpo del dardo no debe traspasar por completo la probeta.
- La probeta no debe romperse en piezas grandes separadas.
- La lamina intercalada no debe quedar expuesta como resultado de pequeños fragmentos de vidrio que se separan de la probeta, excepto dentro de un radio de 25 mm del punto de impacto.
- No debe presentar perdida de adherencia entre el vidrio y la lámina intercalada en una distancia mayor a 37 mm desde cualquier grieta.

### **2.2.6 Inspección**

La muestra extraída se efectuará los ensayos establecidos para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos anteriormente. En caso de la muestra no cumpla con la norma NTE INEN 1721 se tomara una segunda muestra, si vuelve a fallar se descartar todo el lote.

### **2.2.7 Método de ensayo**

Método visual de inspección:

Se establecerá las imperfecciones de los vidrios de seguridad en las zonas AA/A, B y C, en cuanto a la preparación de la muestra se utilizara una muestra de vidrio laminado o templado completamente.

Se procede a colocar la muestra a una distancia equivalente que hay entre la mano y los ojos del observador, cuando los brazos están extendidos.

Se agregan ciertos datos como nombre y dirección del laboratorio de ensayos, tipo y número de muestra, método aplicado, resultado y fecha de inspección.

### **2.3 Norma NTE INEN 1723, Determinación de la resistencia al impacto con esfera de acero.**

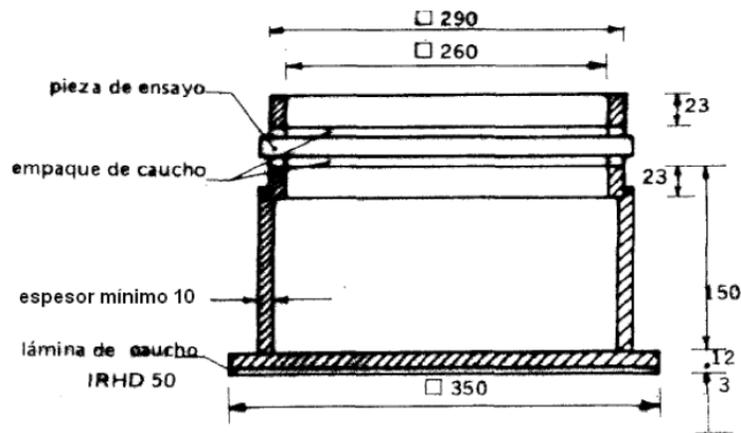
“Según la norma INEN 1723, se aplica a vidrios de seguridad laminados y templados, en los cuales al momento del impacto con la esfera de acero en caso de vidrio templado se aproxima desde el exterior mientras que en el vidrio lamiado el impacto es hacia el interior

Según la norma INEN 1723, este ensayo consiste en dejar caer desde una altura de 4 metros, sin que exista ningún tipo de impulso, una esfera sólida de acero de masa de 2,26 kg para los diferentes tipos de vidrios, dentro de un círculo de 25 mm de radio medidos desde el centro de la probeta o muestra de ensayo.

### 2.3.1 Instrumental

Para dicho ensayo se utilizara una esfera solida de acero que cuente con las siguientes características, y también utilizaremos un soporte para la probeta que contara con las características como se ve en la figura 2.6.

- “Esfera sólida de acero, con una masa de  $2,26 \text{ kg} \pm 20 \text{ g}$ .” (1723, 2011)
- “Soporte (ver figura 2.6)” (1723, 2011)



**Figura 2.6:** Soporte de muestras para ensayo.

**Fuente:** NTE INEN 1723

La probeta de ensayo será colocada sobre el soporte indicado en la figura 2.6 que consiste en dos marcos de metal u otros materiales resistentes, con bordes maquinados de 15 mm de ancho, que se ajuste el uno sobre el otro y que tengan en la superficie empaquetaduras de caucho de más o menos 3 mm de espesor y 15 mm de ancho,

“El marco inferior descansará sobre una caja de metal u otro material resistente de aproximadamente 150 mm de altura.” (1723, 2011)

“La probeta de ensayo se mantendrá en su lugar por medio de un marco superior que debe tener una masa aproximada de 3 kg o abrazaderas que eviten el movimiento de la muestra.” (1723, 2011)

“El aparato debe estar sujeto a una lámina de metal de 12 mm de espesor que descansa sobre una lámina de caucho de dureza 50 IRHD y de aproximadamente 3 mm de espesor, colocada sobre una base rígida” (1723, 2011)

### 2.3.2 Preparación de la muestra

Según INEN 1723, el material con el cual se realizara este ensayo consiste en cuatro probetas de 300 mm ·300 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción, Estas muestras antes ser sometidas a este ensayo deben ser acondicionadas en un periodo de 4 horas a  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $60\% \pm 20\%$ .

### 2.3.3 Procedimiento vidrio templado

Según INEN 1723, se debe tomar las muestras por cada espesor nominal de vidrio a ensayarse, como se indica en la tabla 2.2, posteriormente colocar la probeta de ensayo en el soporte como se muestra en la figura 1, dejar caer sin ningún tipo de impulso la esfera de acero de  $227\text{ g} \pm 2\text{ g}$  desde una altura especificada dependiendo del espesor nominal del vidrio.

Según INEN 1723 La esfera de acero debe caer dentro de un círculo de 25 mm de radio medidos desde el centro de la probeta o muestra de ensayo. La altura de caída se determina según lo que se indica en la tabla 1 en la cual nos muestra la relación entre el espesor nominal del vidrio y la altura de caída de la esfera

**Tabla 2.3:** Espesores nominales

| <b>Espesor nominal del vidrio (e)<br/>mm</b> | <b>Altura de caída</b>          |
|--|---------------------------------|
| <b><math>e \leq 3,5</math></b>               | $2\text{ m}_0^{+5}\text{ mm}$   |
| <b><math>3,5 &lt; e \leq 6,5</math></b>      | $2,5\text{ m}_0^{+5}\text{ mm}$ |
| <b><math>6,5 &lt; e</math></b>               | $2,5\text{ m}_0^{+5}\text{ mm}$ |

**Fuente:** NTE INEN 1723

### **2.3.4 Vidrio laminado**

- “Tomar cuatro muestras preparadas” (1723, 2011)
- “Colocar la probeta de ensayo sobre el soporte como se observa en la figura 2.6” (1723, 2011)
- “Dejar caer, sin que se le dé ningún impulso, la esfera de acero de  $2,26 \text{ kg} \pm 20 \text{ g}$  desde una altura de  $4,0 \text{ m} \frac{+5}{0}$  mm medida desde la parte inferior de la esfera a la superficie superior de la muestra. “ (1723, 2011)

El ensayo será considerado satisfactorio siempre y cuando cumplan los requisitos del literal 2.2.3.

### **2.4 Norma NTE INEN 1724, Determinación de la resistencia al impacto simulado de la cabeza (ensayo del maniquí).**

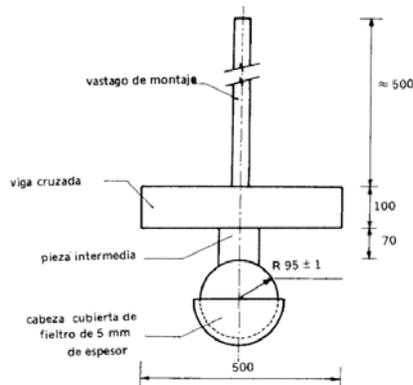
Según INEN 1724, el objetivo de esta norma es determinar el método para medir la resistencia mecánica en vidrios de seguridad bajo el impacto de la cabeza. Esta norma se aplica únicamente a vidrios de seguridad laminados y consiste en dejar caer una cabeza de maniquí desde una altura de 1,5 metros sin que exista ninguna clase de impulso, dentro de un círculo de 25 mm de radio, medidos desde el centro de la probeta o muestra de ensayo.

#### **2.4.1 Instrumental**

Según INEN 1724, el soporte que se va a utilizar en este ensayo es el mismo que se utiliza para el ensayo de impacto con esfera, y se encuentra ubicado de tal forma que la cabeza del maniquí golpee en el centro de la probeta del vidrio laminado Ver figura 2.6.

Según INEN 1724, el maniquí constará de una cabeza esférica sólida que está hecha de madera dura y de un diámetro de  $190 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ . El hemisferio inferior de la cabeza estará recubierto con un fieltro de aproximadamente 5 mm de espesor. Un vástago de montaje de dimensiones comprendidas entre 500 mm y 1 000 mm de largo y con una masa menor a 0,5 kg. Posee un cuello cilíndrico rígido de madera dura de 70 mm de alto y 100 mm de diámetro. Una viga cruzada de madera que posee unas dimensiones de 500 mm de largo y 100 mm de

ancho, aproximadamente representa los hombros del maniquí. El espesor de esta parte será tal que la masa total del maniquí tenga  $10 \text{ kg} \pm 0,2 \text{ kg}$ . Como se observa en la figura 2.7.



**Figura 2.7:** Maniquí (Dimensiones en mm)

**Fuente:** NTE INEN 1724

#### 2.4.2 Preparación de la muestra

Según INEN 1724, el material que va a ensayarse consiste en cuatro probetas de 300 mm x 300 mm que han sido fabricadas en el proceso normal de producción pero previamente a realizar el ensayo las muestras se acondicionarán en un periodo de 4 horas a  $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y conseguir una humedad relativa de  $60\% \pm 2\%$

#### 2.4.3 Procedimiento

Según INEN 1724, se debe colocar la muestra de tal manera que descansa libremente sobre el soporte de ensayo como se muestra en figura 2. Se deja caer sin ningún impulso el maniquí desde una altura de  $1,5 \text{ m} \pm 5 \text{ ms}$

El ensayo será considerado satisfactorio siempre y cuando cumplan los requisitos del literal 2.2.4.

#### 2.5 Norma NTE INEN 1725, Determinación de la resistencia al impacto con dardo

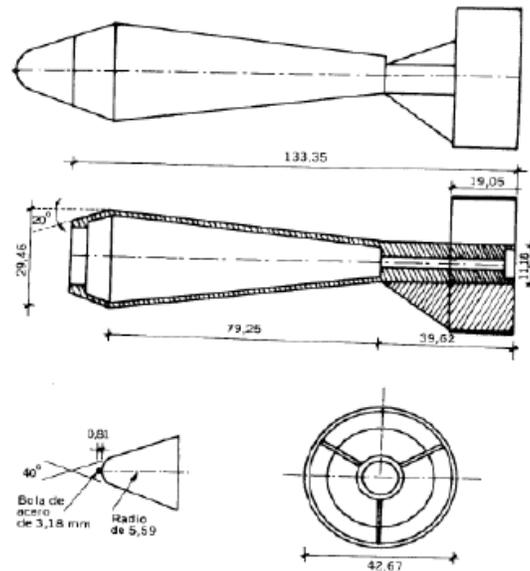
Según INEN 1725, el objetivo de este ensayo es determinar la resistencia que poseen los vidrios de seguridad laminados. El ensayo consiste en dejar caer libremente de una altura de

9,14 metros, un dardo de metal con una masa de 200 gramos con un margen de más menos 5 gramos, como se muestra en la figura 2.8.

El vidrio de prueba será instalado en un soporte como se muestra en la figura 2.9. Para este caso la probeta o vidrio de prueba tendrá una dimensión de 300 mm por 300 mm y se deberá utilizar 4 muestras para dicho ensayo.

La norma INEN 1725 indica que las muestras se acondicionaran un mínimo de 4 horas antes de realizar dicho ensayo a una temperatura de 20°C con un margen de más menos 5°C y una humedad del 60% con un margen de más menos 20%.

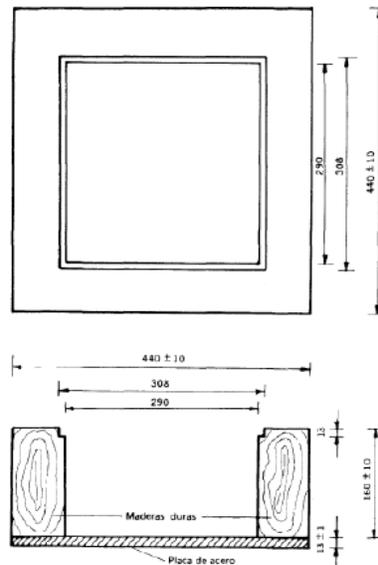
Dimensiones en milímetros, del dardo utilizado para los ensayos destructivos que simulen un impacto en el parabrisas de un objeto pequeño.



**Figura 2.8:** Dardo de prueba con sus dimensiones.

**Fuente:** INEN 1725

Soporte de muestras para el ensayo de impacto con dardo, las dimensiones de dicho soporte se encuentran en milímetros.



**Figura 2.9:** Soporte para el ensayo de fractura, adherencia e impacto.

**Fuente:** INEN 1725

### 2.5.1 Procedimiento de ensayo.

Según la norma INEN 1725 se coloca la muestra sobre el soporte en posición horizontal, dejar caer el dardo en caída libre sin ningún tipo de impulso desde una altura de 9,14 m con un margen de más menos 12 mm, medido desde la parte inferior del dardo, hasta la superficie de la probeta, dentro de un círculo de 25 mm medidos en el centro de la muestra.

El ensayo será considerado satisfactorio siempre y cuando cumpla con lo establecido en el literal 2.2.5

### 2.6 Informe de resultados

Todas las normas anteriormente vistas deben contener lo siguiente en su respectivo informe:

- Tipo y número de muestra o cualquier otra identificación.
- Ensayo efectuado y método aplicado.

- Resultado del ensayo.
- Condiciones de temperatura y humedad relativa para la preparación de la muestra.
- Fecha de ensayo.
- Nombre de la persona que realizó el ensayo.
- Nombre del laboratorio de ensayos.

## **2.7 Normativas Internacionales**

La norma ecuatoriana 1669, tiene como referencia varias normas internacionales las mismas que avalan dicha norma, las mismas que conoceremos sus características y parámetros de medición con el fin de determinar si los parabrisas son aptos para la utilización en vehículos, después de ser probados con objetos que simulen impactos desde el exterior.

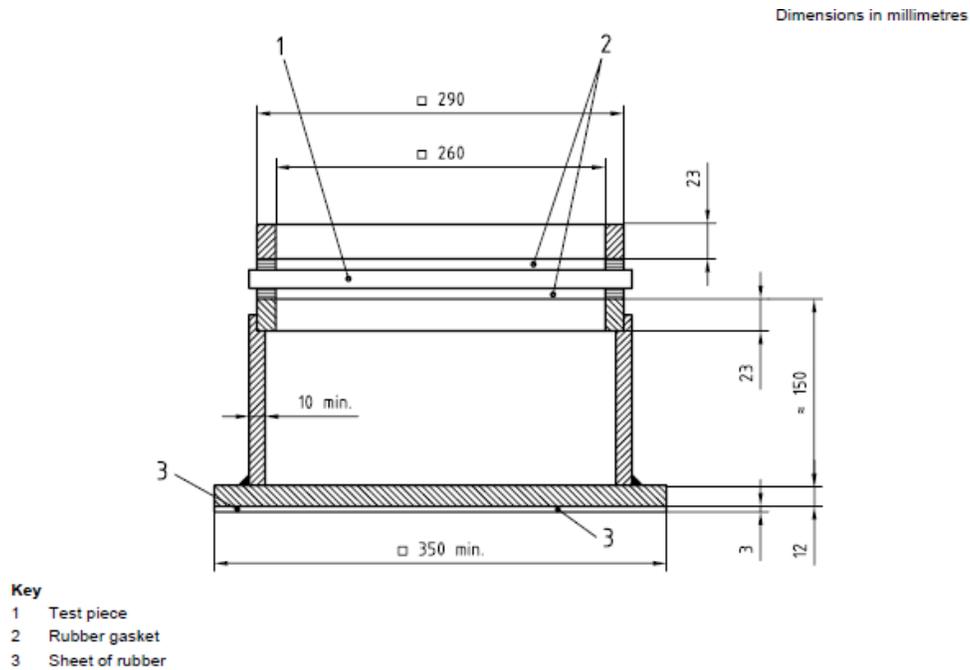
### **2.7.1 Norma ISO 3537, impacto con esfera de acero**

La norma ISO 3537 establece las condiciones de preparación del ensayo, con una temperatura ambiente de 20°C con un margen de más menos 5°C, humedad relativa del 60% con un margen de más menos 20% y una presión ambiente de 86 kPa a 106 kPa.

Según norma ISO 3537 el ensayo principal es mediante impacto con una esfera de acero, esta habla sobre la resistencia mínima que debe tener un cristal laminado ante el impacto con un objeto pequeño y duro.

La masa de la esfera de acero es de 2,27 kilogramos más menos 20 gramos, con un diámetro aproximado de 82mm.

El soporte de las muestras tiene las siguientes dimensiones en milímetros como se observa en la figura siguiente.



**Figura 2.10:** Soporte de probetas norma ISO 3537.

**Fuente:** Norma ISO 3337

Las probetas a ensayar son cuadrados planos de 300 mm + 100mm. El procedimiento para dicho ensayo es, colocar la probeta a ensayar en el soporte mencionado en la imagen anterior, el punto de impacto será de 25 mm del centro de la muestra para caídas menores 6 metros. La esfera de acero impactará la cara de la muestra, representando la parte exterior del parabrisas, la esfera deberá realizar solo un impacto.

Los resultados son positivos cuando la masa de los fragmentos desprendidos de la zona de impacto de la muestra será de 0,1 gramos.

### 2.7.1.1 Comparativa.

La norma INEN 1669 y 1723 mencionan todo lo relacionado a pruebas de impacto con esfera de acero, ya que ambas normas hacen referencia a lo establecido en la norma ISO 3537.

Dichas normas se asemejan en varios aspectos como:

- El soporte con sus características y sus dimensiones son iguales como se observa en la figura 2.6 y 2.11

- Ambas utilizan una esfera metálica construida con acero que tiene una masa de 2,27 kilogramos más menos 20 gramos.
- La altura de caída de la esfera es de 4 metros.

Sin embargo existen algunas diferencias entre las normas tales como:

- La norma INEN 1723 establece una temperatura y condiciones de acondicionamiento de la muestra, mientras que norma ISO 3537 dice que las mismas condiciones y temperatura observadas en la norma ecuatoriana, son para la realización del ensayo de impacto.
- La norma ecuatoriana requiere 4 muestras para realizar el ensayo mientras que la norma ISO no establece un número determinado de muestras para ser ensayadas.
- La norma ISO, menciona que el ensayo será positivo cuando los fragmentos desprendidos no sobrepasen los 0,1 gramos. Mientras que la norma ecuatoriana establece que el ensayo ser positivo cuando la esfera no atraviese la muestra dentro de los primero 5 segundos después de ser impactada la muestra.
- Las probetas en la norma ecuatoriana son de 300mm x 300mm, mientras que en la norma ISO las muestras son de 300mm más 100mm.

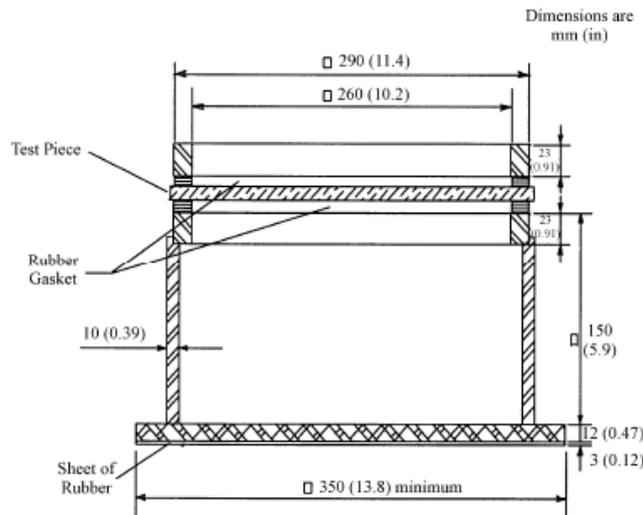
### **2.7.2 Norma ANSI Z 26.1, impacto con esfera de acero.**

Según la ANSI Z26.1 el propósito de la prueba es determinar la seguridad de un material de cristal si presentan un cierto grado de resistencia a impactos con proyectiles del exterior. En este caso será mediante la caída de una esfera de acero, desde una altura de 4 metros (13.1ft).

Procedimiento:

ANSI Z 26.1 establece que probaran 10 probetas de 305mm x 305mm sustancialmente planas. Las probetas serán separadas durante 4 horas a una temperatura de 21 a 29 grados

centígrados. Inmediatamente se realizaran las pruebas. Las probetas serán colocadas en un soporte de acero con dimensiones de acuerdo a la figura 2.11.



**Figura 2.11:** Soporte de muestras.

**Fuente:** Norma ANSI Z26.1

En el soporte se apoyara la muestra de tal manera que la parte plana será sustancialmente horizontal al tiempo de impacto. Se usara una esfera de acero de 2,254 kg hasta 2,282 kg, que se dejara caer a una altura de 4 metros (13.1ft). Partiendo libremente desde el reposo, impactando a la muestra en su centro. La esfera debe golpear una vez la muestra

La esfera de acero deberá impactara la cara de la muestra representando el exterior de vehículo.

El impacto causa un gran número de grietas en la muestra y puede causar lágrimas en la intercapa, el impacto causara una deformación permanente de la muestra plana. Sin embargo no más de dos muestras serán atravesadas por la esfera en un tiempo de 5 segundos después de ser impactadas.

### 2.7.2.1 Comparativa

Tanto la norma INEN 1669 y 1723 se relacionan con ensayos de impacto con esfera de acero, al igual que la norma ANSI Z26.1. Los aspectos que asemejan ambas normas son los siguientes:

- Ambas normas utilizan el mismo soporte de muestras con sus mismas dimensiones.
- En ambos casos la altura de caída de la esfera es de 4 metros.
- Los resultados son positivos en ambos casos, cuando la esfera no atraviese la muestra después de 5 segundos de haber impactado la muestra.

Las diferencias entre las normas mencionadas son:

- La norma ecuatoriana establece que se ensayaran 4 probetas mientras que la norma norteamericana utiliza 10 muestras para dicho ensayo.
- En la norma ecuatoriana solo podrá fallar 1 muestra, mientras que en la norteamericana pueden fallar 2 muestras.
- Las dimensiones de las muestras son diferentes ya que la norma ecuatoriana establece una dimensión de 300mm x 300mm por muestra mientras que la otra norma establece una dimensión de 305mm x 305mm.
- Su temperatura de acondicionamiento difiere ya que la norma norteamericana establece una temperatura entre 21 a 29 grados centígrados y la norma ecuatoriana establece una temperatura de 20 grados más menos 5 grados centígrados. Por un tiempo de acondicionamiento de 4 horas en ambos casos.
- La masa de la esfera en la norma ecuatoriana difiere ya que esta debe ser de 2,26 kg más menos 20g. Mientras que la otra nos da un rango de masa entre 2,254 kg hasta 2,282 kg.

### **2.7.3 Norma COVENINI 199, impacto con esfera de acero.**

La normativa venezolana COVENIN 199 establece la resistencia mínima que debe tener un parabrisas contra impactos de objetos que se encuentra en el exterior.

Para el ensayo de impacto con esfera de acero se necesita una esfera de acero lisa, sólida y con un peso de  $2260 \text{ g} \pm 156 \text{ g}$ . La muestra a ensayar consiste de diez probetas de aproximadamente  $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  de un vidrio de seguridad laminado, o un vidrio de seguridad laminado completo. Todas las muestras se acondicionaran a temperatura ambiente.

El procedimiento a seguir para el ensayo es el siguiente:

- Se debe colocar la sobre el soporte de manera que la zona de impacto sea horizontal.
- “El impacto que produzca la esfera de acero debe estar dentro de una zona de 25 mm del centro de la probeta y para el vidrio de seguridad completo se coloca bajo el mecanismo de elevación de la esfera, haciendo impacto sobre cualquier punto cercano al centro del vidrio.” (COVENIN, 2000)
- La esfera se deja caer desde el reposo, en caída libre desde una altura de 3,66 m.
- “Se descartan los ensayos donde la probeta ensayada no haya quedado en el soporte después del impacto.” (COVENIN, 2000)

Según la norma COVENIN 199, para que el ensayo de impacto de esfera de un resultado positivo la probeta, puede romperse pero la esfera no puede atravesar antes de 5 segundos más de dos probetas de las diez ensayadas.

#### **2.7.3.1 Comparativa**

La normativa Ecuatoriana INEN 1669, 1723 en la actualidad se apoya de normativas internacionales como la normativa COVENIN 199:2000 para su regulación y fijación de estándares para la elaboración y usos de vidrios de seguridad en vehículos automotrices.

Considerándose como vidrio de seguridad automotriz aquel que consta de dos piezas de vidrio firmemente unidas entre sí por una capa de material plástico transparente denominado lamina PVB y que al romperse, las piezas de vidrio se mantienen unidas al plástico.

Ambas normas se asemejan en lo siguiente:

- Para considerarse un ensayo satisfactorio en ambos casos la esfera no debe traspasar la muestra después de 5 segundos del impacto.
- Ambas normas utilizan muestras de 30cm x 30cm.

Sin embargo existen algunas diferencias entre las normas mencionadas anteriormente.

- La masa de la esfera difiere en ambas normas ya que la normativa ecuatoriana establece un peso de 2,26kg mas menos 20g, mientras que la norma venezolana utiliza una esfera de masa 2,26 kg más menos 156g.
- La altura de ensayo difiere ya que la norma COVENIN establece una altura de 3,66 metros; mientras que la norma INEN utiliza una altura de 4 metros.
- La norma INEN establece 4 probetas para la realización de dicho ensayo, mientras que la COVENIN 10 probetas. En ambos casos las condiciones de acondicionamiento de las muestras difiere ya que COVENIN utiliza temperatura ambiente, mientras que INEN entre 15 y 25 grados centígrados.

#### **2.7.4 Impacto con dardo**

La norma COVENIN 199 menciona que el propósito del ensayo de impacto con dardo es determinar el comportamiento de un cristal laminado al ser impactado con un objeto pequeño y duro.

Para realizar dicho ensayo se utilizara un dardo de acero con las especificaciones indicadas como se muestra en la figura 2.12.

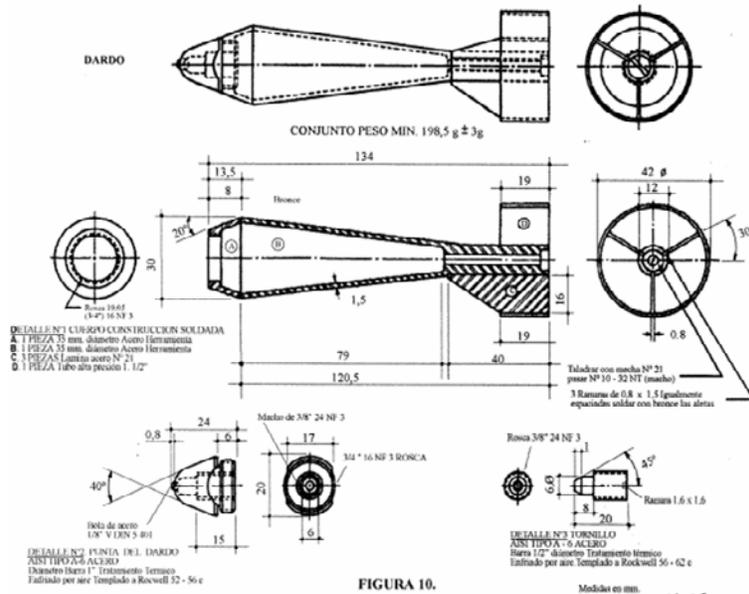


Figura 2.12: Especificaciones del dardo.

Fuente: Norma COVENIN 199.

También se utilizara un soporte para la muestra que será sometida al ensayo. También se utilizara 5 probetas de cristal laminado de 30cm x 30cm. El procedimiento para dicho ensayo es el siguiente:

- Colocar la muestra en soporte de manera horizontal.
- Colocar el dardo en posición de caída a 9,1 metros sobre la probeta, de manera que el dardo impacte a 25mm del centro de la probeta. A su vez se dejara caer el dardo libremente desde el reposo.

La norma venezolana COVENIN 199 establece que el ensayo será positivo cuando la muestra después de ser impactada puede romperse, pero el dardo no debe traspasar la muestra.

### **2.7.4.1 Comparativa**

Tanto las norma INEN 1669, 1725 y la norma COVENIN 199 establecen los requisitos mínimos que de cumplir un vidrio de seguridad contra impactos de objetos pequeños y duros.

Existen varias semejanzas entre dichas normas como las que se menciona a continuación:

- Ambas utilizan muestras de 30cm x 30cm.
- Para ambas el ensayo es positivo cuando el dardo no atraviese la muestra.
- Su distancia de caída del dardo es casi similar ya que varía 4 centímetros.
- La masa del dardo es casi similar ya que la norma INEN establece una masa entre 195 y 205 gramos, mientras que la COVENIN establece una masa entre 195 y 201 gramos.

Sin embargo existen varios puntos en que ambas normas difieren.

- La norma INEN utiliza 4 probetas, mientras que la COVENIN 5 probetas.
- Ambas utilizan temperaturas de acondicionamiento de muestras diferentes.

## **2.8 Tabas comparativas**

Si bien las normas mencionadas coinciden y se relacionan en varios aspectos con las normas ecuatorianas, sin embargo para visualizar los aspectos más importantes en los cuales tanto las normas internacionales como las nacionales, realizamos tablas comparativas en las cuales se identifica de manera rápida y sencilla lo más relevante de cada norma.

A continuación se menciona y se compara los aspectos relevantes de acuerdo a ensayos de impacto con esfera de acero, y ensayos de impacto con dardo.

### **2.8.1 Comparativa normas internacionales y nacional, impacto con esfera de acero**

En la siguiente tabla 2.4 y 2.5 observamos como las normas internacionales se relacionan con la norma nacional, si bien existen algunos aspectos en que concuerdan algunas, también se observa en que difieren dichas normas.

Antes de observar la tabla a continuación se presentan los significados de cada una de las consideraciones en dicha tabla.

**Soporte:** Es un elemento de sujeción de probetas, que ayuda a mantener la probeta centrada y sujeta a la hora de ser impactada con cualquier objeto de ensayo.

**Altura de caída:** Corresponde a la altura donde se deja caer la esfera de acero, para la norma COVENIN 199 es de 3.66 metros, mientras que para el resto es de 4 metros.

**Numero de muestras:** Corresponde al número total de muestras que serán sometidas al ensayo de impacto con esfera de acero.

**Numero de resultados negativos:** Es el número de probetas que podrán fallar o dar un resultado negativo después de la prueba de impacto.

**Dimensiones de las muestras:** Es la dimensión en milímetros que corresponde a cada muestra que será puesta a prueba.

**Peso de la esfera:** Corresponde a la masa en gramos que tendrá la esfera de acero para el ensayo de impacto.

**Resultado positivo:** Corresponde al tipo de resultado positivo en el cual la norma ISO 3537 establece un máximo de peso de 0.1 gramos de fragmentos desprendidos, mientras que el resto de normas establece que la esfera no traspasara la probeta después de 5 segundos después de impacto.

De manera que observamos 3 parámetros en la tabla 2.4 con una valoración para cada uno de ellos; también observamos un porcentaje de importancia en cada una de las consideraciones, de esta manera obtendremos una sumatoria del porcentaje de las consideraciones y un total de acuerdo a cada normativa mencionada en la tabla 2.5.

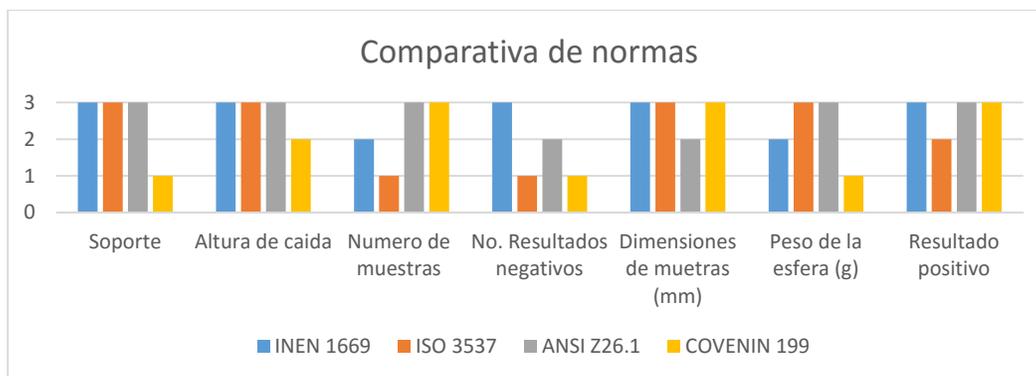
**Tabla 2.4:** Comparativa entre normas internacionales y norma nacional, impacto con dardo

| Norma  | INEN 1669 | ISO 3537 | ANSI Z26.1 | COVENIN 199 |
|--|-----------|----------|------------|-------------|
| <b>Consideraciones</b>                                 |           |          |            |             |
| <b>Soporte</b>   | 3         | 3        | 3          | 1           |
| <b>Altura de caída</b>                                 | 3         | 3        | 3          | 2           |
| <b>Numero de muestras</b>                              | 2         | 1        | 3          | 3           |
| <b>No. Resultados negativos</b>                        | 3         | 1        | 2          | 1           |
| <b>Dimensiones de muestras (mm)</b>                    | 3         | 3        | 2          | 3           |
| <b>Peso de la esfera (g)</b>                           | 2         | 3        | 3          | 1           |
| <b>Resultado positivo</b>                              | 3         | 2        | 3          | 3           |
| <b>Bueno: 3</b><br><b>Regular: 2</b><br><b>Malo: 1</b> |           |          |            |             |

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

Si bien se observa los aspectos en que difieren, tales como el peso de la esfera o la altura de caída de la misma, no llegan a ser factores decisivos que influyan directamente en los resultados de la prueba ya que sus rangos y tolerancias son casi similares, como se observa en la figura 2.13.

También se considera importante aspectos como el soporte y numero de resultados negativos, que en algunas normas no mencionan algo específico con respecto a estos dos parámetros.



**Figura 2.13:** Comparativa entre normativas.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente tabla observamos el porcentaje de cada consideración de acuerdo a cada norma y su porcentaje total.

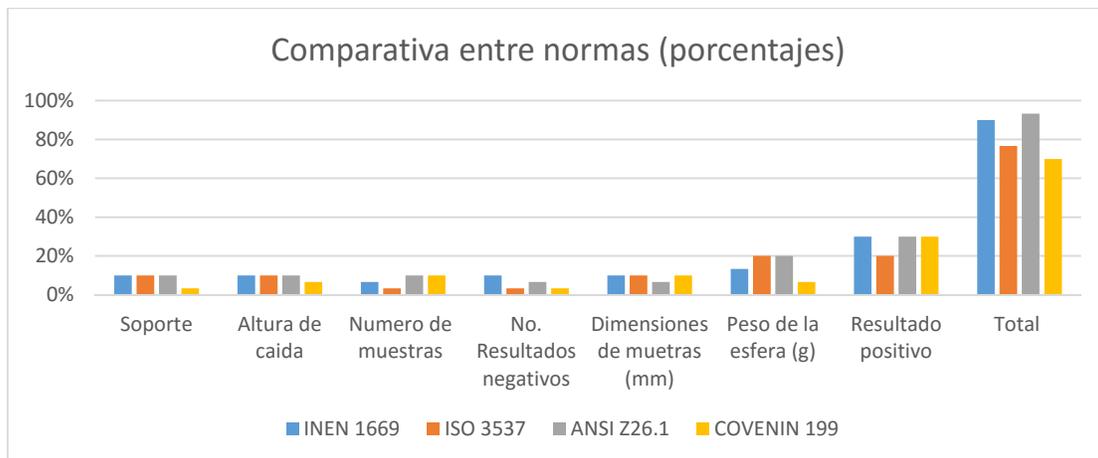
**Tabla 2.5:** Comparativa entre normas internacionales y norma nacional (porcentaje).

| Porcentajes | Norma                               | INEN 1669 | ISO 3537 | ANSI Z26.1 | COVENIN 199 |
|-------------|-------------------------------------|-----------|----------|------------|-------------|
|             | <b>Consideraciones</b>              |           |          |            |             |
| 10%         | <b>Soporte</b>                      | 10%       | 10%      | 10%        | 3,33%       |
| 10%         | <b>Altura de caída</b>              | 10%       | 10%      | 10%        | 6,66%       |
| 10%         | <b>Numero de muestras</b>           | 6,66%     | 3,33%    | 10%        | 10%         |
| 10%         | <b>No. Resultados negativos</b>     | 10%       | 3,33%    | 6,66%      | 3,33%       |
| 10%         | <b>Dimensiones de muestras (mm)</b> | 10%       | 10%      | 6,66%      | 10%         |
| 20%         | <b>Peso de la esfera (g)</b>        | 13,33%    | 20%      | 20%        | 6,66%       |
| 30%         | <b>Resultado positivo</b>           | 30%       | 20%      | 30%        | 30%         |
|             |                                     | 90%       | 77%      | 93%        | 69,98%      |

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

La principal diferencia es la manera de determinar los ensayos positivos ya que tanto la norma venezolana, norteamericana, y ecuatoriana, lo realizan de la misma manera, mientras que la norma internacional muestra una forma diferente para determinar la aceptación del ensayo.

En la siguiente figura se observa un gráfico de porcentajes obtenidos por cada parámetro y el porcentaje total de dichos parámetros.



**Figura 2.14:** Porcentaje entre normas.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

## 2.8.2 Tabla comparativa norma internacional y nacional, impacto con dardo

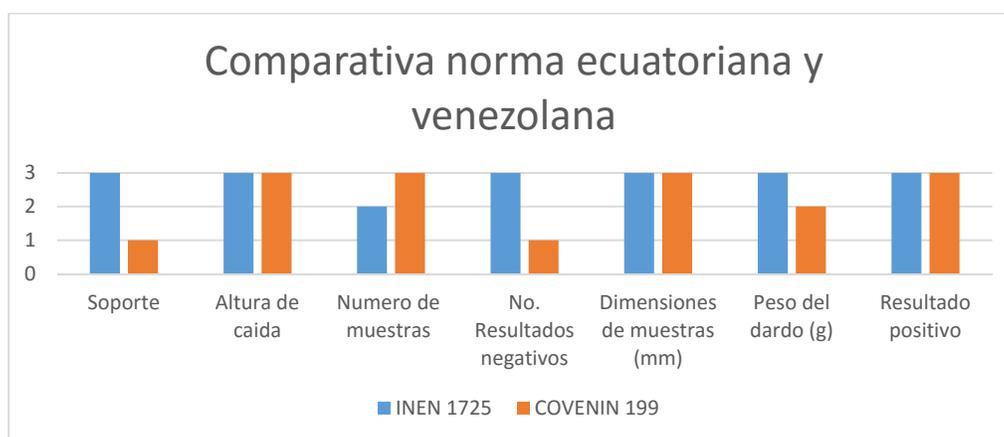
A continuación se detalla los aspectos relevantes entre la norma COVENIN 199 y la norma INEN 1725, ambas relacionadas a los ensayos de impacto con dardo de metal. De igual manera observamos una valoración de acuerdo a cada parámetro: bueno, regular y malo.

**Tabla 2.6:** Comparativa entre norma COVENIN 199, e INEN 1725, impacto con dardo

| Norma                             | INEN 1725 | COVENIN 199 |
|-----------------------------------|-----------|-------------|
| Consideraciones                   |           |             |
| Soporte                           | 3         | 1           |
| Altura de caída                   | 3         | 3           |
| Numero de muestras                | 2         | 3           |
| No. Resultados negativos          | 3         | 1           |
| Dimensiones de muestras (mm)      | 3         | 3           |
| Peso del dardo (g)                | 3         | 2           |
| Resultado positivo                | 3         | 3           |
| Bueno: 3<br>Regular: 2<br>Malo: 1 |           |             |

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En este caso para el impacto con dardo ambas normas son relativamente similares dando como resultado positivo del ensayo que el dardo no atravesase por completo la muestra cómo se observa en la figura siguiente.



**Figura 2.15:** Comparativa entre norma ecuatoriana y venezolana.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

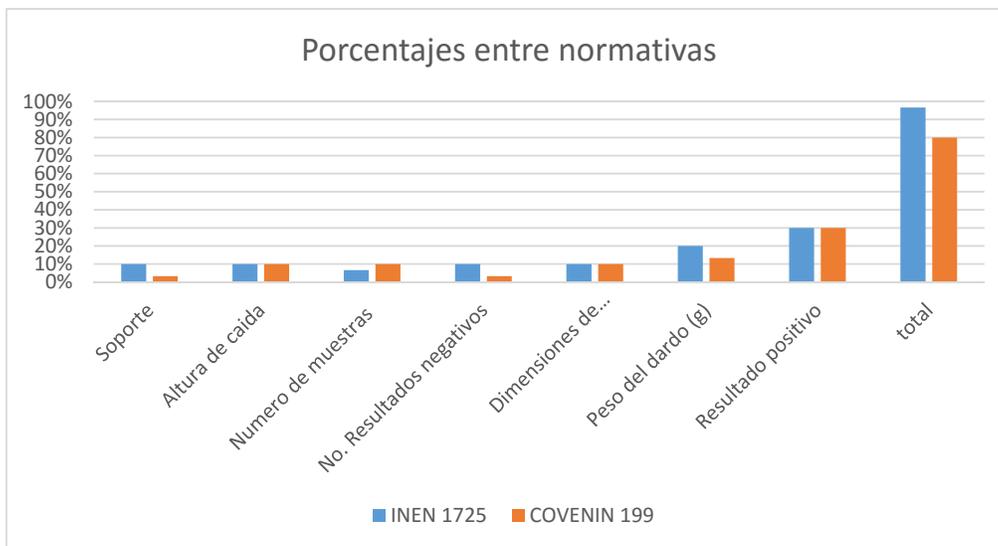
En la siguiente tabla observamos el porcentaje que se le asignó a cada consideración y el resultado individual y final que obtiene cada norma de acuerdo a cada consideración.

**Tabla 2.7:** Comparativa entre norma venezolana y ecuatoriana, porcentajes

| Porcentajes | Norma                               | INEN 1725 | COVENIN 199 |
|-------------|-------------------------------------|-----------|-------------|
|             | <b>Consideraciones</b>              |           |             |
| 10%         | <b>Soporte</b>                      | 10%       | 3,33%       |
| 10%         | <b>Altura de caída</b>              | 10%       | 10%         |
| 10%         | <b>Numero de muestras</b>           | 6,66%     | 10%         |
| 10%         | <b>No. Resultados negativos</b>     | 10%       | 3,33%       |
| 10%         | <b>Dimensiones de muestras (mm)</b> | 10%       | 10%         |
| 20%         | <b>Peso del dardo (g)</b>           | 20%       | 13,33%      |
| 30%         | <b>Resultado positivo</b>           | 30%       | 30%         |

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se observa el porcentaje individual por cada consideración y el porcentaje total de cada norma.



**Figura 2.16:** Comparativa entre norma ecuatoriana y venezolana, porcentajes.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### Capítulo 3

#### Ensayos

Para determinar si los parabrisas que son fabricados e importados al país, cumplen con las especificaciones mínimas de seguridad, realizamos una serie de ensayos destructivos con el fin de comprobar que los tres tipos de parabrisas son aptos para la venta e instalación de los mismos.

Para la realización de dichos ensayos se utilizó 3 tipos de muestras de parabrisas: 2 nacionales y 1 importado (regional). De tal manera que se dio la siguiente nomenclatura para identificar cada tipo de muestra de parabrisas como se observa en la tabla 3.1

**Tabla 3.1:** Nomenclatura de las muestras.

| Parabrisas | Tipo de muestra |
|------------|-----------------|
| Nacional 1 | X               |
| Importado  | Y               |
| Nacional 2 | Z               |

**Fuente:** L Naranjo, M Carranco.

De igual manera se realizó una tabla para poder identificar el tipo de ensayo que se realizó en las muestras de los tres fabricantes, dándoles letras a cada tipo de ensayo para identificar de manera rápida y sencilla cada probeta como se observa en la tabla 3.2

**Tabla 3.2:** Tipo de ensayo que se realizara.

| Tipo de ensayo                       | Nomenclatura |
|--------------------------------------|--------------|
| Impacto con esfera de acero          | A            |
| Impacto con dardo                    | B            |
| Impacto con cabeza ensayo de maniquí | C            |

**Fuente:** L Naranjo, M Carranco.

Para poder identificar las muestras de manera fácil y rápida se realizó una etiqueta que fue incorporada en cada muestra de todos los fabricantes para poder ser identificadas por nosotros y por el laboratorio donde fueron realizados los ensayos de impacto, esta misma fue colocada en la parte superior izquierda de cada muestra, como se observa en la figura 3.1.



**Figura 3.1:** Posición de la etiqueta de identificación en las muestras.

**Fuente:** L Naranjo, M Carranco

Dicha etiqueta contiene información en la que se detalla:

- Tipo de muestra.
- Tipo de ensayo que se realizó.
- Número de muestra.

Esta etiqueta se detalla de mejor manera en la figura 3.2

Localización de la etiqueta para la identificación de muestras ubicada en la parte superior izquierda, dicha etiqueta fue colocada en todas la muestras.



**Figura 3.2:** Etiqueta de identificación de muestras y ensayos.

**Fuente:** L Naranjo, M Carranco

Siguiendo lo establecido en las normas correspondientes a los ensayos, se realizó un periodo de 4 horas de acondicionamiento de todas las muestras. Las cuáles deberían permanecer a una temperatura entre 15 y 25 grados centígrados, sin embargo ninguna de las normas correspondientes a los ensayos solicita una temperatura definida para la realización de los ensayos de impacto. En la siguiente tabla se detalla las temperaturas de las muestras antes de ser puestas a prueba.

**Tabla 3.3:** Tabla de temperaturas de muestras.

|                     | <b>Impacto con esfera</b> | <b>Impacto con cabeza</b> | <b>Impacto con dardo</b> |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Fabricante X</b> | 17°C                      | 17°C                      | 21°C                     |
| <b>Fabricante Y</b> | 17°C                      | 18°C                      | 21°C                     |
| <b>Fabricante Z</b> | 17°C                      | 18°C                      | 23°C                     |

**Fuente:** L Naranjo, M Carranco.

### **3.1 Ensayo de impacto, prueba con esfera de acero.**

Para la realización de dicho ensayo se utilizara un soporte para las probetas con un sistema de sujeción para las mismas, como se indica en la figura 3.3 y 3.4. Las dimensiones de dicho soporte ya están establecidas como se indica el capítulo anterior (ver figura 2.6). Se utilizó una esfera de acero con una masa de 2.26 Kg, la misma que se dejó caer a una altura de 4 metros, como lo indica la norma INEN 1723. Ver figuras 3.5 y 3.6.

Para realizar este ensayo se utilizó 4 probetas de 3 diferentes fabricantes, siendo 12 probetas sometidas al ensayo; Como se indica al inicio del capítulo las probetas fueron marcadas de tal manera que las probetas X, Y, Z; fueron sometidas a la prueba A correspondiente a ensayo con esfera de acero.

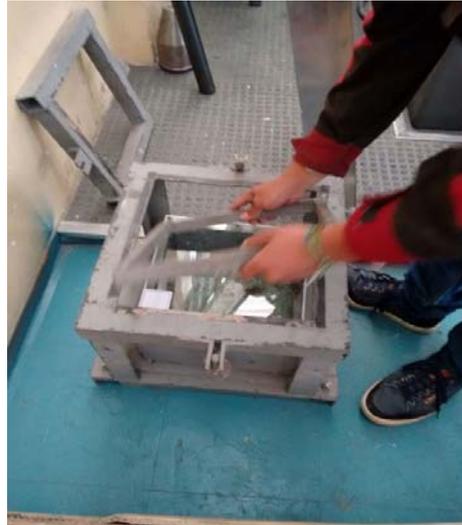
En la figura 3.3 y 3.4 se observa el soporte se utilizara para las pruebas de impacto con su respectivo sistema de sujeción de probetas.



**Figura 3.3:** Soporte para ensayos de impacto.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

Colocación del seguro superior para fijar las probetas y evitar desplazamientos en el soporte.



**Figura 3.4:** Placa de sujeción de probetas.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se observa la esfera de acero que se utilizó para los ensayos, la cual tiene una masa de 2,26 kg.



**Figura 3.5:** Esfera de acero (masa: 2,26 kg).

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se observa el soporte de la esfera, el mismo que servirá para que la esfera caiga lo más recta posible.



**Figura 3.6:** Soporte para caída de esfera de acero (caída de 4 metros).

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### **3.1.1 Ensayo de impacto con esfera de acero muestras X.**

Para dicho ensayo se sometieron 4 probetas del fabricante X, de 300 mm x 300 mm, con un espesor nominal de 5 mm. Las probetas fueron acondicionadas como lo indica la norma INEN 1723.

El procedimiento para la realización de este ensayo fue:

1. Colocar y asegurar la probeta del fabricante X en el soporte.
2. Colocar la esfera de acero en su soporte a una altura de 4 metros respecto a la probeta.
3. Dejar caer la esfera de acero, como se observa en la figura 3.7. (Impacto).

En la siguiente figura se observa a la esfera de acero después de impactar la cara frontal de la muestra.



**Figura 3.7:** Impacto de la esfera.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

Según la norma INEN 1669 el ensayo será satisfactorio si, la esfera de acero no atraviesa la probeta dentro de 5 segundos después del impacto. Dándonos un resultado positivo ya que en las 4 probetas X no existe traspaso de la esfera. (Ver figuras 3.8, 3.9, 3.10, 3.11)

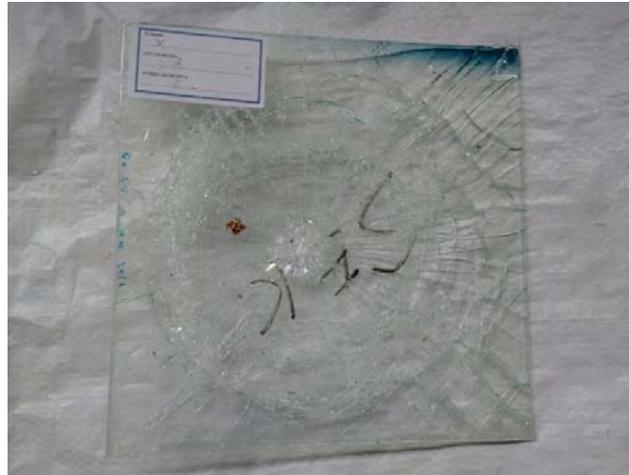
En las siguientes figuras se observa 4 probetas del fabricante X después de ser sometidas al ensayo de impacto con esfera de acero.



**Figura 3.8:** Probeta número 1 del fabricante X después del impacto.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la figura 3.9 se observa la muestra número 2 del fabricante X después de ser impactada con la esfera de acero.



**Figura 3.9:** Probeta número 2 del fabricante X después del impacto.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se detalla la muestra 3 del fabricante X después de ser impactada con una esfera de acero.



**Figura 3.10:** Probeta número 3 del fabricante X después del impacto.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la figura 3.11 se observa la cuarta muestra del mismo fabricante después de ser impactada con una esfera de acero.



**Figura 3.11:** Probeta número 4 del fabricante X después del impacto.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### **3.1.2 Ensayo de impacto con esfera de acero muestra Y.**

Para el ensayo de impacto se utilizó 4 probetas del fabricante Y con una medida de 300 mm x 300 mm y un espesor nominal de 5mm. Dichas probetas fueron acondicionadas como indica la norma INEN 1723 (Ver figura 3.12).



**Figura 3.12:** Probeta lista para ensayo de impacto con esfera (Fabricante Y).

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

El procedimiento de ensayo de las probetas del fabricante Y fue:

1. Colocación de la probeta del fabricante Y en el soporte con la placa de sujeción
2. Colocar la esfera de acero en su soporte a una altura de 4 metros respecto a la probeta
3. Dejar caer la esfera de acero sobre la probeta.

Dichas probetas fueron sometidas a un impacto con una esfera de acero como se observa en la figura 3.13.



**Figura 3.13:** Ensayo de impacto con esfera de acero (Fabricante Y).

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

Los resultados obtenidos fueron, satisfactorios ya que las 4 probetas no presentan un traspaso de las mismas después de 5 segundos de ser impactadas con la esfera de acero. Como se establece en la norma INE 1669.

En las siguientes imágenes se aprecia todas las probetas del fabricante Y, después de ser impactadas con la esfera de acero. Si bien algunas muestras presentan algunas diferencias, todas dan resultados positivos. (Figuras 3.14, 3.15, 3.16, 3.17.).

En la siguiente figura se observa a la muestra número 1 del fabricante Y después de ser impactada con la esfera de acero. No presenta traspaso por parte de la esfera de acero.



**Figura 3.14:** Impacto con esfera de acero fabricante Y (probeta 1)

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco

En la Figura 3.15 se observa la muestra número 2 del fabricante Y después de ser impactada con una esfera de acero, a pesar de que dicha muestra presenta un doblez, la misma paso el ensayo de impacto.



**Figura 3.15:** Impacto con esfera de acero fabricante Y (probeta 2).

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco

En la siguiente figura se observa la muestra número 3 del mismo fabricante después de ser impactada con la esfera de acero.



**Figura 3.16:** Impacto con esfera de acero fabricante Y (probeta 3).

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco

En la siguiente figura se detalla la muestra número 4 del mismo fabricante, a pesar de que en el punto de impacto se aprecia un agujero de mayor tamaño en relación a las demás muestras, esta logro superar el ensayo de impacto.



**Figura 3.17:** Impacto con esfera de acero fabricante Y (probeta 4).

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### **3.1.3 Ensayo de impacto con esfera de acero, muestra Z.**

Para la realización del tercer ensayo de impacto con esfera de acero utilizamos 4 probetas del fabricante Z de 300 mm x 300 mm, con un espesor nominal de 7 mm, como se muestra en

la figura 3.18. Dichas muestras fueron previamente acondicionadas como indica la norma INEN 1723.



**Figura 3.18:** Probeta del fabricante Z.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

El procedimiento de ensayo de las probetas Z fue:

1. Colocar la probeta del fabricante Z, asegurarlas con su placa.
2. Colocar la esfera de acero en su soporte ubicado a 4 metros de altura respecto a la probeta.
3. Dejar caer la esfera de acero sobre la probeta como se observa en la figura 3.19.



**Figura 3.19:** Impacto con esfera de acero en la probeta del fabricante Z.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

Según la norma INEN 1669 el ensayo es satisfactorio, si la esfera de acero no traspasa la probeta después de 5 segundos del impacto. Dándonos un resultado positivo ya que las 4 probetas del fabricante Z no existe traspaso de la esfera. Como se observa en las figuras 3.20, 3.21.

En la siguientes imagenes se observa a las probetas 1 y 2 del fabricante Z, despues de ser impactadas con la esfera de acero.

En la figura 3.20 se observa el impacto de la esfera de acero en la parte central de la probeta numero 1 del fabricante Z, la cual no presenta atravesamiento despues de 5 segundos de impacto como lo establece la norma ecuatoriana.



**Figura 3.20:** Probeta número 1 del fabricante Z, después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se observa la muestra 2, la cual fue impactada con una esfera de acero en su centro, la cual no presenta atravesamiento de la esfera, como lo detalla la norma ecuatoriana.



**Figura 3.21:** Probeta número 2 del fabricante Z, después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### **3.2 Ensayo de impacto, prueba con dardo.**

Dicho ensayo se realizó, de acuerdo a lo establecido en la norma INEN 1725, se utilizó el soporte de probetas previamente mencionado (ver figura 3.3 y 3.4).

También se utilizó un dardo de metal con una masa de 200 gramos como se observa en la figura 3.22. Dicho ensayo se lo realiza con el fin de simular un impacto en el parabrisas con algún objeto de menor tamaño que impacte desde el exterior.



**Figura 3.22:** Dardo utilizado para ensayos.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

El ensayo se realizó a una altura de 9,14 metros como indica la norma INEN 1725 (ver figura 3.23), para la realización dicho ensayo se utilizaron 4 probetas de 3 fabricantes diferentes: X, Y, Z.

Dicho ensayo fue marcado con la letra B para poder identificar la probeta correspondiente al ensayo realizado.

En la figura 3.23 se observa la colocación del soporte de muestras y la persona que se encargara de dejar caer el dardo sobre las muestras correspondientes.



**Figura 3.23:** Altura para ensayo de impacto con dardo.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### **3.2.1 Ensayo de impacto con dardo muestra X.**

Para realizar este ensayo se utilizaron 4 probetas del fabricante X, cada probeta tienen un espesor nominal de 5 mm y sus dimensiones son de 300 mm x 300 mm. Cada probeta fue acondicionada previamente como lo indica la norma INEN 1725.

El procedimiento para realizar este ensayo fue:

1. Colocar la probeta del fabricante X de manera horizontal en el soporte y asegurarla.
2. Colocar el dardo a una altura de 9,14 metros sobre la probeta.

3. Dejar caer el dardo de metal sobre la probeta sin impulso inicial. (ver figura 3.24)

Se observa a continuación como se deja caer el dardo de metal sobre la muestra.



**Figura 3.24:** Caída del dardo.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

Según la norma INEN 1669 el ensayo será satisfactorio cuando:

- El cuerpo del dardo no traspase completamente la probeta.
- La probeta no debe romperse en piezas grandes separadas.
- La lámina intercalada no debe quedar expuesta.
- No debe existir pérdida de adherencia entre la lámina intercalada y el cristal.

De tal manera que todas probetas del fabricante X dieron resultados positivos, ya que ninguna de presento ninguna de las características mencionadas anteriormente como se observa las siguientes figuras a continuación. (Figuras 3.25, 3.26, 3.27, 3.28)

Siendo aptas para la fabricación y comercialización dentro del territorio ecuatoriano según la norma INEN 1669.

En la siguiente figura se observa el impacto del dardo de metal, si bien el impacto fue en la derecha de sí parte superior no se observa el atravesamiento del dardo en la probeta número uno del fabricante X.



**Figura 3.25:** Probeta número 1 del fabricante X después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la figura 3.26 se muestra la probeta número dos, su impacto fue casi en el centro, de igual manera se observa que el dardo de metal no atraviesa por completo la probeta.



**Figura 3.26:** Probeta número 2 del fabricante X después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se observa a la probeta número 3 cuyo impacto fue en el centro, la cual no presenta traspaso del dardo.



**Figura 3.27:** Probeta número 3 del fabricante X después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se observa que el impacto fue casi en el centro de la muestra y que el dardo no logró traspasar la misma, lo que se considera como resultado positivo.



**Figura 3.28:** Probeta número 4 del fabricante X después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### **3.2.2 Ensayo de impacto con dardo muestra Y.**

Dicho ensayo se realizó con 4 probetas del fabricante Y previamente acondicionadas como lo indica la norma INEN 1725, sus dimensiones son 300 mm x 300 mm con un espesor nominal de 5 mm.

El procedimiento para realizar este ensayo fue:

1. Colocar la probeta del fabricante X de manera horizontal en el soporte y asegurarla.
2. Colocar el dardo a una altura de 9,14 metros sobre la probeta.
3. Dejar caer el dardo de metal sobre la probeta sin impulso inicial.

La norma INEN 1669 establece que, para que el ensayo de un resulta positivo deber cumplir con los siguientes parámetros establecidos.

- El cuerpo del dardo no traspase completamente la probeta.
- La probeta no se romperá en piezas grandes separadas.
- La lámina intercalada no debe quedar expuesta.
- No debe existir perdida de adherencia entre la lámina intercalada y el cristal.

Las probetas del fabricante Y, pasaron el ensayo de impacto con dardo, ya que todas las probetas cumplen con lo establecido en la norma ecuatoriana y ninguna presenta alguna anomalía como se indica en los literales anteriores, como se puede observar en las siguientes a continuación, ya que ninguna de ellas presenta traspaso por parte del dardo, y no presentan exposición de la lámina ni perdida de adherencia de la misma con los cristales.

Siendo aptas para la comercialización dentro del territorio ecuatoriano según la norma INEN 1669.

En la figura 3.29 se observa a la muestra número 1 del fabricante Y, en la cual su impacto fue en la parte central, así mismo se observa que no existe traspaso del dardo en la muestra.



**Figura 3.29:** Probeta número 1 del fabricante Y después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se observa la muestra número 2 en la cual no presenta traspaso del dardo de metal a pesar de que su impacto fue casi en la parte inferior izquierda.



**Figura 3.30:** Probeta número 2 del fabricante Y después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

A continuación se observa la muestra número 3 la cual presenta el impacto con dardo casi en su centro, la misma que no presenta traspaso.



**Figura 3.31:** Probeta número 3 del fabricante Y después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la figura 3.32 se observa el impacto del dardo en la parte central de la muestra número 4, la misma que no presenta atravesamiento del dardo.



**Figura 3.32:** Probeta número 4 del fabricante Y después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### 3.2.3 Ensayo de impacto con dardo muestra Z

Para realizar este ensayo, se utilizó 4 probetas del fabricante Z, sus dimensiones son de 300 mm x 300 mm, con un espesor nominal de 7 mm. Dichas probetas fueron acondicionadas como lo indica la norma INEN 1725.

El procedimiento que se realizó fue:

1. Colocar la probeta del fabricante X de manera horizontal en el soporte y asegurarla.
2. Colocar el dardo a una altura de 9,14 metros sobre la probeta.
3. Dejar caer el dardo de metal sobre la probeta sin impulso inicial. (ver imagen 3.33)

En la figura 3.33 se observa a la muestra del fabricante Z después de ser impactada con el dardo de metal (la muestra todavía permanece en el soporte y se encuentra todavía asegurada.).

Se observa que el dardo no logra traspasar a la muestra, y que no existe pérdida de adherencia entre la lámina y el cristal, ni exposición de la lámina.



**Figura 3.33:** Probeta impactada por el dardo.

**Fuente:** L. Naranjo, M Carranco.

La norma INEN 1669, establece que para que el ensayo sea satisfactorio debe cumplir los siguientes parámetros:

- El cuerpo del dardo no traspase completamente la probeta.
- La probeta no debe romperse en piezas grandes separadas.
- La lámina intercalada no debe quedar expuesta.
- No debe existir pérdida de adherencia entre la lámina intercalada y el cristal.

Las probetas del fabricante Z, pasaron el ensayo de impacto con dardo, ya que todas las probetas cumplen con lo establecido en la norma ecuatoriana y ninguna presenta alguna anomalía como se indica en los literales anteriores, como se observa en las siguientes figuras.

En la figura 3.34 se observa la muestra número 1 del fabricante Z, la cual presenta su impacto en la parte superior de la misma, dicha muestra no presenta atravesamiento por parte del dardo, exposición de la lámina o pérdida de adherencia de la misma entre el cristal y la lámina lo cual nos da un resultado positivo.



**Figura 3.34:** Probeta número 1 del fabricante Y después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

A continuación se observa la muestra número 2 del fabricante Z, la cual fue impactada casi en su centro y a su vez no presenta traspaso del dardo de metal.



**Figura 3.35:** Probeta número 2 del fabricante Z después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la figura 3.36 se detalla a la muestra número 3 del mismo fabricante, en este caso el impacto fue en la parte central de la misma, generando un resultado positivo ya que no se observa traspaso del dardo en la muestra.



**Figura 3.36:** Probeta número 3 del fabricante Z después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la figura a continuación se observa la muestra número 3 del mismo fabricante, su impacto fue en la parte izquierda, sin embargo no se presenta traspaso del dardo en la muestra.



**Figura 3.37:** Probeta número 3 del fabricante Z después de ser impactada.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### **3.3 Ensayo de impacto, prueba con cabeza de maniquí.**

Para realizar el ensayo de impacto con cabeza de maniquí se procede a colocar la probeta de ensayo en el soporte con las dimensiones establecidas como se muestra en la normativa INEN 1669 y en la siguiente figura.



**Figura 3.38:** Soporte para probetas.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

Según La norma INEN 1724 la cabeza de maniquí debe ser una cabeza esférica sólida hecha de madera dura de un diámetro de  $190 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ . El hemisferio inferior de la cabeza estará recubierto con un filtro de aproximadamente 5 mm de espesor.

Un vástago de montaje entre 500 mm y 1 000 mm de largo y con una masa menor a 0,5 kg. Un cuello cilíndrico (pieza intermedia) rígido de madera dura de 70 mm de alto y 100 mm de diámetro. d) Una viga cruzada de madera que representa los hombros, de 500 mm de largo y 100 mm de ancho, aproximadamente. El espesor de esta parte será tal que la masa total del maniquí tenga  $10 \text{ kg} \pm 0,2 \text{ kg}$ . Como se observa en la siguiente figura.



**Figura 3.39:** Herramienta de ensayo Cabeza de maniquí.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

Se procede a regular la altura de la cabeza de maniquí a una altura de  $1,5 \text{ m} \pm 5$  de donde se la deja caer en caída libre. Para dicho ensayo se someten 4 probetas de  $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$  previamente acondicionadas como lo menciona la norma anteriormente citada.

El procedimiento para la realización de este ensayo es el siguiente:

1. Colocar y asegurar la probeta en el soporte.
2. Colocar la cabeza de maniquí a una altura de 1.5 metros, respecto a la probeta.

3. Dejar caer libremente la cabeza de maniquí, hasta que impacte la probeta como se observa en la siguiente figura 3.40.
4. Retirar la probeta del soporte, y colocar las astillas desprendidas a causa del impacto en una hoja aparte.
5. Pesar el total de las astillas desprendidas de cada probeta.



**Figura 3.40:** Regulación de altura para impacto con cabeza de maniquí.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### **3.3.1 Ensayo de impacto con cabeza de maniquí muestra X.**

En los ensayos con impacto de cabeza de maniquí obtuvimos los siguientes resultados con nuestras probetas con la muestra del fabricante X, en las cuales dieron un resultado positivo debido a que las rajaduras más cercanas se encuentran dentro del límite establecido por la norma que es de 80 mm del punto de impacto, tampoco existió pérdida de adherencia del vidrio encontrándose también todas las muestras dentro del límite de  $200 \text{ mm}^2$  expuesta la intercapa.

Se realizó una medición de las astillas desprendidas por el vidrio de estas muestras todas encontrándose dentro del rango establecido por la norma 20 gramos, si bien hay muestras que presentan valores elevados, ninguna sobrepasa el valor mencionado en la norma INEN 1669.

También ninguna de las muestras presento rajaduras mayores a 30 mm de longitud es decir, todas las muestras estuvieron dentro de los rangos permitidos según la norma INEN 1669.

A continuación se presentan imágenes donde se detalla cada una de las muestras del fabricante X después de ser impactadas con la cabeza de maniquí.

En la figura 3.41 se observa el impacto simulado con cabeza de maniquí, dicho impacto fue en el centro de la muestra, y no se observa desprendimiento de grandes pedazos de cristal.



**Figura 3.41:** Impacto con cabeza de maniquí probeta número 1 fabricante X.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

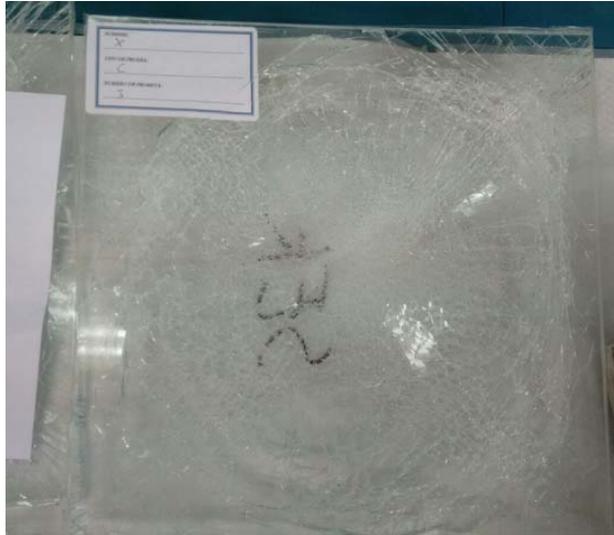
A continuación se observa la muestra 2 del fabricante X cuyo impacto fue en el centro de la misma, no se observa pérdida de adherencia ni exposición en la intercapa.



**Figura 3.42:** Impacto con cabeza de maniquí probeta número 2 fabricante X.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se observa el impacto del maniquí en la muestra 3 la cual principalmente no presenta pérdida de adherencia ni exposición de la intercapa.



**Figura 3.43:** Impacto con cabeza de maniquí probeta número 3 fabricante X.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la figura 3.35 se observa el impacto con maniquí en la muestra número 4 en el centro de la misma, la cual no presenta pérdida de adherencia ni exposición de la intercapa.



**Figura 3.44:** Impacto con cabeza de maniquí probeta número 4 fabricante X.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### **3.3.2 Ensayo de impacto con cabeza de maniquí muestra Y.**

En los ensayos con impacto de cabeza de maniquí obtuvimos los siguientes resultados con las probetas del fabricante Y, las cuales dieron resultado positivo debido a que las rajaduras respecto al impacto tuvieron como un máximo de 72 mm de distancia correspondiente a la probeta número 3 encontrándose por debajo del límite permitido, por lo cual el resto de probetas también se encuentran por debajo de este valor cumpliendo con la norma, y el límite establecido de 80 mm

De igual manera no existe pérdida de adherencia entre la intercapa y el cristal en ninguna de las probetas a las cuales se les realizó este ensayo de esta manera cumplen satisfactoriamente el ensayo.

La superficie de todas las probetas cumple el ensayo; ya que en la condición de no estar expuesta a más de 200 mm de la intercapa. Ya que ninguna de las muestras logra superar este parámetro.

Todas las probetas al someterse al impacto de cabeza de maniquí; ninguna presenta rajaduras mayores a 30 mm de longitud.

Las muestras del fabricante Y lograron pesos de astillas menores a 20 gramos, siendo 14,4 gramos el mayor peso de astillas.

De manera que todas las probetas del fabricante Y logran superar en el ensayo con maniquí, si bien algunas probetas presentan algunos resultados un poco elevados, dichos resultados se encuentran dentro del rango permitido por la norma ecuatoriana INEN 1669, logrando superar la prueba y siendo aptas para la comercialización dentro del país.

En la siguiente figura se observa a la muestra número 1 del fabricante Y después de ser impactada con el maniquí. Se puede observar que no presenta pérdida de adherencia entre el cristal y la intercapa.



**Figura 3.45:** Impacto con cabeza de maniquí probeta número 1 fabricante Y.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la figura 3.46 se observa el impacto de maniquí en la parte central de la muestra 2 en cuyo caso existe una pequeña curvatura en la parte superior de la muestra, sin embargo a pesar de este detalle la muestra presenta resultados positivos.



**Figura 3.46:** Impacto con cabeza de maniquí probeta número 2 fabricante Y.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se observa la muestra 3 del fabricante Y, en este caso el impacto fue en la parte central de la muestra, la cual no presenta daños ni exposición de la intercapa.



**Figura 3.47:** Impacto con cabeza de maniquí probeta número 3 fabricante Y.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

La figura 3.48 representa la muestra número 4 del fabricante Y, si bien el impacto es un poco más arriba del centro de la muestra, esta no presenta desprendimiento de la intercapa



**Figura 3.48:** Impacto con cabeza de maniquí probeta número 4 fabricante Y.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### 3.3.3 Ensayo de impacto con cabeza de maniquí muestra Z.

En los ensayos con impacto de cabeza de maniquí con la muestra Z se obtuvo los siguientes resultados las cuales dieron resultado positivo sin embargo de las tres muestras a las cuales sometimos a este ensayo en estas se presentó que las primeras rajaduras se encuentran lo más cerca al límite de 80 mm sin embargo aún permanecen en la zona de admisible

Existe un resultado positivo respecto a que no existió pérdida de adherencia del vidrio, también encontrándose todos los valores a menos de 200 mm de la intercapa permitido

La medición de la rajadura reflejo que la norma establece un límite de 300mm como límite de la rajadura sin embargo la probeta número 3 y 4 presentan una mayor rajadura de lo admisible.

En la siguiente figura se detalla el impacto de maniquí en la muestra número 1 del fabricante Z, también se puede observar que existe una hoja que contiene las astillas de cristal que posteriormente serán pesadas.



**Figura 3.49:** Impacto con cabeza de maniquí probeta número 1 fabricante Z.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

A continuación se observa la muestra número 2 del mismo fabricante la misma que presenta un impacto con maniquí en su centro en la cual a simple vista no se detalla exposición ni pérdida de adherencia de la intercapa.



**Figura 3.50:** Impacto con cabeza de maniquí probeta número 2 fabricante Z.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la figura 3.51 se observa a la muestra número 3 del mismo fabricante, si bien esta muestra no presenta exposición y pérdida de adherencia en la intercapa; esta presenta rajaduras mayores a 30mm de longitud.



**Figura 3.51:** Impacto con cabeza de maniquí probeta número 3 fabricante Z.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la figura 3.52 se detalla la muestra número 4, la cual no presenta pérdida de adherencia ni exposición de su intercapa, sin embargo dicha muestra presenta rajaduras mayores a 30mm de longitud.



**Figura 3.52:** Impacto con cabeza de maniquí probeta número 4 fabricante Z.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

## Capítulo 4

### Análisis de resultados.

A continuación se revisara y analizara los resultados obtenidos después de haber realizado los ensayos de impacto con esfera de acero, maniquí o simulación de cabeza y dardo. Con el fin de determinar si las muestras X, Y, Z son aptas para la fabricación y comercialización dentro del territorio nacional como lo menciona la norma INEN 1669.

#### 4.1 Impacto con esfera de acero.

##### 4.1.1 Impacto con esfera de acero, muestra X.

Después que las muestras del fabricante x fueron sometidas al impacto con esfera de acero obtuvimos los siguientes resultados respecto a lo establecido en la norma en la norma INEN 1669, COVENIN 199 y la norma ANSI Z 26.1; en la cual dejamos caer una esfera de acero de 2,26kg sobre cada una de nuestras probetas obteniendo como resultado que la muestra X pasan todas sus probetas debido a que la esfera de acero no traspaso el vidrio después de 5 segundos del impacto como se muestra en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1:** Resultados impacto con esfera de acero muestra X.

| <b>Muestra</b>    | <b>Observaciones</b>  |
|-------------------|---|
| <b>Tipo A-XI1</b> | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| <b>Tipo A-XI2</b> | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| <b>Tipo A-XI3</b> | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| <b>Tipo A-XI4</b> | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (EPN).

De manera que las muestras X cumplen con la condición establecida en la norma INEN 1669 establecida para vidrios de seguridad automotrices.

#### 4.1.2 Impacto con esfera de acero muestra Y.

Después que las muestras del fabricante Y que fueron sometidas al impacto con esfera de acero obtuvimos los siguientes resultados que todas y cada una de las muestras dieron un resultado positivo cumpliendo con las condición que la esfera no traspase el vidrio después de 5 segundos del impacto y que ninguna de las muestras falle como lo establece la norma INEN 1669 como se observa en la siguiente tabla 4.2.

**Tabla 4.2:** Resultados impacto con esfera de acero muestra Y

| <b>Muestra</b>    | <b>Observaciones</b>  |
|-------------------|---|
| <b>Tipo A-YI1</b> | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| <b>Tipo A-YI2</b> | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| <b>Tipo A-YI3</b> | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| <b>Tipo A-YI4</b> | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (EPN).

De tal manera que las muestras Y cumplen con la condición establecida en la norma INEN 1669 establecida para vidrios de seguridad automotrices.

#### 4.1.3 Impacto con esfera de acero, muestra Z.

Después que las muestras del fabricante Z que fueron sometidas al impacto con esfera de acero obtuvimos los siguientes resultados que todas las muestras dieron un resultado positivo cumpliendo con las condición que la esfera no traspase el vidrio después de 5 segundos del impacto y que ninguna de las muestras falle como lo establece la norma INEN 1669 como se observa en la tabla 4.3.

Cabe mencionar que el laboratorio etiqueto las muestras con el número 2, sin embargo para nosotros dichas muestras corresponden al fabricante Z.

**Tabla 4.3:** Resultados impacto con esfera de acero muestra Z

| <b>Muestra</b>    | <b>Observaciones</b>  |
|-------------------|---|
| <b>Tipo A-2I1</b> | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| <b>Tipo A-2I2</b> | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| <b>Tipo A-2I3</b> | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| <b>Tipo A-2I4</b> | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (EPN).

#### **4.1.4 Conclusión impacto con esfera de acero muestras X, Y, Z.**

Después que las muestras del fabricante X,Y,Z fueron sometidas al impacto con esfera de acero obtuvimos los siguientes resultados respecto a lo establecido en la norma INEN 1669 la cual se respalda en la norma ANSI Z26.1 y la COVENIN 199, para vidrios de seguridad para automotores la cual establece que se dejara caer una esfera de acero de 2,26kg sobre cada una de nuestras muestras obteniendo como resultado que tanto las muestras X,Y, Z aprueban todas sus probetas debido a que la esfera de acero no traspaso el vidrio después de 5 segundos del impacto.

En la siguiente tabla se detalla las muestras X, Y, Z; de manera que se les asigno el número 100 a todas ellas que no presenta traspaso y el número cero a las muestras que presentan traspaso después de cinco segundos de impacto, como lo menciona la norma INEN 1669.

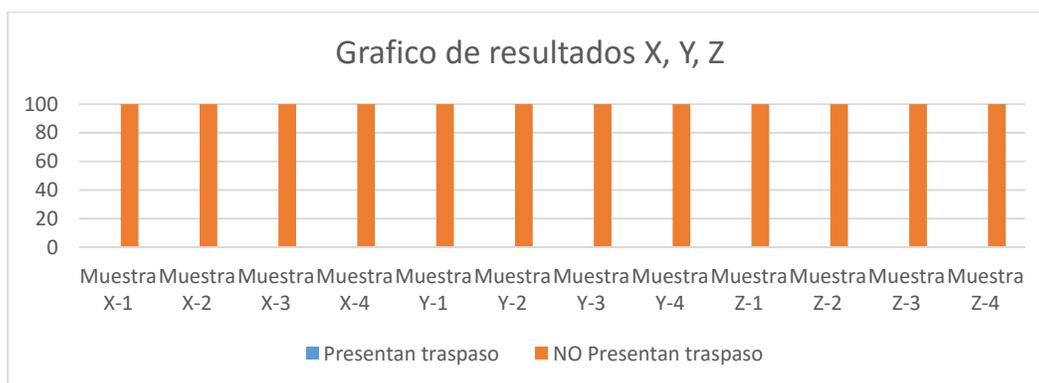
En dichos casos todas la muestras de los tres fabricantes (X, Y, Z), lograron resultados positivos, siendo aptos para su fabricación y distribución dentro del territorio ecuatoriano según la norma ecuatoriana.

**Tabla 4.4:** Resultados impacto con esfera de acero muestras X, Y, Z.

|             | Presentan traspaso | NO Presentan traspaso |
|-------------|--------------------|-----------------------|
| Muestra X-1 | 0                  | 100                   |
| Muestra X-2 | 0                  | 100                   |
| Muestra X-3 | 0                  | 100                   |
| Muestra X-4 | 0                  | 100                   |
| Muestra Y-1 | 0                  | 100                   |
| Muestra Y-2 | 0                  | 100                   |
| Muestra Y-3 | 0                  | 100                   |
| Muestra Y-4 | 0                  | 100                   |
| Muestra Z-1 | 0                  | 100                   |
| Muestra Z-2 | 0                  | 100                   |
| Muestra Z-3 | 0                  | 100                   |
| Muestra Z-4 | 0                  | 100                   |

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

Así mismo se observa en la siguiente figura el resultado obtenido de todas las muestras de los tres fabricantes, dicho grafico tiene relación directa con la tabla 4.4 ya que las muestras que generaron un resultado igual a 100 (barras anaranjadas) son las que no presentan traspaso después de cinco segundos de impacto y aprueban dicho ensayo, mientras que el cero es tomado como muestras que presentaron traspaso de la esfera después de cinco segundos de impacto; dichas muestras estaría reprobando el ensayo, dicho caso no aplica a ninguna de las muestras de los 3 fabricantes.



**Figura 4.1:** Grafica de resultados de impacto con esfera de acero.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco

## **4.2 Impacto con cabeza de maniquí.**

### **4.2.1 Impacto con cabeza de maniquí, muestra X.**

Después de que las muestras del fabricante X fueron sometidas al ensayo de impacto con cabeza de maniquí, obtuvimos los siguientes resultados; de acuerdo a lo establecido en la norma INEN 1669 y 1724, simulando el impacto con la cabeza a un vidrio de seguridad con el fin de determinar su resistencia mecánica y verificar si este es apto para la fabricación y comercialización dentro del país.

De manera que la norma INEN 1669 establece que para que un vidrio de seguridad, presente un resultado positivo después del ensayo de impacto, este debe cumplir con los siguientes parámetros:

- Las rajaduras más cercanas no superaran los 80mm del punto de impacto.
- No debe existir perdida de adherencia en la intercapa dentro de un círculo de 60mm de diámetro del punto de impacto.
- La intercapa no debe estar expuesta a más de  $200mm^2$ .
- La masa total de astillas despegadas no debe superar los 20 gramos.
- Se puede permitir una rajadura permisible en la intercapa de 30mm.

De manera que las 4 muestras del fabricante X lograron los siguientes resultados:

- Muestra 1: Las rajaduras circulares se presentan a 40mm del punto de impacto, siendo positivo ya que no debe superar los 80mm de distancia. A su vez no existe perdida de adherencia en la intercapa, la misma que no está expuesta a más de  $200mm^2$ , y presenta una rajadura menor de 30mm; y el peso de las astillas desprendidas es de 9 gramos.
- Muestra 2: Se observa rajaduras circulares a una distancia de 45mm del punto de impacto, de igual forma no existe perdida de adherencia en la intercapa, la misma que

no quedo expuesta a más de  $200mm^2$ , y la rajadura mayor tiene menos de 30mm de longitud. El peso total de las astillas es de 8,3 gramos.

- Muestra 3: Las rajaduras circulares se presentan a 62mm del punto de impacto, esta muestra no presenta perdida de adherencia en su intercapa, su mayor rajadura tiene una longitud menor a 30mm y no está expuesta a más de  $200mm^2$ . El peso total de las astillas es de 8,3 gramos.
- Muestra 4: Las primeras rajaduras circulares se presentan a 40mm del punto de impacto, no presenta perdida de adherencia en la intercapa, la mayor rajadura tiene menos de 30mm de longitud, no está expuesta a más de  $200mm^2$  de la intercapa, y su peso total de astillas es de 10 gramos.

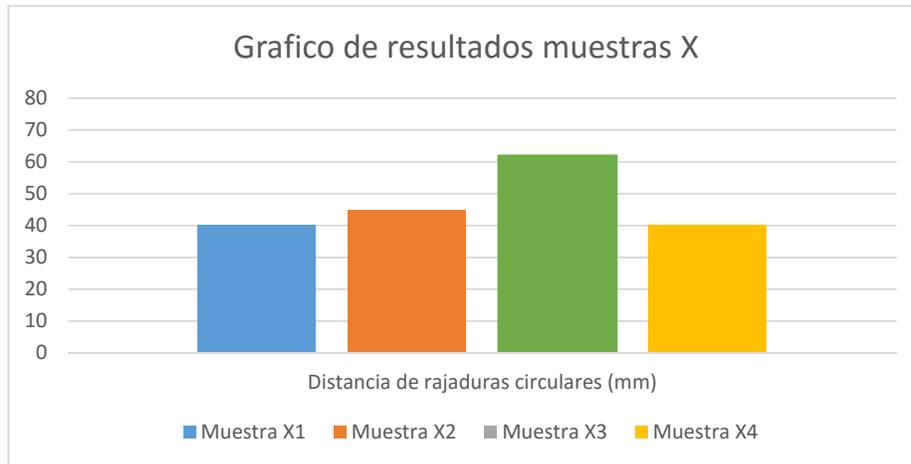
De manera que las 4 probetas del fabricante X lograron resultados positivos después del ensayo de impacto, ya que sus resultados se encuentra muy por debajo de los límites establecidos por la norma INEN 1669. Como se observa en la tabla 4.5 respectivamente y en la tabla de resultado de impacto ensayo con maniquí encontrada en el anexo correspondiente al informe del laboratorio.

**Tabla 4.5:** Resultado de ensayo impacto con maniquí.

|  | Muestra X1 | Muestra X2 | Muestra X3 | Muestra X4 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Distancia de rajaduras circulares (mm) | 40         | 45         | 62         | 40         |
| Peso total de astillas (g)             | 9          | 8,3        | 7,5        | 10         |
| Perdida de adherencia                  | 0          | 0          | 0          | 0          |

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones, EPN.

Así mismo se observa en la siguiente figura los resultados de distancias de rajaduras circulares para cada una de la muestras, sin embargo como se observa en el grafico todas están por debajo de los 80 mm de distancia como establece la norma INEN 1669. Siendo 62 milímetros el resultado más alto y 40 milímetros el menor resultado.

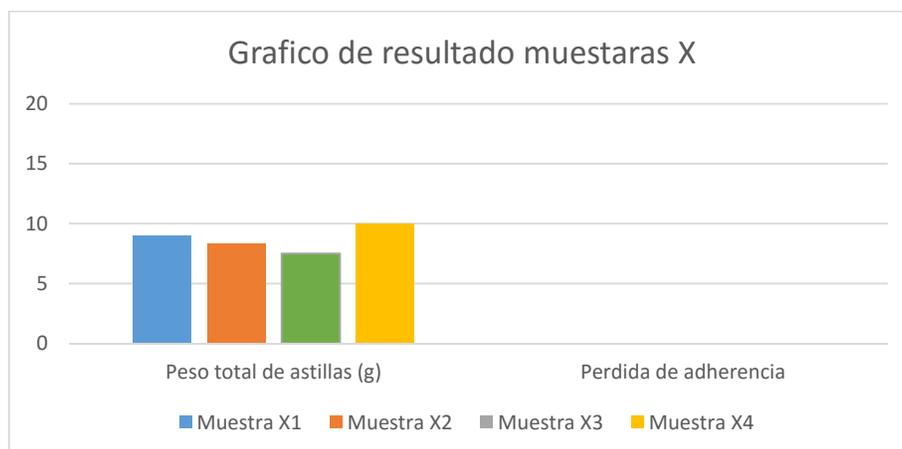


**Figura 4.2:** Grafica de resultados muestra X

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se observa el peso de astillas y perdida de adherencia, que obtuvieron las probetas del fabricante X; para dicho caso se le asignó el número 0 en el resultado de perdida de adherencia entre la lámina y el cristal, ya que ninguna de las muestras presento dicho resultado.

Además ninguna de las muestras presento un peso total de astillas desprendidas mayor a 20 gramos, siendo 10 gramos el resultado más alto y 7,5 gramos el menor.



**Figura 4.3:** Grafico de resultados muestras X

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

#### 4.2.2 Impacto con cabeza de maniquí, muestra Y.

Las 4 muestras del fabricante Y obtuvieron los siguientes resultados:

- Muestra 1: Las primeras rajaduras circulares se presentan a 63mm del punto de impacto, a su vez no existe pérdida de adherencia en la intercapa, esta no está expuesta a más de  $200mm^2$ , la mayor rajadura tiene una longitud menor a los 30mm; mientras que el peso de las astillas es de 11,1 gramos.
- Muestra 2: Sus primeras rajaduras circulares se encuentran a 67mm del punto de impacto, no presenta pérdida de adherencia en la intercapa, su rajadura de mayor longitud es menor a 30mm y la intercapa no quedo expuesta; el peso de sus astillas es de 12,6 gramos.
- Muestra 3: Las primeras rajaduras circulares están presentes a una distancia de 72mm del punto de impacto; la mayor rajadura en la intercapa es menor a 30mm, la misma que no quedo expuesta a más de  $200mm^2$  y no presenta pérdida de adherencia; el peso total de las astillas de vidrio es de 14,4 gramos.
- Muestra 4: Las primeras rajaduras circulares aparecen a 66mm del punto de impacto; la intercapa no presentan pérdidas de adherencia, su mayor rajadura tiene menos de 30mm de longitud y la intercapa no está expuesta a  $200mm^2$ ; y el peso total de las astillas de vidrio es de 11,1 gramos.

Las probetas del fabricante Y lograron aprobar el ensayo, sin embargo obtuvieron algunos valores elevados tanto en el peso total de las astillas de vidrio desprendidas, y en las primeras rajaduras circulares respecto al punto de impacto, de todas formas dichos valores se encuentran dentro del rango permitido por la norma INEN 1669, lo que los hace aptos para su comercialización dentro del territorio ecuatoriano, como se observa en la tabla 4.6; y en la tabla correspondiente al ensayo de maniquí de la muestra Y encontrada en el anexo 1.

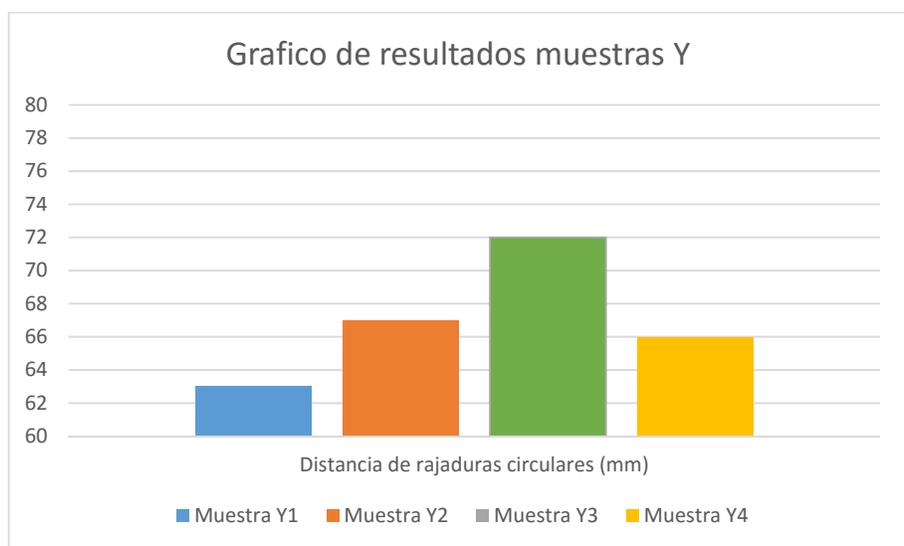
**Tabla 4.6:** Resultados de impacto fabricante Y.

|  | Muestra Y1 | Muestra Y2 | Muestra Y3 | Muestra Y4 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Distancia de rajaduras circulares (mm) | 63         | 67         | 72         | 66         |
| Peso total de astillas (g)             | 11,1       | 12,6       | 14,4       | 11,1       |
| Perdida de adherencia                  | 0          | 0          | 0          | 0          |

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se observa los resultados obtenidos por las muestras de fabricante Y, en este caso la distancia de rajaduras circulares es elevada, siendo 72 milímetros el resultado más alto y 63 milímetros el menor resultado.

Sin embargo todas las muestras se encuentran por debajo de los 80 mm como lo establece la norma INEN 1669.

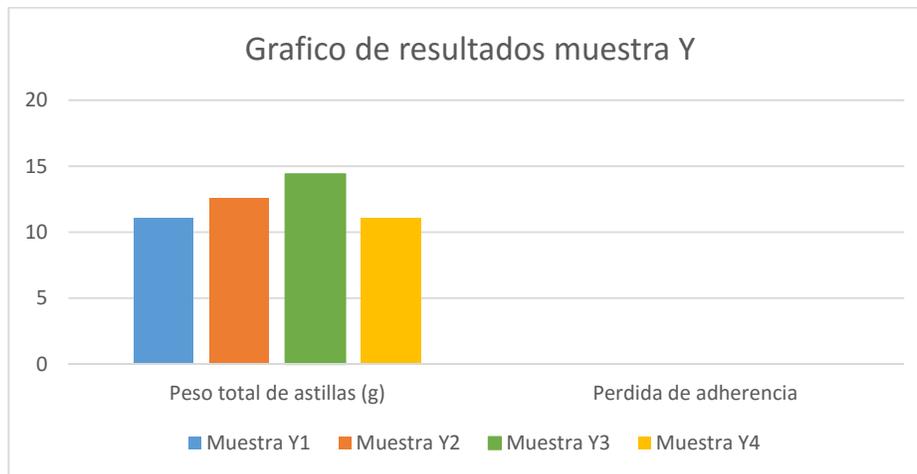


**Figura 4.4:** Grafico de resultados muestra Y.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En el siguiente grafico se observa el peso total de astillas de las muestras Y, sin embargo ninguna supera los 20 gramos.

También se observa la perdida de adherencia entre el cristal y la intercapa, para dicho caso se le asignó el numero 0 ya que ninguna presento dicha anomalía.



**Figura 4.5:** Grafico de resultados muestras Y.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

#### 4.2.3 Impacto con cabeza de maniquí, muestra Z.

Las muestras del fabricante Z obtuvieron los siguientes resultados.

- Muestra 1: Sus primeras rajaduras circulares se presentan a 72mm del punto de impacto; su intercapa no presenta perdida de adherencia, su mayor rajadura no supera los 30mm de longitud, la intercapa no está expuesta a más de  $200mm^2$ ; el peso de las astillas despegadas es de 15 gramos.
- Muestra 2: Las primeras rajaduras circulares están a 61mm del punto de impacto; no existe perdida de adherencia en la intercapa, la misma que no presenta una rajadura mayor a 30mm de longitud, no está expuesta a más de  $200mm^2$ ; el peso total de las astillas desprendidas es de 16,8 gramos.
- Muestra 3: Las rajaduras circulares se presentan a 66mm del punto de impacto; su intercapa presenta una rajaduras mayor a 30mm de longitud, no está expuesta a más de  $200mm^2$ , la misma que no presenta perdida de adherencia; el peso total de las astillas de vidrio desprendidas es de 18,4 gramos.

- Muestra 4: Las rajaduras circulares están presentes a 76mm del punto de impacto; la intercapa no está expuesta a más de  $200mm^2$ , la rajadura de mayor longitud es de más de 30mm, no presenta pérdida de adherencia en la intercapa; el peso total de las astillas desprendidas es de 17,9 gramos.

Las 4 muestras del fabricante Z obtuvieron resultado satisfactorios, sin embargo la mayoría obtuvieron valores elevados en la distancia de las primeras rajaduras circulares respecto al punto de impacto, además los resultados obtenidos en el peso de las astillas es bastante elevado en algunos casos como lo muestra la tabla correspondiente al ensayo para el fabricante Z encontrada en el anexo 1; sin embargo dichos valores se encuentran dentro de los rangos de tolerancia como lo indica la norma INEN 1669. Siendo aptas para la fabricación y comercialización.

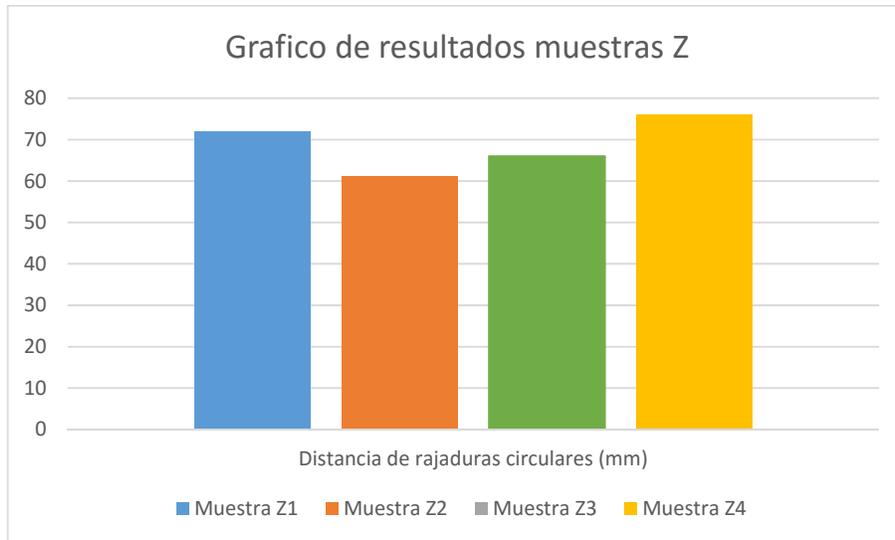
En la tabla 4.7 observamos algunos resultados dicha tabla tiene relación con el gráfico 4.4; de manera que los resultados con el número cero son positivos para todas las muestras, ya que ninguna presenta pérdida de adherencia entre la intercapa y el cristal.

**Tabla 4.7:** Resultados de impacto fabricante Z.

|  | Muestra Z1 | Muestra Z2 | Muestra Z3 | Muestra Z4 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Distancia de rajaduras circulares (mm) | 72         | 61         | 66         | 76         |
| Peso total de astillas (g)             | 15         | 16,8       | 18,4       | 17,9       |
| Pérdida de adherencia                  | 0          | 0          | 0          | 0          |

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

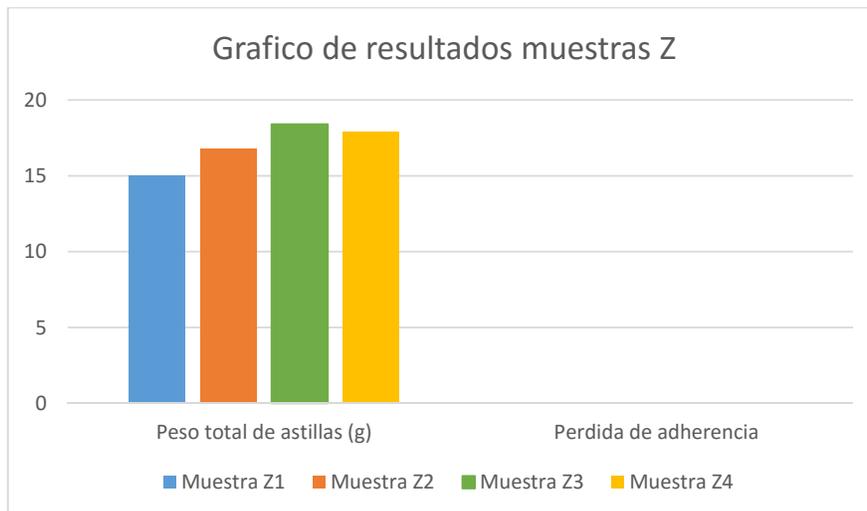
La siguiente figura está relacionada directamente con los resultados obtenidos en la tabla 4.9, ya que si bien la distancia de rajaduras es alta en las muestras Z, estas se encuentran por debajo de los 80 mm permitidos, como lo menciona la norma INEN 1669.



**Figura 4.6:** Grafica de resultados fabricante Z.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En la siguiente figura se observa los resultados obtenidos por las muestras del fabricante Z; si bien el peso de las astillas es bastante elevado en algunos casos, estos se encuentran por debajo de los 20 gramos permitidos por la norma INEN 1669. También se le asignó el número cero en pérdida de adherencia y que ninguna muestra presento este inconveniente.



**Figura 4.7:** Grafico de resultados muestras Z.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### **4.3 Impacto con dardo.**

#### **4.3.1 Impacto con dardo, muestra X.**

Después que las muestras del fabricante X que fueron sometidas al impacto con dardo obtuvimos los siguientes resultados que todas las muestras dieron un resultado positivo cumpliendo con las siguientes condiciones establecidas en la norma INEN 1669:

- El cuerpo del dardo no debe pasar a través por la probeta.
- La probeta no debe romperse en piezas grandes separadas.
- La lamina PVB no debe quedar expuesta, excepto dentro de un radio de 25mm del punto de impacto.
- No debe existir perdida de adherencia entre la lámina intercalada y el cristal a una distancia mayor de 37mm desde cualquier grieta.

De manera que se obtuvo los siguientes resultados para las muestras X:

- El dardo no traspaso del vidrio después del impacto, ni tampoco existen grandes rupturas en las muestras X que fueron sometidas a este ensayo.
- Todas las probetas de la muestra X no mostraron exposición de la lámina, porque no excedieron los 25 mm permitidos del punto de impacto del dardo
- Todas las muestras X no presentaron perdida de adherencia entre el vidrio y la lámina en una distancia mayor a 37 mm de la grieta de impacto del dardo, cumpliendo satisfactoriamente con lo establecido en la norma ecuatoriana.

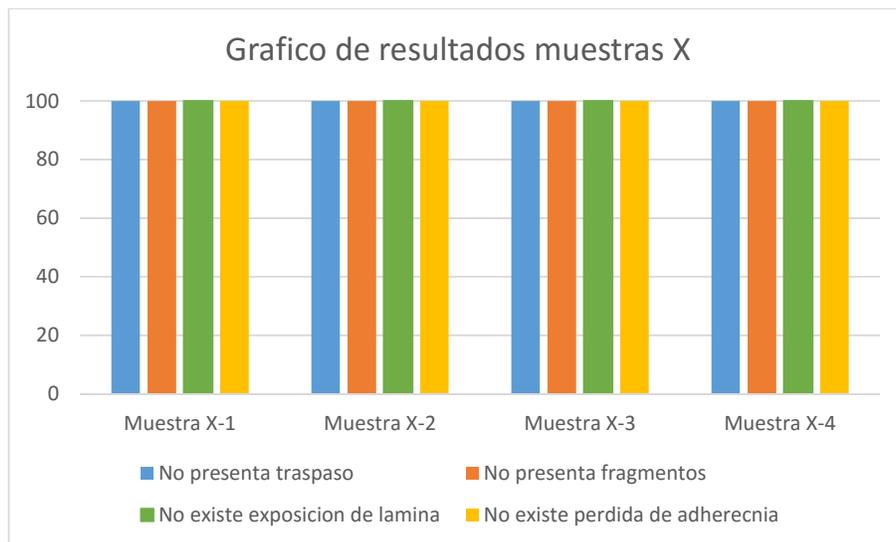
En la siguiente tabla se observa los resultados de cada una de las muestras X luego de haber sido sometidas al impacto con dardo.

**Tabla 4.8:** Resultados impacto con dardo, muestra X

|                                 | Muestra X-1 | Muestra X-2 | Muestra X-3 | Muestra X-4 |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| No presenta traspaso            | 100         | 100         | 100         | 100         |
| No presenta fragmentos          | 100         | 100         | 100         | 100         |
| No existe exposición de lamina  | 100         | 100         | 100         | 100         |
| No existe pérdida de adherencia | 100         | 100         | 100         | 100         |

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones, EPN.

En la siguiente figura se observa los resultados obtenidos por las muestras; se le asignó el número 100 en cada de uno de los literales ya que en ninguno de los casos presento alguna anomalía como se menciona en la tabla anterior.



**Figura 4.8:** Grafica de resultados muestras X.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

#### 4.3.2 Impacto con dardo, muestra Y.

Después que las muestras del fabricante Y que fueron sometidas al impacto con dardo obtuvimos los siguientes resultados que todas las muestras da un resultado positivo cumpliendo con los parámetros que no presentan traspaso del dardo a todas sus probetas

produciendo únicamente fragmentos pequeños que son admisibles para que la prueba sea considerada positiva.

Todas las probetas no presentan exposición a la lámina después del impacto encontrándose dentro de los 25mm permitidos por la norma INEN 1669 por lo que cumplen con este parámetro.

No existe pérdida de adherencia en ninguna de las 4 muestras y por lo cual cumplen con lo establecido en la norma ecuatoriana.

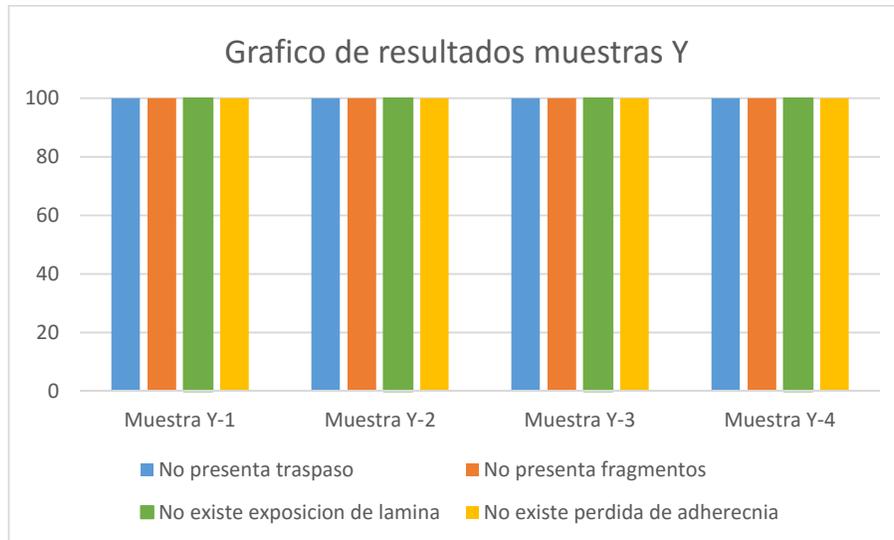
En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en el impacto con dardo muestras Y.

**Tabla 4.9:** Resultados impacto con dardo, muestra Y.

|                                 | Muestra Y-1 | Muestra Y-2 | Muestra Y-3 | Muestra Y-4 |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| No presenta traspaso            | 100         | 100         | 100         | 100         |
| No presenta fragmentos          | 100         | 100         | 100         | 100         |
| No existe exposición de lamina  | 100         | 100         | 100         | 100         |
| No existe pérdida de adherencia | 100         | 100         | 100         | 100         |

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (EPN)

De igual manera se observa en el siguiente grafico los resultados obtenidos para la muestra X de manera que el número 100 corresponde a que no presenta ninguna anomalía como lo señala la tabla 4.9.



**Figura 4.9:** Grafico de resultados muestras Y

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

### 4.3.3 Impacto con dardo, muestra Z.

A continuación se observa los resultados obtenidos por las muestras de fabricante Z, las mismas que presentan los siguientes resultados establecidos en la norma INEN 1669.

Ninguna de las cuatro muestras presenta traspaso del dardo en las mismas, ni grandes fragmentos separados de la lámina; ninguna presenta pérdidas de adherencia entre el cristal y la lámina intercalada (PVB), la misma que no debe exceder en 37mm de cualquier grieta; por último ninguna de las cuatro muestras presentó exposición de la lámina PVB. Lo que nos da un resultado positivo ya que todas las muestras de fabricante Z cumplen con lo que establece la norma INEN 1669 y logran pasar el ensayo de impacto con dardo, siendo posible su fabricación y comercialización dentro del país.

En la tabla 4.10 se detalla los resultados obtenidos por las muestras del fabricante Z.

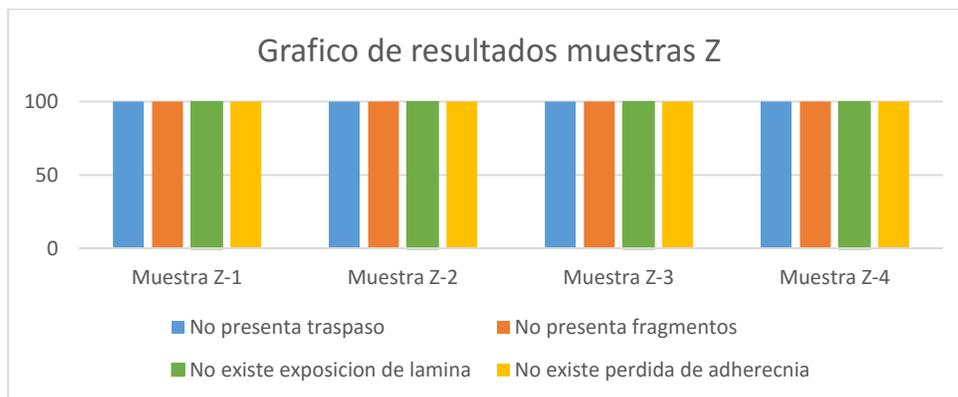
**Tabla 4.10:** Resultados de impacto con dardo, muestra Z.

|                                 | Muestra Z-1 | Muestra Z-2 | Muestra Z-3 | Muestra Z-4 |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| No presenta traspaso            | 100         | 100         | 100         | 100         |
| No presenta fragmentos          | 100         | 100         | 100         | 100         |
| No existe exposición de lamina  | 100         | 100         | 100         | 100         |
| No existe perdida de adherencia | 100         | 100         | 100         | 100         |

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (EPN)

En la siguiente figura se observa los resultados de la muestra Z, en dicho caso el número 100 corresponde a que ninguna las muestras presento ningún resultado negativo como:

- No presenta traspaso del dardo.
- No presenta fragmentos grandes separados.
- No presenta exposición de la lámina.
- No existe perdida de adherencia entre la lámina y el cristal.



**Figura 4.10:** Gráfico de resultados muestras Z.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

#### 4.4 Análisis de resultados, pruebas de impacto.

A continuación observamos los resultados finales obtenidos por cada uno de los fabricantes, en la siguiente tabla se muestra la ponderación que recibió cada uno de los fabricantes de

acuerdo a los resultados obtenidos por el laboratorio (ver tablas de resultados Anexo 1), después de las pruebas de impacto.

**Tabla 4.11:** Ponderación final de ensayos

| Pruebas                           | Fabricante X | Fabricante Y | Fabricante Z |
|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Impacto con esfera                | 3            | 3            | 3            |
| Impacto con dardo                 | 3            | 3            | 3            |
| Impacto con maniquí               | 2,25         | 1,91         | 1,66         |
| Bueno: 3<br>Regular: 2<br>Malo: 1 |              |              |              |

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

Después de realizada la ponderación a cada prueba se le asignó un porcentaje de acuerdo a su importancia, de manera que las pruebas de impacto con esfera de acero y dardo de metal se les asignó un 40%, mientras que al impacto con maniquí un 20% ya que dicha prueba es considerada opcional según la norma INEN 1669, como se observa en la tabla 4.12.

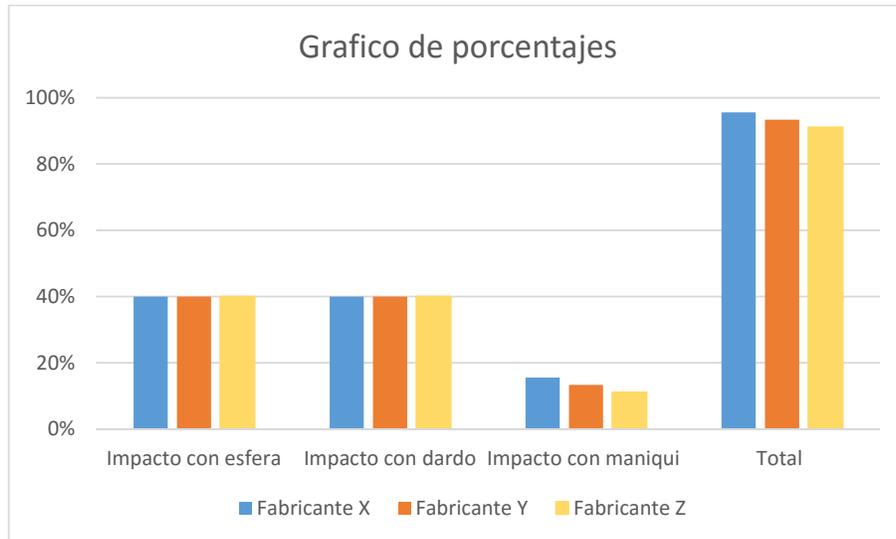
**Tabla 4.12:** Porcentajes obtenidos, pruebas de impacto

|     | Pruebas             | Fabricante X | Fabricante Y | Fabricante Z |
|-----|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| 40% | Impacto con esfera  | 40%          | 40%          | 40%          |
| 40% | Impacto con dardo   | 40%          | 40%          | 40%          |
| 20% | Impacto con maniquí | 15%          | 12,73%       | 11,06%       |
|     | Total               | 95%          | 93%          | 91%          |

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

En el siguiente gráfico se observa el resultado obtenido en porcentaje, de cada uno de los fabricantes, según cada una de las pruebas, y el porcentaje total obtenido por cada fabricante según la sumatoria total de cada prueba. Si bien todos los fabricantes logran superar los tres ensayos de impacto realizados, existen algunos que presentan mejores características de seguridad, como es el caso del fabricante X.

De manera que el fabricante X es aquel que cumple con la mayoría de condiciones de seguridad establecidas por la norma INEN 1669, y es aquel que consigue un mayor porcentaje de aceptación.



**Figura 4.11:** Grafio de porcentajes individual y total de fabricantes.

**Fuente:** L. Naranjo, M. Carranco.

## Conclusiones

1. Todas las muestras de los fabricantes X, Y, Z; lograron pasar las pruebas de impacto con esfera de acero, cabeza de maniquí, e impacto con dardo. Cumpliendo con lo que establece la norma INEN 1669. De manera que los vuelve aptos para la fabricación y comercialización de parabrisas dentro del territorio ecuatoriano.
2. Las muestras del fabricante nacional X son las que obtienen mejores resultados después de las pruebas de impacto, obteniendo la puntuación más alta. De esta manera en términos de seguridad, lograrían una mejor protección a los ocupantes del vehículo en caso de impactos de pequeños objetos. Siendo aptos para la fabricación y comercialización nacional.
3. Las muestras del fabricante nacional Z logran superar los tres ensayos de impacto realizados, sin embargo algunos de sus parámetros de conformidad de los ensayos este obtiene resultados bastante altos, de manera que estos resultados se encuentran dentro de los rangos permitidos por la norma INEN 1669, siendo aptos para la fabricación nacional.
4. Se determinó que los parabrisas de fabricación nacional cumplen con todos los estándares de seguridad nacionales, y con algunos de los estándares internacionales, para vidrios de seguridad automotrices, de esta manera garantizan la seguridad de los ocupantes del vehículo, evitando la intrusión de objetos que los ponga en peligro.
5. Si bien las políticas del país impulsan al consumo de productos nacionales en este caso autopartes, existe el desconocimiento en cuanto a calidad de las mismas, de manera que esta investigación trata de dar a conocer que; si bien las piezas que forman un parabrisas son importadas, el proceso de producción y ensamblaje de estas es cien por ciento nacional, bajo rigurosos estándares de fabricación dando como resultado productos de gran calidad.

## Recomendaciones

1. El ensayo de impacto de cabeza de maniquí tendría que ser considerado como un ensayo obligatorio en la normativa ecuatoriana INEN 1669 ya que al realizar el ensayo de impacto con cabeza de maniquí, este simula como los ocupantes del impactarían el parabrisas en el caso de no utilizar otros elementos de seguridad del vehículo como cinturones de seguridad. Los cual hoy en día no existe una conciencia total de la importancia del uso del cinturón de seguridad.
2. Es importante que exista más apoyo a la industria nacional que se encarga de la fabricación de autopartes debido a que en este caso las empresas que fabrican parabrisas nacionalmente están cumpliendo con normativas nacionales como internacionales, en todos sus parámetros, brindando seguridad a los ocupantes del vehículo.
3. Es fundamental que exista una normalización del etiquetado de parabrisas ya sea de fabricación nacional como importados, debido a que muchas veces existe desconocimiento de la procedencia de cada parabrisas, y sus características por parte de los clientes finales.
4. Se considera importante que exista un control anual o semestral a las principales empresas dedicadas a la fabricación de parabrisas nacionales para que mantengan altos estándares calidad y de seguridad, dándose a conocer tanto nacionalmente como internacionalmente.
5. Es importante que las personas adquieran más productos nacionales, los cuales se encuentran en una constante evolución tecnológica buscando ser competitivos en su fabricación.

## **Bibliografía**

084, R. (06 de 2014). VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES.

Ecuador.

1669, N. I. (09 de 2011). VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA AUTOMOTORES.

REQUISITOS . Ecuador.

1723, N. I. (Septiembre de 2011). VIDRIOS DE SEGURIDAD. DETERMINACIÓN DE LA

RESISTENCIA AL IMPACTO CON ESFERA DE ACERO. Ecuador.

1724, N. I. (09 de 2011). VIDRIOS DE SEGURIDAD. DETERMINACIÓN DE LA

RESISTENCIA AL IMPACTO SIMULADO DE LA CABEZA (ENSAYO DEL MANIQUÍ). Ecuador.

1725, N. I. (09 de 2011). VIDRIOS DE SEGURIDAD. DETERMINACIÓN DE LA

RESISTENCIA AL IMPACTO CON DARDO. Ecuador.

3537, I. (15 de 03 de 1999). ROAD VEHICLES-SAFETY GLAZING MATERIALS-

MECHANICAL TESTS.

Carglass. (Junio de 2009). *Parabrisas: del impacto a la rotura.*

COVENIN. (2000). *NORMA VENEZOLANA PARA VIDRIOS DE SEGURIDAD*

*AUTOMOTRIZ.* VENEZUELA: FAVEMPA.

Z26.1, A. (1996). AMERICA NATIONAL STANDARFOR SAFETY GLAZING

MATERIALS FOR GALZING MOTOR VEHICLES AND MOTOR VEHICLE EQUIPMENT OPERATING ON LAND HIGHWAYS. Estados Unidos.

## Anexos

### Anexo 1: Informe de resultados



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES



## INFORME TÉCNICO

LAEV – JUN.16.14

Quito, 27 de junio de 2016

TRABAJO SOLICITADO POR: UIDE  
Ing. Gorky Reyes

### ORDEN DE TRABAJO N° 0004566

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en vidrios de seguridad pertenecientes a Luis Francisco Naranjo Izurieta y Mauricio Armando Carranco García para el proyecto de titulación "ESTUDIO DE LAS CARÁCTERÍSTICAS MECÁNICAS EN PARABRISAS LOCALES E IMPORTADOS MEDIANTE NORMA INEN 1669". Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

### RESULTADOS

1. **MUESTRA:** Doce (12) vidrios laminados de seguridad para ensayo de resistencia al impacto con esfera de acero según normas NTE INEN 1669:2011 y NTE INEN 1723:2011. Doce (12) vidrios laminados de seguridad para ensayo de impacto con maniquí según normas NTE INEN 1669:2011 y NTE INEN 1724:2011. Doce (12) vidrios laminados de seguridad para ensayo de impacto con dardo según normas NTE INEN 1669:2011 y NTE INEN 1725:2011.

### 2. GENERALIDADES

En la tabla 1 se presenta las dimensiones de las muestras de vidrio laminado.

Tabla 1. Dimensiones y color de las muestras de vidrio laminado.

| Muestra  | Espesor nominal | Espesor promedio | Dimensiones | Color        |
|----------|-----------------|------------------|-------------|--------------|
|          | mm              | mm               | mm          |              |
| Tipo A-2 | 7               | 6,95             | 300 x 300   | Transparente |
| Tipo A-Y | 5               | 4,98             | 300 x 300   | Transparente |
| Tipo A-X | 5               | 5,04             | 300 x 300   | Transparente |



**3. ENSAYO DE IMPACTO CON ESFERA DE ACERO SEGÚN NORMAS NTE INEN 1669:2011 y NTE INEN 1723:2011 PARA VIDRIOS LAMINADOS.**

Se considera que el ensayo de impacto de la esfera de acero ha dado un resultado positivo si la esfera de acero no pasa a través del vidrio dentro de los cinco segundos después del impacto, según la norma NTE INEN 1669:2011.

Especificaciones técnicas para vidrios laminados según norma NTE INEN 1723:2011.

- Peso de la esfera: 2,26 kg
- Altura de caída de la esfera: 4 m

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de impacto de las muestras de vidrio laminado.

Tabla 2. Observaciones obtenidas en el ensayo de impacto con esfera de acero.

| Muestra     | Observaciones   |
|-------------|---|
| Tipo A-2 I1 | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| Tipo A-2 I2 | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| Tipo A-2 I3 | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| Tipo A-2 I4 | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| Tipo A-Y I1 | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| Tipo A-Y I2 | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| Tipo A-Y I3 | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| Tipo A-Y I4 | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| Tipo A-X I1 | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| Tipo A-X I2 | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| Tipo A-X I3 | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |
| Tipo A-X I4 | No presenta traspaso de la esfera después de cinco segundos del impacto |

**4. ENSAYO DE COMPORTAMIENTO BAJO EL IMPACTO SIMULADO DE LA CABEZA (ENSAYO DEL MANIQUÍ) SEGÚN NORMAS NTE INEN 1669:2011 Y NTE INEN 1724:2011.**

De acuerdo con la norma NTE INEN 1669:2011, se considera que el ensayo del maniquí ha dado resultados positivos si se cumplen las condiciones dadas a continuación:

- Si la muestra se fractura mostrando numerosas rajaduras circulares centradas aproximadamente sobre el punto de impacto, las rajaduras más cercanas deben estar máximo a 80 mm del punto de impacto.
- Si las capas de vidrio se adhieren todavía a la intercapa, se permiten unos pocos sitios en los cuales el vidrio se ha despegado dentro del círculo de 60 mm de diámetro



LAEV-EPN  
Orden N°: 0004566



alrededor del punto de impacto, siempre que los fragmentos todavía se adhieran a la intercapa.

- En el lado del impacto se aplican las condiciones dadas a continuación: no debe estar expuesta más de 200 mm<sup>2</sup> de la intercapa, la masa total de las astillas que se despegan no deben exceder los 20 g, se puede permitir en la intercapa una rajadura máxima de 30 mm de longitud permisible.

Especificaciones técnicas según norma NTE INEN 1724:2011 para vidrios laminados.

- Peso del maniquí: 10,5 kg
- Altura de caída del maniquí: 1,5 m

En la tabla 3 se presentan los resultados de las muestras Tipo A-2

Tabla 3. Observaciones obtenidas en el ensayo de impacto con maniquí.

| Muestra | Observaciones  |   |   |   |  |
|---------|--|---|---|---|--|
|         | 1  | 2   | 3   | 4   | 5  |
| A-2 M1  | Las primeras rajaduras circulares se presentan a una distancia de 72mm del punto de impacto  | No existe pérdida de adherencia del vidrio a la intercapa | No está expuesta más de 200 mm <sup>2</sup> de la intercapa | Las astillas de vidrio despegadas en el lado de impacto pesan 15 g en total   | La rajadura mayor tiene menos de 30 mm de longitud |
| A-2 M2  | Las primeras rajaduras circulares se presentan a una distancia de 61 mm del punto de impacto | No existe pérdida de adherencia del vidrio a la intercapa | No está expuesta más de 200 mm <sup>2</sup> de la intercapa | Las astillas de vidrio despegadas en el lado de impacto pesan 16,8 g en total | La rajadura mayor tiene menos de 30 mm de longitud |
| A-2 M3  | Las primeras rajaduras circulares se presentan a una distancia de 66 mm del punto de impacto | No existe pérdida de adherencia del vidrio a la intercapa | No está expuesta más de 200 mm <sup>2</sup> de la intercapa | Las astillas de vidrio despegadas en el lado de impacto pesan 18,4 g en total | La rajadura mayor tiene más de 30 mm de longitud   |
| A-2 M4  | Las primeras rajaduras circulares se presentan a una distancia de 76 mm del punto de impacto | No existe pérdida de adherencia del vidrio a la intercapa | No está expuesta más de 200 mm <sup>2</sup> de la intercapa | Las astillas de vidrio despegadas en el lado de impacto pesan 17,9 g en total | La rajadura mayor tiene más de 30 mm de longitud   |



LAEV-EPN  
Orden N°: 0004566



En la tabla 4 se presentan los resultados de las muestras Tipo A-Y.

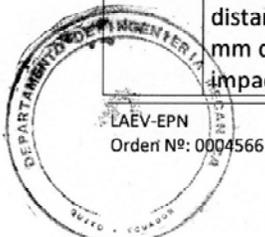
Tabla 4. Observaciones obtenidas en el ensayo de impacto con maniquí.

| Muestra | Observaciones  |   |   |   |  |
|---------|--|---|---|---|--|
|         | 1  | 2   | 3   | 4   | 5  |
| A-Y M1  | Las primeras rajaduras circulares se presentan a una distancia de 63mm del punto de impacto  | No existe pérdida de adherencia del vidrio a la intercapa | No está expuesta más de 200 mm <sup>2</sup> de la intercapa | Las astillas de vidrio despegadas en el lado de impacto pesan 11,1 g en total | La rajadura mayor tiene menos de 30 mm de longitud |
| A-Y M2  | Las primeras rajaduras circulares se presentan a una distancia de 67 mm del punto de impacto | No existe pérdida de adherencia del vidrio a la intercapa | No está expuesta más de 200 mm <sup>2</sup> de la intercapa | Las astillas de vidrio despegadas en el lado de impacto pesan 12,6 g en total | La rajadura mayor tiene menos de 30 mm de longitud |
| A-Y M3  | Las primeras rajaduras circulares se presentan a una distancia de 72 mm del punto de impacto | No existe pérdida de adherencia del vidrio a la intercapa | No está expuesta más de 200 mm <sup>2</sup> de la intercapa | Las astillas de vidrio despegadas en el lado de impacto pesan 14,4 g en total | La rajadura mayor tiene menos de 30 mm de longitud |
| A-Y M4  | Las primeras rajaduras circulares se presentan a una distancia de 66 mm del punto de impacto | No existe pérdida de adherencia del vidrio a la intercapa | No está expuesta más de 200 mm <sup>2</sup> de la intercapa | Las astillas de vidrio despegadas en el lado de impacto pesan 11,1 g en total | La rajadura mayor tiene menos de 30 mm de longitud |

En la tabla 5 se presentan los resultados de las muestras Tipo A-X.

Tabla 5. Observaciones obtenidas en el ensayo de impacto con maniquí.

| Muestra | Observaciones  |   |   |  |  |
|---------|--|---|---|--|--|
|         | 1  | 2   | 3   | 4  | 5  |
| A-X M1  | Las primeras rajaduras circulares se presentan a una distancia de 40 mm del punto de impacto | No existe pérdida de adherencia del vidrio a la intercapa | No está expuesta más de 200 mm <sup>2</sup> de la intercapa | Las astillas de vidrio despegadas en el lado de impacto pesan 9 g en total | La rajadura mayor tiene menos de 30 mm de longitud |



|        |  |   |   |  |  |
|--------|--|---|---|--|--|
| A-X M2 | Las primeras rajaduras circulares se presentan a una distancia de 45 mm del punto de impacto | No existe pérdida de adherencia del vidrio a la intercapa | No está expuesta más de 200 mm <sup>2</sup> de la intercapa | Las astillas de vidrio despegadas en el lado de impacto pesan 8,3 g en total | La rajadura mayor tiene menos de 30 mm de longitud |
| A-X M3 | Las primeras rajaduras circulares se presentan a una distancia de 62 mm del punto de impacto | No existe pérdida de adherencia del vidrio a la intercapa | No está expuesta más de 200 mm <sup>2</sup> de la intercapa | Las astillas de vidrio despegadas en el lado de impacto pesan 7,5 g en total | La rajadura mayor tiene menos de 30 mm de longitud |
| A-X M4 | Las primeras rajaduras circulares se presentan a una distancia de 40 mm del punto de impacto | No existe pérdida de adherencia del vidrio a la intercapa | No está expuesta más de 200 mm <sup>2</sup> de la intercapa | Las astillas de vidrio despegadas en el lado de impacto pesan 10 g en total  | La rajadura mayor tiene menos de 30 mm de longitud |

### 5. ENSAYO DE IMPACTO CON DARDO SEGÚN NORMA NTE INEN 1725:2011

Especificaciones técnicas según norma NTE INEN 1725:2011 para vidrios laminados.

- Peso del dardo: 200 g
- Altura de caída del dardo: 9,14 m

En la tabla 6 se presenta los resultados del ensayo de caída de dardo de las muestras Tipo A-2.

Tabla 6. Resultado del ensayo de impacto con dardo.

| Muestra | Observación 1                  | Observación 2   | Observación 3                     | Observación 4                   |
|---------|--------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| A-2 D1  | No presenta traspaso del dardo | No presenta fragmentos grandes separados de la lamina | No existe exposición de la lamina | No existe pérdida de adherencia |
| A-2 D2  | No presenta traspaso del dardo | No presenta fragmentos grandes separados de la lamina | No existe exposición de la lamina | No existe pérdida de adherencia |
| A-2 D3  | No presenta traspaso del dardo | No presenta fragmentos grandes separados de la lamina | No existe exposición de la lamina | No existe pérdida de adherencia |
| A-2 D4  | No presenta traspaso del dardo | No presenta fragmentos grandes separados de la lamina | No existe exposición de la lamina | No existe pérdida de adherencia |



LAEV-EPN  
Orden N°: 0004566



En la tabla 7 se presenta los resultados del ensayo de caída de dardo de las muestras Tipo A-Y.

Tabla 7. Resultado del ensayo de impacto con dardo.

| Muestra | Observación 1                  | Observación 2   | Observación 3                     | Observación 4                   |
|---------|--------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| A-Y D1  | No presenta traspaso del dardo | No presenta fragmentos grandes separados de la lamina | No existe exposición de la lamina | No existe pérdida de adherencia |
| A-Y D2  | No presenta traspaso del dardo | No presenta fragmentos grandes separados de la lamina | No existe exposición de la lamina | No existe pérdida de adherencia |
| A-Y D3  | No presenta traspaso del dardo | No presenta fragmentos grandes separados de la lamina | No existe exposición de la lamina | No existe pérdida de adherencia |
| A-Y D4  | No presenta traspaso del dardo | No presenta fragmentos grandes separados de la lamina | No existe exposición de la lamina | No existe pérdida de adherencia |

En la tabla 8 se presenta los resultados del ensayo de caída de dardo de las muestras Tipo A-X.

Tabla 8. Resultado del ensayo de impacto con dardo.

| Muestra | Observación 1                  | Observación 2   | Observación 3                     | Observación 4                   |
|---------|--------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| A-X D1  | No presenta traspaso del dardo | No presenta fragmentos grandes separados de la lamina | No existe exposición de la lamina | No existe pérdida de adherencia |
| A-X D2  | No presenta traspaso del dardo | No presenta fragmentos grandes separados de la lamina | No existe exposición de la lamina | No existe pérdida de adherencia |
| A-X D3  | No presenta traspaso del dardo | No presenta fragmentos grandes separados de la lamina | No existe exposición de la lamina | No existe pérdida de adherencia |
| A-X D4  | No presenta traspaso del dardo | No presenta fragmentos grandes separados de la lamina | No existe exposición de la lamina | No existe pérdida de adherencia |

  
 Ing. Salvatore Reina M.Sc.  
**JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES**  
